UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS
Curso de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos
Área de Bromatologia

DESENVOLVIMENTO, MATURAÇÃO E
ARMAZENAMENTO DE PEDÚNCULOS DE
CAJUEIRO ANÃO PRECOCE CCP-76 SOB
INFLUÊNCIA DO CÁLCIO

RAIMUNDO WILANE DE FIGUEIREDO

Tese apresentada para obtenção do grau de DOUTOR

Orientador: Prof. Titular **Franco Maria Lajolo**

SÃO PAULO
2000

Ficha Catalográfica
Elaborada pela Divisão de Biblioteca e
Documentação do Conjunto das Químicas da USP.

F475q Figueiredo, Raimundo Wilane de
Desenvolvimento, maturação e armazenamento de
pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 sob influência
do cálcio / Raimundo Wilane de Figueiredo. -- São Paulo.
2000.
149p.

Tese (doutorado) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas
da Universidade de São Paulo. Departamento de Alimentos
e Nutrição Experimental.

Orientador: Lajolo, Franco Maria

1. Bioquímica dos alimentos 2. Alimento : Química
I. T. II. Lajolo, Franco Maria, orientador.

641.1 CDD

RAIMUNDO WILANE DE FIGUEIREDO

DESENVOLVIMENTO, MATURAÇÃO E
ARMAZENAMENTO DE PEDÚNCULOS DE CAJUEIRO
ANÃO PRECOCE CCP-76 SOB INFLUÊNCIA DO
CÁLCIO

Tese apresentada para obtenção do grau de DOUTOR

Comissão Julgadora:

Presidente e Orientador - Prof. Tit. Franco Maria Lajolo

1º Examinador - Prof. Tit. Jorge Mancine Filho

2º Examinador – Prof. Dra. Beatriz Rosana Cordenunsi

3º Examinador – Prof. Tit. Geraldo Arraes Maia

4º Examinador – Pesq. Dr. Ricardo Elesbão Alves

São Paulo, 17 de Março de 2000.

Aos meus pais Bruno e Maria (*In memorian*),
A minha madrasta Maria (*In memorian*),
A minha querida esposa Evânia,
Aos meus adoráveis filhos Alysson e Alyne,
Aos meus irmãos Wellington (*In memorian*), Weber, Bruno Neto e Bruno.

DEDICO

Aprender é a única coisa de
que a mente nunca se cansa,
nunca tem medo e nunca se
arrepende.

Leonardo da Vinci.

AGRADECIMENTOS

A Deus e à presença daqueles que se fizeram constantes em minha vida.

A Universidade de São Paulo – USP – através do Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental, e a CAPES – PICDT pela oportunidade e apoio financeiro para a realização do curso.

A Universidade Federal do Ceará pela liberação para a realização do curso.

A EMBRAPA – Agroindústria Tropical, por ter fornecido todas as condições para que este trabalho pudesse ser realizado.

Ao Professor Franco Maria Lajolo pela amizade, dedicação e orientação criteriosa e permanente prestadas durante o curso, notadamente no decorrer deste trabalho.

Ao prezado amigo e Pesquisador Ricardo Elesbão Alves pela presteza, disponibilidade e apoio incansável antes e durante a realização desta pesquisa.

A pesquisadora Heloisa Almeida Cunha Filgueiras pela Ihanesa que lhe é peculiar e pelo irrestrito apoio, idéias e sugestões na realização deste trabalho.

Ao Professor Geraldo Arraes Maia pelo apoio e incentivos sempre presentes à conclusão deste trabalho.

Aos professores Jorge Mancini Filho e Beatriz Rosana Cordenunsi pela amizade e sugestões apresentadas.

Aos professores da ESAM - Escola Superior de Agricultura de Mossoró Josivan Barbosa Menezes e Everardo Ferreira Praça pela disponibilidade e apoio a realização desta pesquisa.

A Empresa Mossoró Agroindustrial S.A e em especial ao Engenheiro Agrônomo e amigo José Heliton Severo de Almeida pelo fornecimento dos cajus utilizados neste trabalho.

Aos meus diletos amigos paulistas Procópio e Rose Rizzato e aos seus filhos Phillip e Paola pela palavra amiga sempre presente em boa hora e a eterna disponibilidade para ajudar sem medir esforços.

A minha colega de curso e amiga Renata Vieira Mota pela presteza e ajuda sempre presentes nos momentos necessários.

Ao Professor Carlos Couto Castelo Branco do Departamento de Farmácia da UFC pelo incentivo constante antes e durante a realização deste curso de doutorado.

Ao meu ex-aluno e hoje pesquisador Carlos Farley Herbster Moura, pela seriedade e ajuda na realização deste trabalho.

Aos companheiros do Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-colheita da Embrapa/Agroindústria Tropical, tão solidários e amigos, que ajudaram, na realização de tantas tarefas: Nágela, Suzy Anne, Adriano, Ariane, Ademir, Elibernon e Sales.

Aos pesquisadores da Embrapa/Agroindústria Tropical, José Luiz Mosca, Elisabeth Oliveira, Socorro Bastos, Men de Sá Moreira, Seixas Santos, Carlos Pimentel, Emilson Cardoso, Francisco Chagas Freire e a todos os demais pesquisadores e funcionários pela amizade e companheirismo.

A Bené e Elaine da Secretaria de Pós-Graduação da USP e Isabel, Ângela e Mônica da Secretaria do Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental da USP, por todo o apoio prestado a minha pessoa e pelo senso de responsabilidade e profissionalismo com que tratam o trabalho do dia a dia.

Nossa gratidão também é aqui expressa a todos aqueles a quem direta ou indiretamente devo colaboração amiga e leal.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	x
RESUMO.....	xiv
ABSTRACT.....	xvi
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1 Aspectos gerais.....	4
2.2 Cajueiro anão precoce.....	6
2.3 Desenvolvimento e maturação do caju.....	8
2.3.1 Características físicas.....	10
2.3.2 Alterações fisiológicas e bioquímicas.....	11
2.3.2.1 Sólidos solúveis, açúcares e amido.....	11
2.3.2.2 Acidez e pH.....	12
2.3.2.3 Relação sólidos solúveis/ATT.....	13
2.3.2.4 Vitamina C.....	14
2.3.2.5 Compostos fenólicos.....	15
2.3.2.6 Pigmentos.....	17
2.4 Compostos de parede celular.....	19
2.5 Conservação pós-colheita.....	22
2.5.1 Refrigeração.....	22
2.5.2 Atmosfera modificada.....	24
2.5.3 Cálcio.....	25
2.6 Enzimas pectinolíticas.....	26
2.7 Enzimas oxidativas.....	28
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	32
3.1 Caracterização da área de cultivo, colheita e manuseio dos caju.....	32

	Página
3.2 Experimento 1 – Desenvolvimento e maturação de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76.....	35
3.3 Experimento 2 – Alterações dos componentes de parede celular de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 durante o desenvolvimento e maturação.....	37
3.4 Experimento 3 – Qualidade de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 durante o armazenamento refrigerado sob influência do cálcio.....	38
3.5 Avaliações.....	39
3.5.1 Físicas.....	39
3.5.1.1 Peso.....	39
3.5.1.2 Tamanho.....	40
3.5.1.3 Firmeza da polpa.....	40
3.5.1.4 Perda de peso.....	40
3.5.1.5 Senescência.....	40
3.5.2 Físico-químicas e químicas.....	41
3.5.2.1 Clorofila total.....	41
3.5.2.2 Carotenóides totais.....	41
3.5.2.3 Antocianinas totais.....	42
3.5.2.4 pH.....	42
3.5.2.5 Sólidos solúveis totais (SST)	42
3.5.2.6 Acidez total titulável (ATT)	42
3.5.2.7 Relação SST/Acidez total titulável.....	43
3.5.2.8 Açúcares.....	43
3.5.2.9 Vitamina C total.....	43
3.5.2.10 Compostos fenólicos.....	44
3.5.2.11 Cálcio	44
3.5.2.12 Percentual de solubilização de cálcio.....	44
3.5.2.13 Amido.....	44
3.5.2.14 Pectinas.....	45
3.5.3 Bioquímicas.....	45

	Página
3.5.3.1 Polifenoloxidase.....	45
3.5.3.2 Peroxidase.....	46
3.5.3.3 Pectinametilesterase.....	46
3.5.3.4 Poligalacturonase	47
3.5.4 Compostos de parede celular.....	47
3.5.4.1 Celulose.....	47
3.5.4.2 Hemicelulose.....	48
3.5.4.3 Uronídeos totais.....	48
3.5.4.4 Grau de esterificação.....	48
3.5.4.5 Cálcio ligado à parede celular.....	49
3.6 Delineamento experimental e análise estatística.....	49
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	51
4.1 Experimento 1 – Desenvolvimento e maturação de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76.....	51
4.1.1 Pesos.....	51
4.1.2 Tamanho do pedúnculo.....	54
4.1.3 Pigmentos.....	55
4.1.4 Amido.....	58
4.1.5 SST e açúcares.....	59
4.1.6 pH e acidez total titulável.....	62
4.1.7 Relação SST/ATT.....	62
4.1.8 Vitamina C total.....	64
4.1.9 Compostos fenólicos.....	65
4.1.10 Atividade de enzimas oxidativas.....	67
4.1.11 Firmeza da polpa e pectinas.....	69
4.1.12 Atividade de enzimas pectinolíticas.....	73
4.1.13 Cálcio.....	75
4.2 Experimento 2 – Alterações dos componentes de parede celular de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 durante o desenvolvimento e maturação.....	78
4.2.1 Rendimento do material de parede celular.....	78

	Página
4.2.2 Grau de esterificação de pectinas.....	79
4.2.3 Cálcio ligado.....	81
4.2.4 Celulose e hemicelulose.....	83
4.2.5 Uronídeos totais.....	84
4.3 Experimento 3 – Qualidade de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 durante o armazenamento refrigerado sob a influência do cálcio.....	86
4.3.1 Perda de peso.....	86
4.3.2 Senescência.....	88
4.3.3 SST e açúcares solúveis totais.....	90
4.3.4 Acidez total titulável e pH.....	92
4.3.5 Relação SST/Acidez total titulável.....	94
4.3.6 Vitamina C total.....	95
4.3.7 Antocianinas totais.....	97
4.3.8 Compostos fenólicos.....	99
4.3.9 Firmeza da polpa.....	102
4.3.10 Pectinas.....	103
4.3.11 Atividade de enzimas pectinolíticas.....	105
4.3.12 Cálcio.....	108
5 CONCLUSÕES.....	111
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	113
APÊNDICE.....	136

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
01	Ficha de avaliação de senescência de caju CCP-76 armazenados por 25 dias em temperatura de $5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $85\% \pm 3\%$	40
02	Matriz de correlação entre firmeza da polpa e características físico-químicas e químicas de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 durante o desenvolvimento e maturação.....	61
03	Matriz de correlação entre firmeza da polpa e características químicas e bioquímicas de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 durante o desenvolvimento e maturação.....	71
04	Matriz de correlação entre firmeza da polpa e características de parede celular de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 durante o desenvolvimento e maturação.....	79

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
01	Temperaturas e umidade relativa na região de Mossoró – RN durante o ano que antecedeu a colheita dos caju nos experimentos 1 (julho/96 a junho/97) e 2 (setembro/96 a agosto/97)	33
02	Insolação total e precipitação na região de Mossoró – RN durante o ano que antecedeu a colheita dos caju nos experimentos 1 (julho/96 a junho/97) e 2 (setembro/96 a agosto/97)	34
03	Temperaturas e umidade relativa na região de Mossoró – RN durante o ano que antecedeu a colheita dos caju no experimento 3 (dezembro/97 a novembro/98).....	34
04	Insolação total e precipitação na região de Mossoró – RN durante o ano que antecedeu a colheita dos caju no experimento 3 (dezembro/97 a novembro/98).....	35
05	Estádios de desenvolvimento e maturação de caju do clone CCP-76.....	36
06	Peso de caju do clone de cajueiro anão precoce CCP-76 durante o desenvolvimento e maturação.....	53
07	Diâmetros apical e basal e comprimento de pedúnculo de cajueiro anão precoce CCP- 76 durante o desenvolvimento e maturação.....	54
08	Clorofila total (A), carotenóides totais (B) e antocianinas totais (C) de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 durante o desenvolvimento e maturação.....	57
09	Amido (A), sólidos solúveis totais (B), açúcares redutores (C) e sacarose (D) de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 durante o desenvolvimento e maturação.....	60
10	pH (A) e acidez total titulável (B) de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 durante o desenvolvimento e maturação.....	63
11	Relação SST/ATT de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 durante o desenvolvimento e maturação.....	64
12	Vitamina C total de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 durante o desenvolvimento e maturação.....	65

Figura		Página
13	Compostos fenólicos poliméricos, oligoméricos e dímeros de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 durante o desenvolvimento e maturação.....	66
14	Atividade de enzimas oxidativas de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 durante o desenvolvimento e maturação.....	69
15	Firmeza (A), pectinas total (B), solúvel (C) e percentual de solubilização (D) de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 durante o desenvolvimento e maturação.....	70
16	Pectina solúvel em água de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 durante o desenvolvimento e maturação.....	73
17	Atividade de enzimas pectinolíticas em pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 durante o desenvolvimento e maturação..	75
18	Cálcio total (A), solubilização de cálcio (B) e cálcio insolúvel (C) de pedúnculo de cajueiro anão precoce CCP-76 durante o desenvolvimento e maturação.....	77
19	Rendimento do material de parede celular de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 durante o desenvolvimento e maturação.....	78
20	Cálcio ligado à parede celular de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 durante o desenvolvimento e maturação.....	81
21	Hemicelulose de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 durante o desenvolvimento e maturação.....	84
22	Uronídeos totais de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 durante o desenvolvimento e maturação.....	85
23	Perda de peso de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 armazenados durante 25 dias sob atmosfera modificada em temperatura de $5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $88\% \pm 3\%$	87
24	Senescência de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 submetidos a tratamento pós-colheita com cálcio e armazenados durante 25 dias sob atmosfera modificada em temperatura de $5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $88\% \pm 3\%$	89

Figura		Página
25	Sólidos solúveis totais (A) e açúcares solúveis totais (B) de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 submetidos a tratamento pós-colheita com cálcio e armazenados durante 25 dias sob atmosfera modificada em temperatura de $5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $88\% \pm 3\%$	91
26	Acidez total titulável (A) e pH (B) de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 armazenados durante 25 dias sob atmosfera modificada em temperatura de $5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $88\% \pm 3\%$	93
27	Relação SST/ATT de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 armazenados durante 25 dias sob atmosfera modificada em temperatura de $5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $88\% \pm 3\%$..	94
28	Vitamina C total de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 submetidos a tratamento pós-colheita com cálcio e armazenados durante 25 dias sob atmosfera modificada em temperatura de $5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $88\% \pm 3\%$	95
29	Antocianinas totais de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 submetidos a tratamento pós-colheita com cálcio e armazenados durante 25 dias sob atmosfera modificada em temperatura de $5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $88\% \pm 3\%$	98
30	Compostos fenólicos poliméricos (A), oligoméricos (B) e dímeros (C) de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 submetidos a tratamento pós-colheita com cálcio e armazenados durante 25 dias sob atmosfera modificada em temperatura de $5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $88\% \pm 3\%$	101
31	Firmeza de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 submetidos a tratamento pós-colheita com cálcio e armazenados durante 25 dias sob atmosfera modificada em temperatura de $5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $88\% \pm 3\%$	103
32	Pectina total (A) e solúvel (B) de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 submetidos a tratamento pós-colheita com cálcio e armazenados durante 25 dias sob atmosfera modificada em temperatura de $5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $88\% \pm 3\%$..	105
33	Atividade de PME em pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 armazenados durante 25 dias sob atmosfera modificada em temperatura de $5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $88\% \pm 3\%$..	106

Figura		Página
34	Cálcio total (A), insolúvel (B) e solúvel (C) de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 submetidos a tratamento pós-colheita com cálcio e armazenados durante 25 dias sob atmosfera modificada em temperatura de $5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $88\% \pm 3\%$	109

RESUMO

Três experimentos foram desenvolvidos em duas etapas, utilizando-se as dependências e instalações da Embrapa – *Agroindústria Tropical*, em Fortaleza, CE, com os seguintes objetivos: avaliar quanto aos aspectos físicos, físico-químicos, químicos e bioquímicos de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 durante o desenvolvimento e maturação; caracterizar quantitativa e qualitativamente as alterações nos constituintes da parede celular do pedúnculo associadas aos processos de desenvolvimento e maturação, e verificar o efeito da aplicação pós-colheita de cálcio, em diferentes concentrações, sobre as características físicas, físico-químicas, químicas e bioquímicas dos pedúnculos submetidos a armazenamento refrigerado sob atmosfera modificada. Os caju utilizados neste trabalho, foram obtidos na área comercial de clones de cajueiro anão precoce instalada na Empresa Mossoró Agro-industrial S.A. O clone selecionado para este estudo foi o CCP-76 por ser o mais cultivado para produção de pedúnculos para comercialização *in natura*. As colheitas foram feitas em junho e agosto de 1997 para os experimentos 1 e 2 respectivamente, e em novembro de 1998 para o experimento 3. Os caju, depois de colhidos, foram imediatamente transportados para o laboratório, onde se deu início aos estudos conforme o experimento em questão. Para os experimentos 1 e 2, os caju foram selecionados em sete estádios de desenvolvimento e maturação de acordo com a coloração externa do pedúnculo e da castanha: 1. verde com castanha verde; 2. verde com castanha madura e seca; 3. verde claro; 4. Início de coloração amarela; 5. Amarelo com início de cor laranja; 6. laranja claro e 7. laranja escuro. No primeiro experimento, foram realizadas análises físicas, físico-químicas, químicas e bioquímicas dos pedúnculos: peso total (castanha + pedúnculo) peso do pedúnculo e o da castanha, diâmetros e comprimento, firmeza, clorofilas, carotenóides, antocianinas, pH, sólidos solúveis, acidez, vitamina C, cálcio, amido, açúcares, compostos fenólicos, pectinas, atividade das enzimas poligalacturonase, pectinametilesterase, polifenoloxidase e peroxidase. No segundo experimento, a partir de material de parede celular extraído, foram realizadas as seguintes análises: celulose, hemicelulose, uronídeos totais, grau de

esterificação de pectinas e cálcio ligado. No terceiro experimento, os caju foram colhidos no estágio de maturação comercial (estádio 7) e submetidos a seleção, pré-resfriamento, desinfecção em água clorada, secagem ao ar, nova seleção e tratamento com CaCl_2 a 0,5%, 1% e 2% com espalhante adesivo, sendo que a testemunha foi apenas em água contendo o espalhante. Após secagem ao ar, os caju foram acondicionados em bandejas, as quais foram envolvidas em PVC armazenadas em câmara com temperatura de $5^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ e umidade relativa de $88\% \pm 3\%$. A cada 5 dias, por um período de 25 dias, foram tomadas amostras para execução das seguintes análises: perda de peso, firmeza, senescência, antocianinas, pectinas, compostos fenólicos, vitamina C, pH, sólidos solúveis, acidez, açúcares solúveis, cálcio, atividades de pectinametilesterase e poligalacturonase. A maior relação sólidos solúveis/acidez foi atingida no estágio 7, indicando que este é o ideal para a colheita de pedúnculos ocasião em que alcança sua máxima qualidade para o consumo.

Os pedúnculos de caju apresentaram amaciamento acentuado durante o desenvolvimento e maturação, observando-se paralelamente redução no teor de pectina total e aumento na percentagem de solubilização.

A firmeza dos pedúnculos apresentou correlação significativa e inversa com a solubilidade das pectinas e com a atividade das enzimas PME e PG. A solubilidade da pectina, por sua vez, mostrou correlação significativa e positiva com a atividade de ambas as enzimas, que se correlacionaram entre si positivamente.

O ambiente refrigerado aliado a atmosfera modificada, pode ser usado com sucesso no retardamento do processo de senescência do pedúnculo de caju, uma vez que aumenta substancialmente sua vida pós-colheita sem causar injúrias fisiológicas por até 20 dias.

Pedúnculos tratados com cálcio foram mais firmes do que os não tratados, sendo que a partir de 0,5% não se observou um aumento do efeito. Doses crescentes de cálcio proporcionaram teores médios de cálcio total, solúvel e insolúvel superiores aos da testemunha. O tratamento com cálcio não inibiu a atividade da pectinametilesterase. Porém foi decisivo na atividade de poligalacturonase, uma vez que os pedúnculos não tratados obtiveram valores médios de atividade dessa enzima superiores aos tratados.

ABSTRACT

Three experiments were carried out in two stages, using the EMBRAPA – (Tropical and Agricultural Industry) – plants and annexes in Fortaleza, CE aiming the following: to evaluate the physical, physicochemical, chemical and biochemical characteristics of cashew apples of the clone CCP-76 during maturation and developing stages; to characterize qualitative and quantitative changes in the cell wall contents of the cashew apples due to developing and maturation processes; and to verify the post harvest application effect of calcium under different concentrations on cashew apples. The physical, physicochemical, chemical and biochemical characteristics of cashew apples stored under refrigeration and modified atmosphere were studied. The cashew apples used for this work were obtained from the clone experimental areas of early dwarf cashew trees of Mossoró Agricultural Company S.A. The selected clone for this study was the CPP-76 due to be recommended for commercial planting in function of its production aspects and cashew apple quality for consumption *in natura*. The harvests were done in June and August 1997 for the 1st and 2nd experiments, respectively and in November 1998 for the 3rd experiment. The cashew apples, after being harvested were transported immediately to the laboratories, for the starting of the due experiment. For the experiments 1 and 2, the cashew apples were selected in seven developing and maturation stages according to the cashew apple size and skin external color as the following: 1– green cashew apple and nut; 2- green cashew apple with ripen dry nut; 3– light green cashew apple, 4– yellowish, 5- onset of the orange color, 6- light orange color, 7- dark orange color. For the first experiment the following physical, physicochemical, chemical and biochemical analyses were realized: total weight (cashew apple + nut), nut weights, cashew apple weights, diameters and lengths, firmness, chlorophylls, carotenoids, anthocyanins, pH, total soluble solids, titratable acidity, vitamin C, calcium, starch, sugars, phenolic compounds, pectins, polygalacturonase, pectinmethylesterase, polyphenoloxidase e peroxidase activities. In the second experiment, the following analyses on the cell wall material extracted, were realized: cellulose, hemicellulose, total uronides, pectin esterification degree and bound calcium. For the third experiment, the cashew apples were harvested on the commercial maturation stage

and submitted to a selection, pre-cooling, chlorinated water washing, air drying, new selection and treatment with CaCl_2 0.5%, 1% and 2% with thickener being the testimony, water and thickener only. After air drying, the cashew apples were placed on trays, involved with PVC film and stored at $5^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ and relative humidity $88\% \pm 3\%$. Samples were taken for analyses at each 5 days during a 25 day period and the following analyses carried out: weight loss, firmness, senescence, anthocyanins, pectins, tannins, vitamin C, pH, total soluble solids, titratable acidity, calcium, soluble sugars, polygalacturonase, pectinmethylesterase activities. The major ratio soluble solids/acidity was reached in the stage 7, indicating that stage as the ideal for cashew apple harvesting, occasion that the edible quality peak is reached.

The cashew apples showed a sharp softness during the development and maturation in parallel to a decrease in total pectin level and increase in soluble pectin/total pectin ratio.

There was an inverse and significative correlation between cashew apples firmness and pectin solubility, PME and PG activities. On the other hand, pectin solubility showed a significative and positive correlation with the activity of both enzymes, which correlated, positively to each other.

The refrigeration added to the modified atmosphere may be used with success to delay cashew apple senescence process once they increase substantially its post harvest shelf life without causing physiological damage up to 20 days of storage.

The cashew apples treated with calcium showed better firmness than those without treatment did, although, under calcium concentration up to 0,5% that effect was not observed anymore. Increased calcium dosages gave mean level of total, soluble and insoluble calcium higher than the testimony. The calcium treatment did not inhibit the pectinmethylesterase activity. However, calcium was decisive for polygalacturonase activity, once the cashew apples that did not receive calcium treatment, obtained mean values for that enzyme activity higher than those treated.

1 INTRODUÇÃO

O extenso território brasileiro, caracterizado por variadas condições climáticas e por distintos tipos de solos, apresenta uma produção agrícola extremamente diversificada, que confere ao país o título de principal produtor mundial em vários mercados. A fruticultura, apesar de ocupar cerca de 5% das áreas cultivadas no país e exportar apenas 1% de sua produção em forma de frutas frescas, é uma das atividades capazes de assegurar ao Brasil um percentual significativo do volume de produção global (Carraro e Cunha 1994), colocando-o em terceiro lugar no ranking dos produtores de frutas *in natura* (FAO 1999). O Brasil é o segundo produtor mundial de castanha de caju, sendo Ceará, Rio Grande do Norte e Piauí, os principais Estados produtores. A exploração comercial do cajueiro no Brasil limita-se quase que exclusivamente à obtenção de castanhas, que servem tanto para o consumo interno como para exportação. O pedúnculo constitui matéria residual, podendo ser comercializado tanto *in natura* como industrializado das mais diversas formas.

É indiscutível a importância que a cajucultura representa para o Nordeste brasileiro, como uma atividade econômica e social de grande expressão, garantindo renda para mais de 150 mil pessoas só no Estado do Ceará, e gerando divisas superiores a 140 milhões de dólares anuais. A importância do setor é ressaltada, também, pela ocupação de mais de 327 mil hectares com a cultura na Região e pela existência de um parque industrial composto por um número expressivo de empresas (Nutting 1999).

Considerando que a produção média anual de castanha é de 100 mil toneladas e que o pedúnculo corresponde a 90% da massa total do caju, depreende-se que o país produz em torno de 1 milhão de toneladas deste produto. A despeito do potencial, existem vários problemas associados com o mercado de pedúnculos para consumo *in natura*. Estes, em função de sua constituição física bastante delicada, amaciam muito rapidamente e intensivamente. Perda de firmeza aumenta a susceptibilidade ao machucamento e deterioração durante o transporte e armazenamento, proporcionando uma vida útil pós-colheita muito curta. Nesse

sentido, estimativas recentes revelam que o volume de aproveitamento dos pedúnculos nos plantios estabelecidos na região Nordeste gira em torno de 6% (Lima *et al.* 1988 ; Paiva *et al.* 1992).

A rápida deterioração do pedúnculo é um problema que exige maior atenção da pesquisa, no sentido de sugerir alternativas de aproveitamento, a fim de evitar excessivas perdas no campo e na indústria (EMBRAPA 1991).

É conveniente destacar, que apesar de sua alta perecibilidade, o crescimento do consumo do pedúnculo como fruta de mesa vem aumentando consideravelmente a cada safra, tanto pela abertura de novos mercados, facilitada pelo alongamento da vida útil pós-colheita sob refrigeração, como pela consolidação dos mercados tradicionais (Araújo e Silva 1995).

Até muito recentemente os pedúnculos só eram vendidos exclusivamente em feiras locais, porém atualmente alcançam supermercados em outras partes do país, localizadas a mais de 4.000 Km do local de produção, podendo ser mantidos em boas condições por até quinze dias após a colheita (Filgueiras *et al.* 1997), devido ao desenvolvimento de técnicas adequadas de manuseio e conservação pós-colheita (Menezes 1992; Menezes e Alves 1995).

Torna-se fundamental, portanto, a investigação e desenvolvimento de novas técnicas que visem aumentar cada vez mais a vida útil pós-colheita de pedúnculos, proporcionando uma maior evolução na comercialização de pedúnculos frescos especialmente através do alcance dos mercados mais distantes. Contudo, essas técnicas precisam se basear nas características intrínsecas dos pedúnculos, especialmente no que se refere ao tipo e intensidade das transformações que ocorrem durante a maturação e após a colheita.

O controle da temperatura e umidade relativa do ambiente, durante o armazenamento dos frutos tropicais, é o meio mais utilizado para reduzir as perdas de qualidade e consequentemente prolongar sua vida útil. O revestimento com filmes plásticos, modificando a atmosfera, aliado à refrigeração, tem-se constituído numa das principais técnicas para aumentar a vida útil desses frutos (Ben-Yehoshua 1985).

A firmeza é um dos importantes atributos de qualidade e seu controle é um dos objetivos da pós-colheita de frutos. Seus estudos estão relacionados aos

constituintes da parede celular, que durante a maturação sofrem transformações, levando à perda da integridade da parede celular e, por conseguinte da textura, conduzindo a uma pequena ou nenhuma aceitação do produto pelo consumidor. Nesse sentido os efeitos do cálcio em pós-colheita de frutos têm recebido muita atenção, uma vez que as aplicações deste cátion proporcionam, de forma efetiva, a manutenção da firmeza do fruto, devido à sua função de ligação entre as pactinas ácidas da parede celular e as da lamela média (Pinto Ricardo 1983; Poovaiah 1988; Awad 1993).

Face a essas considerações o presente trabalho teve como objetivos:

- i) avaliar quanto aos aspectos físicos, físico-químicos, químicos e bioquímicos pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 durante o desenvolvimento e maturação;
- ii) caracterizar quantitativa e qualitativamente as alterações nos constituintes de parede celular do pedúnculo de cajueiro anão precoce CCP-76 associadas ao processo de desenvolvimento e maturação;
- iii) verificar o efeito da aplicação pós-colheita de cálcio, em diferentes concentrações sobre as características físicas, físico-químicas, químicas e bioquímicas de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 submetidos a armazenamento refrigerado sob atmosfera modificada.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos gerais

O cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) pertence à família *Anacardiaceae*, a qual inclui árvores e arbustos tropicais e subtropicais (Johnson 1973). Esta família possui cerca de 60 gêneros e 400 espécies, incluindo a mangueira (*Mangifera indica* L.), a cajazeira (*Spondias mombim* L.), o cajá-manga ou cajarana (*Spondias cytherea* Sonn.) e o umbuzeiro (*Spondia tuberosa* Arr. Cam.), pertencentes ao gênero *Spondias* (Medina 1978; Crane e Campbell 1990).

A despeito das divergências sobre a origem do cajueiro, estudiosos dessa *Anacardiaceae* admitem como possíveis centros de origem a África, Ásia e América. Dentre as diversas hipóteses, a citada por Medina (1978) parece ser a mais viável. Segundo o autor, o cajueiro é originário da América, posto que o gênero *Anacardium* possui doze espécies, das quais somente a *Anacardium rhinocarpus* D.C. existente na Venezuela e Colômbia, ainda não foi encontrada no Brasil; e a única espécie existente na África, Ásia e Oceania, é principalmente o *Anacardium occidentale* L., a qual é por sua vez a espécie mais vulgar e disseminada na América.

Segundo Johnson (1973) e Nambiar (1977), o cajueiro tem sua origem mais provável no Nordeste do Brasil, próximo à linha do Equador, entre as latitudes de 0° e 10° Sul. Contudo, encontra-se disperso em extensa faixa que, para Jourbert e Thomas (1965), fica compreendida entre os paralelos de 27° Norte, do Sul da Flórida, e 28° S, na África do Sul. Apesar da adaptabilidade da espécie a uma faixa ecológica relativamente ampla, as maiores concentrações situam-se em áreas costeiras, tipicamente tropicais da América do Sul.

Embora seja encontrada em regiões de clima subtropical, a cultura do cajueiro apresenta hábitos vegetativos característicos de plantas de clima tropical, que se supera onde há condições climáticas que permitem um bom desenvolvimento, associado às condições edáficas desejáveis, bons genótipos e tratos culturais adequados (Frota *et al.* 1985).

Pela importância econômica, o cajueiro foi introduzido em diferentes regiões do mundo, caracterizadas pelos tipos climáticos de Koopen, Af, Am, Aw, BSh e BWh (Johnson 1974). O cajueiro é normalmente cultivado em países em desenvolvimento, dos quais Índia, Brasil, Moçambique, Tanzânia e Quênia são os tradicionais. O cultivo do cajueiro tem crescido em países emergentes, a exemplo do Vietnã, Indonésia, Guiné Bissau, Tailândia, Benin e México (Frota *et al.* 1985).

No Brasil, é encontrado em todo o território, entretanto, em termos de importância econômica a sua exploração concentra-se no Nordeste, principalmente nos Estados do Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte.

Na natureza existem dois tipos de cajueiro bem definidos em relação ao porte, denominados comum e anão. O cajueiro comum, que é o mais difundido, possui porte mais elevado, com altura que varia de 8 a 15 m e envergadura da copa que chega a atingir 20 m. Apresenta grande variação na distribuição dos ramos e no formato da copa, que vai desde ereta e compacta até espaiada. A capacidade produtiva individual do cajueiro comum é muito variável, com plantas que produzem menos de 1 kg até cerca de 180 kg de castanha por safra. Apresenta grande variabilidade no peso do fruto, que vai de 3 a 33 g, com peso do pedúnculo variando de 20 a 500 g. A idade mínima de estabilização da produção das plantas é superior a 8 anos, sendo normal também ocorrer entre 12 e 14 anos (Barros 1988).

O fruto verdadeiro, é a castanha, um aquênio reniforme, de 3 a 5 cm de comprimento por 2,5-3,5 cm de largura apresentando coloração castanho-escuro lustrosa, coriáceo, liso, com mesocarpo espesso, alveolado, cheio de um líquido viscoso, acre e cáustico, denominado LCC (líquido da casca da castanha). No interior da castanha encontra-se a amêndoa, de formato rinóide, protegida por uma fina membrana (película) avermelhada, composta de dois cotilédones brancos, carnosos e oleosos, de alto valor nutritivo, que pode ser consumido ao natural, tostada e salgada ou no preparo de bolos, doces, confeitos, farinhas, etc. (Medina 1978).

A castanha encontra-se presa ao pedúnculo floral hipertrofiado, denominado pseudofruto, que se intumescce rapidamente em poucos dias, para formar uma estrutura carnosa (Medina 1978), comestível, que varia de branca a amarela,

suculenta, ligeiramente adstringente (Biale e Young 1981) e caracterizada por agradável flavor (Czyhrinciw 1969 ; Nambiar 1977; Salunke e Desai 1984).

O pedúnculo tem formato muito variado, podendo ser piriforme, cilíndrico, musóide, cardióide, pomóide, fusiforme, alongado, troncônico (Trevas Filho 1971), predominando as formas piriforme e arredondada de colorações vermelha e amarela e com matizes destas duas cores (Soares 1986).

O pedúnculo é rico em vitamina C, e sua qualidade para consumo *in natura*, segundo Sastry *et al.* (1962), está relacionada a dois outros aspectos importantes, a coloração da película e a adstringência. Segundo Barros *et al.* (1999), existe no Brasil uma tradição de aproveitamento do pedúnculo do cajueiro que reside na transformação em produtos variados como sucos, sorvetes, doces diversos (compota, cristalizado, ameixa, massa), licor, mel, geléias, cajuína, refrigerantes gaseificados e aguardente.

2.2 Cajueiro anão precoce

Também conhecido por cajueiro de seis meses, o tipo anão precoce apresenta características botânicas, fisiológicas e agrônômicas que o diferenciam do cajueiro do tipo comum. Originário provavelmente da região Amazônica, aparentemente espontâneo nos cerrados do Território de Roraima, caracteriza-se pelo porte baixo, altura menor que 4 m, copa homogênea com variação no tamanho de 5 a 6,5 m, diâmetro do caule e envergadura bem inferiores ao do tipo comum, precocidade etária - inicia o florescimento dos 6 aos 18 meses – e estacional (Barros 1988).

O peso do fruto nas populações naturais varia de 3 a 19 g e o do pedúnculo, de 20 a 160 g, o que significa dizer que são características com menor variabilidade em relação ao tipo comum. A capacidade produtiva individual também é menor, até o momento com a máxima produção registrada de 43 kg de castanhas/safra/planta (Barros 1988).

O porte baixo, possibilita o aumento da densidade de plantio com conseqüente acréscimo na produtividade, além de facilitar os tratos culturais e a colheita, favorecendo o maior aproveitamento do pedúnculo (Barros *et al.* 1984). Dadas as características de reprodução do cajueiro e a elevada segregação genética

resultante do plantio de sementes, reduzindo o potencial de produção dos pomares, tem sido recomendado o plantio de clones selecionados de cajueiro-anão-precoces. Esta tecnologia é preferida em razão das vantagens do emprego de mudas propagadas vegetativamente em relação às mudas de sementes, principalmente na manutenção da identidade genética das plantas, cujos reflexos ocorrem na uniformidade do pomar e maior produtividade (Barros *et al.* 1993).

Os trabalhos de melhoramento com cajueiro foram iniciados no Ceará em 1965, a partir da seleção e controle de produção de cajueiros comum e anão-precoces, e da determinação das características físicas e químicas de castanha e pedúnculo dos tipos mais promissores. A partir de 1975, o programa de melhoramento com cajueiro foi intensificado, resultando em 1982 na instalação do campo de multiplicação da matriz CP 76 e o jardim clonal de cajueiros anões precoces. Em 1983, a Empresa de Pesquisa Agropecuária do Ceará (EPACE), lançou os clones dos cajueiros de Pacajus CCP 06 e CCP 76. Em 1987, houve ampliação das áreas de multiplicação dos clones CCP 76 e CCP 09, formando campos de jardim clonal, sendo lançados os clones CCP 09 e CCP 1001, que apresentam produtividade média superior em até 3,5 vezes à do cajueiro comum, além das vantagens de uniformização do peso da castanha/amêndoa e pedúnculo e do porte reduzido da planta (EMBRAPA 1991 e Almeida *et al.* 1993b). Além desses, foram lançados também os clones CL 49 (Almeida *et al.* 1993a), COPAN BL 221, 246, 265 e 295 (COPAN 1995), EMBRAPA 50 e 51 (EMBRAPA 1996) e EPACE 2001 (Araújo *et al.* 1997).

Apesar do aumento de produtividade do cajueiro anão em relação ao comum, um problema se tornou preocupante: a desuniformidade dos pomares, que tem acarretado grande variação no principal caráter agrônomo, que é a produção, com valores médios muito abaixo do potencial da espécie (Barros *et al.* 1984).

A produção, não obstante ser a característica de maior importância nos programas de melhoramento de plantas, não constitui, quando considerada de forma isolada, aval para que um clone ou variedade seja recomendado de imediato para os produtores, sobretudo quando se trata de uma fruteira perene. Neste, a qualidade do produto é, quase sempre, tão ou mais importante que a quantidade produzida, seja no caso de consumo *in natura* ou do produto industrializado. Assim, características

como coloração do fruto, sabor, odor, cor e textura de polpa, teor de açúcar, acidez, uniformidade, tamanho, resistência ao transporte, entre outras, são de grande importância para as fruteiras em geral e devem ser consideradas nos programas de melhoramento (Barros e Crisóstomo 1995).

Do germoplasma disponível no Brasil, os acervos de cajueiro anão precoce merecem destaque, por serem exclusivos do país e representarem, a curto prazo, avanço tecnológico capaz de promover mudanças nos atuais sistemas de produção da cultura (EMBRAPA 1991). Com este tipo, é possível a obtenção de maiores produtividades em razão da existência de clones melhorados, além de possibilitar maior rentabilidade pelo aproveitamento do pedúnculo, já que o rendimento da colheita é bem mais significativo (Araújo e Silva 1995). Com a utilização de plantas de porte baixo para plantios adensados, precoces e com grande potencial produtivo associado à qualidade do produto, tem-se como objetivo alcançar altas produções em menor espaço de tempo (Barros 1988). Nesse sentido, o programa de melhoramento da EMBRAPA em sua fase atual prioriza, portanto, as pesquisas para atender às demandas atuais da cajucultura com enfoque na fruticultura irrigada e aproveitamento do pedúnculo para o consumo *in natura* (Barros *et al.* 1996).

2.3 Desenvolvimento e maturação do caju

A atividade respiratória e as modificações físico-químicas e químicas durante o desenvolvimento e maturação dos frutos são usados como critérios importantes para determinações dos padrões de maturidade e qualidade em muitos frutos. Estes, após a colheita, continuam sofrendo reações metabólicas e mantêm os processos fisiológicos por um tempo considerável durante todo o período pós-colheita (Salunkhe e Desai 1984).

Segundo Speirs e Brady (1991) o amadurecimento envolve uma série de complexos eventos bioquímicos, tais como: alterações na textura; conversão de amido e/ou ácidos em açúcares; desestruturação ou conversão dos cloroplastos em cromoplastos e consequente degradação da clorofila; aparecimento de carotenóides e antocianinas; polimerização de fenólicos e produção de álcoois, ésteres e outros

voláteis, responsáveis pelo *flavor* característico de frutos maduros, os quais culminam com sua máxima qualidade comestível.

Fatores ambientais como luz, temperatura, umidade, disponibilidade de nutrientes no solo, entre outros, têm uma acentuada influência no desenvolvimento em geral das plantas e de seus órgãos, repercutindo no período pós-colheita (Kays 1991).

A mudança de coloração, para a maioria dos frutos, tem sido associada com o amadurecimento e, juntamente com a firmeza, têm constituído os principais atributos para determinação do estágio de maturação (Kays 1991).

A caracterização bem definida dos diferentes estádios de vida do fruto, revela-se como de fundamental importância para a compreensão das modificações que ocorrem pós-colheita. Nesse sentido, a vida do fruto tem sido convenientemente dividida em diferentes estádios fisiológicos, tais como: desenvolvimento, pré-maturação, maturação, amadurecimento e senescência (Ryall e Linpton 1979).

Segundo Filgueiras *et al.* (1999), o completo desenvolvimento do caju (pedúnculo + castanha) na planta ocorre em média aos 50 dias após a antese, mas pode variar de 44 a 72 dias.

Os primeiros estudos fisiológicos sobre o caju (Biale e Barcus 1967) mostraram que este tem uma alta taxa metabólica, evidenciada pela alta taxa de respiração (74 a 76 mL O₂.kg⁻¹.h⁻¹ ou 62 a 72 mL CO₂.kg⁻¹.h⁻¹) à temperatura de 20°C. Entretanto, segundo Biale e Young (1981), o comportamento respiratório é não-climatérico e a produção de etileno é muito baixa (200 a 400 nL.kg⁻¹.h⁻¹) à 20°C. Nesse sentido o pedúnculo está incluído na lista de frutos não-climatéricos.

Thompson (1968) em estudo realizado sobre as etapas de desenvolvimento do caju, dividiu em cinco estádios a vida do caju, com base exclusivamente na coloração da castanha. Alves *et al.* (1999) em trabalho realizado em clone de cajueiro anão-precoce CCP-76, dividiram os estádios de desenvolvimento e maturação em sete, considerando não apenas a coloração da castanha, mas, principalmente, a coloração externa do pedúnculo.

O caju, a exemplo de outros frutos tropicais, passa por uma série de alterações durante os processo de desenvolvimento e maturação, onde se destacam, segundo Alves *et al.* (1999), a degradação de clorofila, decréscimo na acidez e aumento no

conteúdo de sólidos solúveis totais, açúcares redutores e vitamina C, ao longo dessas etapas.

2.3.1 Características físicas

As características físicas de frutos são de fundamental importância para definição de técnicas de manuseio pós-colheita, assim como para boa aceitação do produto por parte do consumidor. Com a grande variabilidade genética existente, faz-se necessário selecionar pedúnculos que atendam às exigências de comercialização tais como: alta resistência ao manuseio, avaliada através da textura firme; e formato piriforme, de fácil disposição nas embalagens utilizadas. Além disso, o consumidor prefere pedúnculos de cor laranja a vermelha e de tamanho grande, tipos 4 ou 5 (de acordo com o número de caju/bandeja), tipos estes que alcançam os melhores preços de mercado (Moura 1998).

Segundo Potter (1968) o tamanho do fruto constitui-se como parâmetro sensorial de destacada importância, em função da preferência do comprador para determinados tamanhos de matéria-prima para consumo *in natura*.

Há muitas combinações diferentes de cor e forma em pedúnculos de cajueiro. Além dos pedúnculos vermelho e amarelo, há muitos matizes destas duas cores. Quanto à forma, esta pode variar de esférica a cilíndrica (Johnson 1973).

Nair *et al.* (1979) em estudo do desenvolvimento da castanha e do pedúnculo, realizado na Índia, verificaram que a castanha atinge o maior tamanho entre 35 e 36 dias após a fecundação. A partir daí, tem início o processo de endurecimento da casca e diminuição do tamanho da castanha. Esta diminuição implica numa perda de 10% do máximo valor alcançado, e ocorre quando o pedúnculo completa o amadurecimento, cerca de 60 dias após a fecundação.

De forma inversa à castanha, o pedúnculo apresenta desenvolvimento lento na fase inicial de crescimento e somente nas três últimas semanas, coincidindo com a diminuição da castanha, começa um processo de crescimento rápido, até o amadurecimento e desprendimento da planta. Augustin e Unnithan (1983) sugerem que o crescimento inicial lento do pedúnculo parece estar associado às altas concentrações de fenóis, eficientes inibidores entre os produtos secundários das

plantas, enquanto que o crescimento rápido no estágio final se deve ao aumento do carboidrato e da percentagem de umidade, que atinge a 85-89%.

Almeida *et al.* (1987) em estudo realizado com clones de cajueiro anão precoce no Ceará, obtiveram resultados semelhantes aos de Nair *et al.* (1979), com exceção do percentual de diminuição do tamanho da castanha (15%) e do tempo em que ocorre o tamanho máximo do pedúnculo após a fecundação (48-52 dias).

Alves *et al.* (1999) em trabalho com clone de cajueiro anão precoce CCP-76, em condições de sequeiro, observaram que após o completo desenvolvimento da castanha (estádio 1), tem início o crescimento do pedúnculo com mudanças significativas nas características físicas. O aumento do tamanho do pedúnculo do estágio 1 (inicial) ao estágio 7 (final) é de aproximadamente 5 vezes para o peso, 2 vezes para o diâmetro e 1,5 vezes para o comprimento. O mais acentuado aumento de peso do pedúnculo ocorreu entre os estádios 6 e 7. Entretanto, após o início do crescimento do pedúnculo em tamanho até o seu completo desenvolvimento, a castanha perde aproximadamente 30% em peso.

Pinto *et al.* (1997), em trabalho realizado com diversos clones de cajueiro anão precoce, encontraram para o clone CCP-76 cultivado em condições de sequeiro, peso médio do pedúnculo maduro de 136,58 g e textura de 8,36 N. Entretanto, Moura (1998) encontraram para o mesmo clone em cultivo irrigado, resultados de 141,80 g e 5,83 N para peso médio do pedúnculo e textura, respectivamente.

Segundos Barros (1988) o peso das castanhas, nas populações naturais conhecidas, varia de 3 a 10 g, e o do pedúnculo cerca de 20 até 160 g, denotando-se a grande variabilidade genética existente para a variável peso.

2.3.2 Alterações fisiológicas e bioquímicas

2.3.2.1 Sólidos solúveis, açúcares e amido

Os sólidos solúveis totais (SST) têm sido utilizados como índice de maturidade para alguns frutos, e indicam a quantidade de sólidos que se encontram dissolvidos no suco. De acordo com Chitarra e Chitarra (1990), o teor de açúcares normalmente constitui 65 a 85% do teor de sólidos solúveis totais.

Segundo Whitting (1970), os açúcares redutores freqüentemente aumentam durante o crescimento e maturação tanto em frutos climatéricos como em não-climatéricos. Esse acréscimo é atribuído, segundo Sigrist (1988), principalmente, à hidrólise do amido, acumulado durante o crescimento do fruto na planta, em açúcares solúveis. Aumento gradual no conteúdo de açúcares redutores e de sólidos solúveis tem sido observado em pedúnculos de caju ao longo da maturação (Maia *et al.* 1971; Sondhi e Pruthi 1980; Grangeiro *et al.* 1997; Alves *et al.* 1999).

No pedúnculo do caju, os principais açúcares encontrados são maltose, sacarose, glicose, celobiose e rafinose. A glicose, constitui o principal açúcar presente, seguido por frutose (Price *et al.* 1975). De acordo com Menezes e Alves (1995), na maioria dos trabalhos verifica-se uma percentagem muita baixa de açúcares não-redutores.

Durante o amadurecimento, as interconversões ocorrem na direção do amido para a sacarose e outros açúcares, responsáveis pela doçura do fruto completamente maduro (Goodwin e Mercer 1983). A degradação do amido é uma das mais notáveis mudanças químicas em muitos frutos (Dilley 1970). Maia *et al.* (1971) encontraram uma redução do teor de amido com o processo de maturação, variando de 5,60% no início do desenvolvimento a 1,70% no pedúnculo completamente maduro.

2.3.2.2 Acidez e pH

A acidez total titulável (ATT) e o pH são os principais métodos usados para medir a acidez de frutos. Enquanto que o primeiro determina o percentual de ácidos orgânicos, o pH mede a concentração hidrogeniônica da solução (Kramer 1973).

Com o amadurecimento, a acidez diminui até atingir um conteúdo tal que, juntamente com o açúcar, dá à fruta o seu sabor característico, que varia com a espécie (Bleinroth 1981). Ulrich (1970) relata que a redução no teor de ácidos é função da utilização desses compostos como substratos respiratórios e na síntese de novas substâncias durante o amadurecimento.

Bleinroth (1981) cita que os ácidos orgânicos encontrados em frutos são, principalmente, o málico, cítrico, tartárico, oxálico e succínico, e que, em cada espécie há a predominância de um desses ácidos.

Menezes e Alves (1995) afirmam que a acidez total titulável do pedúnculo do caju deve ser expressa em percentagem de ácido málico em função de ser este predominante sobre os demais. Price *et al.* (1975) detectaram além de ácido málico, a presença de ácido cítrico em proporção variável e de ácido guínico em quantidades muito baixas.

A acidez total titulável em pedúnculos de caju, de acordo com Maia *et al.* (1971), varia entre um máximo de 0,40% em ácido málico no início do desenvolvimento, para um mínimo de 0,27% em ácido málico para pedúnculos completamente maduros. Esta diminuição também foi observada por Alves *et al.* (1999) em estudo realizado com o clone de cajueiro anão precoce CCP-76, cujos teores variaram de 0,40 a 0,21% em ácido málico para pedúnculos verdes e maduros, respectivamente.

Com relação ao pH, esse praticamente não varia no suco de caju, mesmo durante a maturação. Maia *et al.* (1971) encontraram valor de 4,37 para pedúnculos em início de desenvolvimento e 4,13 para os completamente maduros. Alves *et al.* (1999) encontraram no clone CCP-76, entretanto, valores um pouco mais altos de 4,69 e 4,44 para os respectivos estádios acima citados.

2.3.2.3 Relação Sólidos Solúveis/Acidez Total Titulável

A relação SST/ATT indica o grau de doçura de um fruto ou de seu produto.

Vários pesquisadores observaram aumento gradual da proporção SST/ATT no decorrer do processo de desenvolvimento e maturação do pedúnculo de caju (Maia *et al.* 1971; Sondhi e Pruthi 1980; Grangeiro *et al.* 1997; Alves *et al.* 1999).

Essa relação é um dos índices mais utilizados para avaliar a maturação de frutos, posto que além de indicar o sabor dos mesmos, através do balanço açúcares/ácidos, pode-se estabelecer níveis ideais de SST e ATT para que se determine o ponto ótimo de colheita. No caso do pedúnculo do caju, segundo Alves *et al.* (1999), o máximo de qualidade comestível ocorre quando o pedúnculo está

completamente maduro, coincidindo com alta relação SST/ATT, ocasião em que é colhido.

2.3.2.4 Vitamina C

O pedúnculo de caju é de interesse nutricional e, segundo Soares (1975), é recomendado como alimento por apresentar, principalmente, um elevado teor de vitamina C.

Ácido ascórbico e seu produto de oxidação, ácido dehidroascórbico, são constituintes normais de plantas, mas, na maioria das condições de crescimento, a forma reduzida é predominante (Mapson 1970).

A avaliação do teor de vitamina C em pedúnculos de caju tem sido objetivo de estudo por muitos pesquisadores em diferentes regiões do mundo, cujos valores variam para o pedúnculo maduro de 156 a 455 mg/100 ml de suco (Sastry *et al.* 1962; Maia e Soares 1970; Price *et al.* 1975; Falade 1981; Ortiz e Arguello 1985; Barros *et al.* 1993; Moura 1998).

Segundo Mapson (1970), o conteúdo de vitamina C em muitos frutos tende a reduzir durante a maturação, e de acordo com Butt (1980) esse decréscimo é atribuído à atuação, principalmente, da enzima ácido ascórbico oxidase. Entretanto, Chempakam (1983), em trabalho realizado com pedúnculos de caju objetivando determinar os níveis de atividade de ácido ascórbico oxidase em diferentes estádios de desenvolvimento e maturação, verificou que a atividade mínima da enzima foi encontrada em pedúnculos com 55 dias após a fecundação, coincidindo com o conteúdo máximo em ácido ascórbico.

A literatura registra a inclusão do pedúnculo de caju dentre aqueles produtos classificados como boa fonte de vitamina C, chegando a conter cerca de três a cinco vezes o teor encontrado em frutos cítricos, que são usualmente considerados como fonte desta vitamina.

2.3.2.5 Compostos fenólicos

Os vegetais possuem algumas centenas de compostos fenólicos agrupados em diferentes classes de acordo com a estrutura química. Algumas dessas substâncias são pigmentos e outras apresentam a sensação de adstringência estando relacionadas com coloração e sabor, respectivamente (Schanderl 1970; Chitarra e Chitarra 1990).

Taninos são definidos como compostos de ocorrência natural, de massa molar bastante elevada e que contêm um grande número de hidroxilas fenólicas (Bate-Smith 1954), capazes de se complexar fortemente com certos tipos de polissacarídeos e carboidratos, ácidos nucleicos e alcalóides (Ozawa *et al.* 1987) e com proteínas e enzimas digestivas, precipitando-as (Carmona *et al.* 1991).

Os taninos são particularmente proeminentes em frutos, onde são importantes na determinação da cor e do *flavor* (Lattanzio *et al.* 1994). De composição química variável e estrutura complexa (Reicher *et al.* 1981), seus níveis variam amplamente dependendo da espécie e/ou variedade, estágio fisiológico e localização (Van Buren 1970).

Em frutos, estes compostos fenólicos estão presentes em diferentes graus de polimerização e podem ser separados em frações, de acordo com sua solubilidade em solvente orgânico puro ou diluído. A fração solúvel em metanol absoluto contém compostos simples, de baixo peso molecular como ácido clorogênico e leucoantocianinas. A fração solúvel em metanol diluído contém compostos de peso molecular intermediário. A fração solúvel em água contém flavolanas que estão firmemente ligadas aos polissacarídeos da parede celular ou a outros polímeros, cujo peso molecular é superior às duas frações anteriores. Os compostos extraídos por metanol absoluto, metanol diluído e água, são denominados dímeros, oligoméricos e poliméricos, respectivamente (Swain e Hillis 1959; Goldstein e Swain 1963; Schanderl 1970; Esteves 1981; Filgueiras 1988; Senter *et al.* 1989).

A adstringência, segundo Goldstein e Swain (1963) e Sgarbieri e Hec (1967), é resultante da capacidade de compostos fenólicos de peso molecular intermediário (oligoméricos) de formar complexos insolúveis com proteínas e mucopolissacarídeos

da saliva, reduzindo sua ação lubrificante, o que provoca a sensação de secura na boca.

Mudanças na palatabilidade de muitos frutos, que ocorrem no amadurecimento, estão associados com as variações no conteúdo de taninos. Nesse sentido, a adstringência de frutos verdes e imaturos está associada à presença de taninos oligoméricos, que no decorrer do amadurecimento são reduzidos por processos de complexação e polimerização (Haslam 1981). Nos frutos maduros é de se esperar que as alterações na adstringência sejam reflexos das mudanças no tamanho da molécula de tanino, que seria de maior importância do que a estrutura, sustentando a hipótese de que a perda de adstringência esteja associada à polimerização. No entanto, alguns frutos adstringentes apresentam diminuição no teor de polifenóis solúveis com o amadurecimento (Goldstein e Swain 1963) e outros não (Ozawa *et al.* 1987). Nestes casos, não está claro como o amadurecimento e a perda da adstringência estão interrelacionados.

Os compostos fenólicos em pedúnculos de caju têm sido objeto de estudo de vários autores em diferentes regiões do mundo, e os valores para o pedúnculo maduro variam de 0,18 a 0,58% (Sastry *et al.* 1962; Lopes 1972; Price *et al.* 1975; Soares 1975; Sondhi e Pruthi 1980; Nagaraja e Nampoothiri 1986; Silva Junior e Paiva 1994; Pinto *et al.* 1997; Moura 1998; Alves *et al.* 1999).

Menezes e Alves (1995) ressaltam que devido à concentração bastante elevada de taninos no pedúnculo de caju, esse grupo de compostos desempenha importante papel na determinação do sabor.

Nagaraja e Nampoothiri (1986) citam que os principais compostos fenólicos presentes no pedúnculo de caju são os ácidos gálico, procatecuico, cafeico e a catequina. Sastry *et al.* (1962) e Sondhi e Pruthi (1980) observaram uma redução acentuada no teor de taninos quando o pedúnculo amadurece. Entretanto, em contraste aos resultados dessa pesquisa, Alves *et al.* (1999) em trabalho realizado com pedúnculos de clone de cajueiro anão-precoce CCP-76, encontraram aumento gradual no conteúdo de taninos com o amadurecimento do fruto. Plantas diferentes cultivadas em regiões distintas, assim como uso de métodos distintos para a determinação dos citados compostos, explicam em parte as divergências encontradas.

2.3.2.6 Pigmentos

A coloração dos frutos pode ser atribuída a clorofilas e carotenóides compartimentalizados em plastídeos, e antocianinas em vacúolos de células parenquimatosas (Powrie e Skura 1991).

As modificações de cor na maioria dos frutos são o mais óbvio sintoma de amadurecimento. Patterson (1970) afirma que essas mudanças são primariamente devidas à destruição das clorofilas e à síntese de pigmentos carotenóides e antocianinas.

Por sua coloração forte, as antocianinas geralmente mascaram carotenóides e clorofilas (Wills *et al.* 1982).

Alves *et al.* (1999) observaram uma redução gradual no teor de clorofila em pedúnculos de clone de cajueiro anão-precoce CCP-76, com o curso do amadurecimento, cuja máxima qualidade para consumo *in natura* em termos de cor (alaranjado escuro) coincidiu com o mínimo de clorofila.

As antocianinas são os mais importantes pigmentos vermelhos naturais dos frutos (Halhbrock 1981). Do ponto de vista químico, são glicosídeos de antocianidinas, solúveis em água e pertencem ao grupo de compostos denominados flavonóides (Brouillard 1983; Goodwin e Mercer 1983; Mazza 1997). É conhecido que esses pigmentos são derivados principalmente de seis antocianidinas (cianidina, pelargonidina, peonidina, petunidina, malvinidina, delphinidina) e que suas diferenças individuais estão relacionadas ao número de grupos hidroxila na molécula, grau de metilação destes, natureza e número de açúcares ligados, posição de ligação, tipo e número de ácidos alifáticos ou aromáticos ligados aos açúcares na molécula (Mazza e Brouillard 1987a).

A coloração vermelha forte é importante fator de qualidade em frutos e seus produtos. É um atributo altamente complexo, afetado pelo conteúdo total de antocianinas, aumento quantitativo da estrutura celular armazenadora dos pigmentos (cromoplastos), distribuição individual das antocianinas, pH, e a formação de complexos antocianinas-metais e outros compostos. Estes fatores estão sujeitos às influências genéticas e ambientais e dependem do estágio de amadurecimento

do fruto (Timberlake, 1981; Ben-Arie *et al.* 1984; Sapers *et al.* 1984; Chitarra e Chitarra 1990).

O pH é o mais importante fator que afeta a cor das antocianinas (Mazza e Brouillard 1987a). Como indicadores de pH, as antocianinas são vermelhas em pH ácido, incolores em pH neutro e azuladas em pH básico (Bate-Smith 1954; Wrolstad *et al.* 1970; Mazza e Brouillard 1987a).

Moura (1998), estudando a qualidade de pedúnculos de nove clones de cajueiro anão-precoce irrigados, encontrou valores para antocianinas entre 17,56 a 16,07 mg/100 g de película, considerados pelo autor como baixos se comparados com outros frutos, que são inclusive indicados como corantes, tais como açaí e uçara, que possuem 336 e 1347 mg/100 g, respectivamente (Iadrozat *et al.* 1992).

Os carotenóides formam um dos grupos de pigmentos naturais mais largamente encontrados na natureza. São em geral responsáveis pelas colorações do amarelo ao laranja, na forma de carotenos ou como ésteres de xantofilas, cuja intensidade de coloração depende da quantidade e tipo de pigmento presente. Os pigmentos carotenóides podem estar presentes no fruto verde, tornando-se visíveis com a degradação da clorofila (Ex. banana), ou serem sintetizados com a degradação desta (Ex. tomate). O β -caroteno e a luteína são os dois pigmentos carotenóides mais abundantes tanto nos frutos verdes como nos maduros. Os carotenóides são relativamente estáveis, permanecendo nos tecidos mesmo que extensa senescência tenha ocorrido (Mattoo *et al.* 1975; Wills *et al.* 1982; Chitarra e Chitarra 1990).

Há uma rápida síntese de carotenóides durante o amadurecimento, apresentando, porém, grande variação entre os diferentes tipos de frutos (Mattoo *et al.* 1975).

Estudando a evolução dos carotenóides durante o amadurecimento de tomates, Hobson e Davis (1971) observaram que no início do amadurecimento são produzidos primeiramente os pigmentos amarelos β -caroteno e xantofilas, que se tornam mais evidentes à medida em que a clorofila vai sendo degradada. Em seguida, o licopeno, carotenóide de coloração vermelha, passa a influenciar a cor apesar de os amarelos serem reforçados pela luteína e licoxantina.

A estação do ano, localização geográfica, condições de colheita, e muitos outros fatores podem influenciar os níveis dos pigmentos carotenóides (Mangels *et al.* 1993). Em tomates, a temperatura durante o amadurecimento influencia tanto a velocidade quanto a extensão da modificação de cor (Davies e Hobson 1981). Temperaturas abaixo do normal ou acima de 30°C inibem a síntese de licopeno e favorecem o acúmulo de β -caroteno (Thompson 1961).

Com relação ao pedúnculo de caju, carotenóides idênticos foram detectados nos tipos amarelo e vermelho e no suco processado. Assim, a diferença de cor não parece ser função do tipo de carotenóide presente, haja vista que o licopeno não foi detectado no caju vermelho, mesmo quando da duplicação da quantidade de amostra. Do ponto de vista quantitativo, diferenças pronunciadas foram observadas entre os dois tipos de caju *in natura* (Cecchi e Rodriguez-Amaya 1981).

A despeito da coloração intensa, segundo Cecchi e Rodriguez-Amaya (1981), o conteúdo de carotenóides no pedúnculo de caju é baixo, da ordem de 37,5 a 107,5 mg/100 g. A explicação para este fato, é a de que ocorre uma concentração de pigmentos na camada fina da epiderme, enquanto que a polpa é ligeiramente amarela.

2.4 Compostos de parede celular

A parede celular, envolvida pela lamela média, consiste de uma série de camadas. O primeiro material formado é encontrado na região onde a parede de uma célula se une à da célula vizinha, e o último encontra-se próximo ao plasmalema (Brett e Waldron 1990).

A lamela média, oriunda da placa celular, é a camada mais externa da célula vegetal, sendo a primeira a ser depositada na divisão celular, cujo papel primário é o de unir as células adjacentes, agindo como uma espécie de cimento entre elas. É composta principalmente de substâncias pécticas e tem influência decisiva na textura dos tecidos dos frutos (Van Buren 1979; Fisher *et al.* 1994). A camada seguinte, chamada parede primária, é depositada durante a divisão celular enquanto a célula está crescendo. É normalmente fina, tem alto grau de organização em relação à lamela média, e apresenta em sua composição pectinas, celulose,

hemicelulose e proteínas. É bifásica, consistindo de uma fase microfibrilar e uma matriz. A fase microfibrilar, consiste de moléculas de celulose alinhadas paralelamente em feixes que, agrupados, constituem as microfibrilas, que se agregam numa malha altamente estruturada e estável, ao redor da qual se organizam os outros polímeros que compõem o gel da matriz (Brett e Waldron 1990).

A matriz da parede celular apresenta-se como insolúvel em água e bastante consistente, embora seja constituída de moléculas polihidroxiladas, hidrofílicas, poli-iônicas e, no tecido vivo, altamente hidratadas. Nesse sentido, sugere-se que existem associações entre os polímeros, que os tornam insolúveis (Fry 1986).

Na maioria dos frutos, as estruturas rígidas e bem definidas da parede celular são modificadas com o avanço da maturação (Melford e Prakash 1986), que envolve tipicamente o amaciamento da polpa (Huber 1983). Este, por sua vez, ocorre primariamente devido a mudanças no metabolismo dos carboidratos da parede celular, resultando numa diminuição líquida de certos componentes estruturais (Pressey e Avants 1982). Na maioria dos frutos, a mudança mais aparente e intensivamente estudada na composição da parede celular é a perda e solubilização de polímeros de ácidos urônicos (Pilnik e Voragen 1970), aliados à perda de açúcares neutros não-celulósicos (Knee 1973), caracterizada pela conversão de protopectina insolúvel, de alto peso molecular, em pectina solúvel (Melford e Prakash 1986).

As substâncias pécticas são constituídas de uma cadeia principal de α -1,4 galacturonana com resíduos ramnosila 2- e 2,4- ligados. Mais da metade dos grupos carboxílicos C_6 dos resíduos de ácido galacturônico encontram-se esterificados com grupos metil, enquanto o cálcio pode formar pontes inter e intramoleculares. Uma proporção dos resíduos de ramnose se liga às cadeias laterais de açúcares neutros, principalmente galactose e arabinose (Hobson e Grierson 1993).

Os polímeros pécticos da lamela média diferem dos da parede celular primária. Na lamela média, eles são essencialmente lineares, de cadeias laterais curtas e alto grau de esterificação global, enquanto que, na parede primária, os polímeros pécticos são mais altamente ramificados, com cadeias laterais mais longas e grau de esterificação da ramnogalacturonana menor (Brett e Waldron 1990).

O grau de esterificação, a proporção de açúcares neutros presentes na molécula e o grau de polimerização são os principais elementos que distinguem os compostos pécticos de várias origens (Rexová-Benková e Markovic 1976).

A celulose é um polímero homogêneo linear composto de resíduos de glicose ligados na forma β -(1-4). O comprimento de cadeias de celulose individuais foi estimado em 6000 a 8000 monômeros e estas encontram-se fortemente associadas com hemicelulose na parede celular (Pressey 1977; Fisher e Bennett 1991).

A hemicelulose é um polissacarídeo heterogêneo constituído por açúcares neutros que interagem tanto com a celulose quanto com as substâncias pécticas (Albersheim *et al.* 1967). Apesar de algumas controvérsias, todos os modelos estruturais de parede celular posicionam a celulose intercalada com uma monocamada de hemicelulose ligada fortemente com pontes de hidrogênio às superfícies microfibrilares (Fisher e Bennett 1991). Em paredes celulares de dicotiledôneas a principal hemicelulose é a xiloglucona, constituída por um esqueleto de β (1-4)-glicose, unido a resíduos de xilose em ligação α (1-6) (Carpita e Gibeaut 1993), aos quais podem se ligar resíduos de galactose e arabinose (Brett e Waldron 1990).

A hidrólise de polímeros de açúcares neutros pode enfraquecer a complexa rede de polissacarídeos que constituem a parede celular, contribuindo diretamente para a perda de firmeza do fruto. Além disso, a modificação de cadeias laterais de açúcares neutros pode afetar a atividade das poligalacturonases em cadeias principais de poliuronídeos (Gross e Wallner, 1979).

Modificações da estrutura hemicelulósica associada ao amadurecimento têm sido observadas em diversos frutos: morango (Huber 1984), caqui (Cutillas – Iturralde *et al.* 1994), melão (Menezes 1996), azeitonas verdes (Sanchez – Romero *et al.* 1998), tomate (Vilas Boas 1998) e outros. Com relação ao pedúnculo de caju, inexistem trabalhos sobre a parede celular na literatura.

2.5 Conservação pós-colheita

O manuseio de frutos tropicais requer cuidados especiais em todas as etapas da cadeia de comercialização, desde o produtor até o consumidor. A rapidez com que amadurecem demanda tecnologia de manuseio especial e justifica o pequeno volume de exportação observado para a maioria desses produtos.

A conservação pós-colheita do pedúnculo do caju à temperatura ambiente não ultrapassa 48 h, em razão da sua extrema susceptibilidade ao ataque de microrganismos fitopatogênicos, responsáveis pelo estabelecimento de um rápido processo fermentativo (Soares 1986). Desta forma, torna-se fundamental o desenvolvimento de métodos de conservação que prolonguem a vida útil dos pedúnculos, sem que sua estrutura física original e composição química sejam alteradas, e consequentemente permitam a oferta destes e de seus derivados durante todo o ano.

Apesar da magnitude das perdas observadas pela alta perecibilidade do pedúnculo, existem atualmente poucos estudos sobre a conservação do caju *in natura*, o que já não ocorre com seus produtos derivados, tais como: suco, néctar, geléia, desidratado, doces, entre outros (Sampaio 1990; Silva Jr. 1991; Assis 1994).

Dentre os métodos de conservação disponíveis, a refrigeração é o mais utilizado e eficiente para o armazenamento de frutos e hortaliças (Chitarra e Chitarra 1990). Atmosfera controlada ou modificada são utilizadas principalmente como complementos do abaixamento de temperatura, pois, na maioria das vezes, não produzem bons resultados individualmente (Alves 1999). Tratamentos com cloreto de cálcio têm sido utilizados com sucesso no controle do amaciamento e outros aspectos relacionados à qualidade dos frutos, em que se destaca o efeito do cálcio no adiamento da senescência e no controle de desordens fisiológicas em frutas e hortaliças (Poovaiah 1986).

2.5.1 Refrigeração

Após a colheita, continuam ocorrendo as transformações químicas associadas ao metabolismo dos frutos. Uma vez que todas as enzimas envolvidas nas reações

de síntese e degradação são dependentes da temperatura, a redução desta diminui a taxa respiratória e conseqüentemente as alterações bioquímicas, aumentando a vida útil dos frutos (Bleinroth 1973).

Apesar da refrigeração ser uma técnica simples e a mais comumente utilizada para a conservação e transporte de frutos, é necessário, determinar-se a temperatura ótima para cada espécie, principalmente as tropicais, cujos frutos são sensíveis ao frio. Os sintomas de danos causados pelo frio dependem da temperatura, tempo de exposição, espécie, cultivar e estágio de maturação (Jackman *et al.* 1992).

O primeiro relato sobre o uso de refrigeração em caju trata-se do estudo desenvolvido por Singh e Mathur (1952). Os autores testaram temperaturas médias de armazenamento de 1°C; 4,7°C; 9,2°C e 30,6°C e verificaram que as perdas fisiológicas, em peso, e as perdas provocadas por microrganismos foram menores a 1°C. Esta temperatura associada a umidade relativa entre 85 e 90% foram consideradas como condições ótimas para armazenamento do pedúnculo de caju por uma semana (Soares 1975).

Em estudo do FNTI (1981) sobre o efeito do ácido sórbico na conservação de pedúnculos de caju, verificou-se que o armazenamento à temperatura de 12°C e umidade relativa entre 85 e 95% e tratamento com 0,1% de ácido sórbico, os pedúnculos de caju apresentavam boa conservação por um período de 12 dias.

Menezes (1992) estudou o efeito da baixa temperatura aliado a atmosfera modificada pelo uso de PVC na conservação de pedúnculos de cajueiro comum. Em paralelo, também foi estudado o armazenamento dos mesmos em atmosfera ambiente. Após 14 dias de armazenamento, o autor verificou que a atmosfera modificada sob baixa temperatura (5°C) com 85-90% de umidade relativa, pode ser usada para retardar o processo de senescência de pedúnculos de caju, pois aumenta substancialmente sua vida útil sem causar injúrias por 10 dias, enquanto que nas condições ambientais os mesmos se conservam por apenas 1 dia.

O registro mais recente da literatura sobre conservação de pedúnculos de caju é o trabalho de Mosca *et al.* (1998). Os autores trabalharam com o clone CCP-76, usando as mesmas condições de refrigeração e atmosfera modificada

implementadas por Menezes (1992) e observaram que os pedúnculos apresentavam potencial de conservação entre 12 e 16 dias.

2.5.2 Atmosfera modificada

Esta técnica consiste no armazenamento do produto em atmosfera de composição diferente da do ar, mas sem controle instrumental. A composição da atmosfera é dependente da taxa de respiração do fruto, espessura e permeabilidade da barreira usada, temperatura de armazenamento e, eventualmente, da introdução de gases na embalagem (Hardenburg *et al.* 1986; Kader 1992).

O uso de filmes plásticos é uma forma simples de assegurar alta umidade relativa ao redor do produto durante as operações de armazenamento, transporte e comercialização (Mattoo *et al.* 1975). O filme aumenta a resistência à passagem do vapor d'água, O₂ e CO₂, produzindo uma microatmosfera com umidade relativa maior que a externa e alterando a taxa de transpiração, reduzindo a perda de água (Hulbert e Bhowmik 1987), retardando mudanças no conteúdo de açúcares, na cor e na textura (Nakhasi *et al.* 1991), e reduzindo as perdas de acidez, pela diminuição da atividade de enzimas relacionadas ao metabolismo respiratório (Zagory e Kader 1988). Kader (1992) afirma que a perda de clorofila e a biosíntese de carotenóides e antocianinas são diminuídas em frutas mantidas em atmosfera modificada.

A escolha do tipo de filme utilizado para embalagem é fundamental para o êxito do armazenamento, uma vez que a embalagem deve manter a atmosfera protetora durante o maior tempo possível, para se obter a vida útil máxima do produto. Um filme ideal deve ter uma permeabilidade ao CO₂ de 3 a 5 vezes maior que ao O₂, para que se alcance um equilíbrio (Kader 1992). Nesse sentido, Rodriguez Giro (1994) destaca que vários polímeros satisfazem este critério, dentre eles o polietileno de baixa densidade (PEBD) e o cloreto de polivinila (PVC).

Ben-Yehoshua (1985) cita que uma das principais vantagens da embalagem com filmes é que, estes em contato direto com a superfície do fruto fazem com que as temperaturas da embalagem e do fruto sejam as mesmas, o que deve eliminar os problemas de condensação e umidade excessiva, que podem conduzir ao aparecimento de fungos e desordens fisiológicas mais acentuadas. Nesse sentido, o

uso da atmosfera modificada dobra e, às vezes, triplica a vida de um fruto, quando avaliada pela aparência, firmeza e perda de peso.

2.5.3 Cálcio

A influência da aplicação de cálcio em frutos tem recebido atenção considerável, tendo em vista os efeitos positivos deste cátion no adiamento da maturação e da senescência, mediante a diminuição da respiração e da produção de etileno no complexo membrana-parede celular, controle de distúrbios fisiológicos e conservação dos frutos (Poovaiah 1986; Poovaiah *et al.* 1988; Lurie e Klein 1992; Marschner 1995).

O cálcio é extensivamente associado à regulação do amadurecimento de frutos (Lurie e Klein 1992). Durante o amadurecimento e a senescência, ocorre a dissolução da lamela média, resultando em separação celular. Frutos tratados com cálcio são mais firmes, pois a lamela média estabilizada aumenta a adesão célula-a-célula (Poovaiah 1988). Nesse sentido, Poovaiah (1986) destaca que a manutenção da estrutura da parede celular em frutos pelo uso de cálcio se deve à interação com os ácidos pécticos para formar pectatos de cálcio. Além de conferir insolubilidade ao material péctico, a presença do cálcio inibe a degradação pela poligalacturonase, principal enzima responsável pelo amaciamento dos frutos, uma vez que o pectato de cálcio formado não é reconhecido pela enzima.

Pequena translocação de cálcio ocorre das folhas para os frutos durante o seu crescimento. Devido ser um elemento essencial para a qualidade pós-colheita dos frutos, e frequentemente, os problemas ligados a uma má suplementação de cálcio na planta surgirem nos frutos após a colheita e durante o armazenamento (Pinto Ricardo 1983), muitos pesquisadores julgam necessário sua suplementação via foliar, no próprio fruto em formação ou em pós-colheita (Burns e Pressey 1987).

Conforme Stow (1993), a perda de cálcio da lamela média é considerada como um dos fatores que contribuem para o amaciamento do fruto embora o processo não explique totalmente a perda da firmeza. Nesse sentido, o aumento da firmeza possivelmente resulta do aumento no teor de cálcio no fruto (Gerasopoulos *et al.* 1996).

Aplicação de cloreto de cálcio tem promovido maior firmeza em diversas espécies vegetais, dentre elas: cenoura (Picchioni *et al.* 1996), goiaba (Singh *et al.* 1981), maçãs (Poovaiah 1986; Conway *et al.* 1995), mamão (Qiu *et al.* 1995), manga (Singh *et al.* 1993), morango (Garcia *et al.* 1996), pêra (Raese *et al.* 1995), pêssego (Ochei *et al.* 1993), tomate (Garcia *et al.* 1995) e outras.

Outros efeitos da aplicação de cálcio que podem ser citados são a redução da perda de peso durante o armazenamento de goiabas (Singh *et al.* 1981), o decréscimo da atividade de enzimas como pectinametilesterase e poligalacturonase em uva (Cenci e Chitarra 1994), polifenoloxidase e peroxidase em uva (Cenci 1994), o aumento no teor de vitamina C em manga (Tirmazi e Wills 1981) e redução da ocorrência de podridões pós-colheita em morango (Garcia *et al.* 1996).

A despeito do grande número de trabalhos registrados na literatura comprovando o efeito positivo do cálcio em frutos, inexistem estudos sobre a influência da aplicação deste elemento mineral em pedúnculos de caju com relação à sua conservação.

2.6 Enzimas pectinolíticas

As mudanças aparentes no tamanho molecular dos polímeros da parede celular que acompanham o amadurecimento dos frutos implicam na ação de enzimas capazes de degradar componentes específicos da parede celular. Nesse sentido, a atividade das hidrolases envolvidas no amadurecimento tem sido objeto de estudo de vários autores (Rexová-Benková e Markovic 1976; Pressey 1977; Huber 1983; Fisher e Bennett 1991; Filgueiras 1996; Vilas Boas 1998).

A modificação da estrutura da parede celular mediada por enzimas durante o amadurecimento de frutos tem sido estudada em abacate (Hatfield e Nevins 1986; Huber e O'donoghue 1993), acerola (Alves *et al.* 1996); banana (Brady 1976), maçã (Bartley 1978), mamão (Fayyaz *et al.* 1995; Lazan *et al.* 1995), manga (Roe e Bruemer 1981), morango (Nogata *et al.* 1993), melão (Mc Collum *et al.* 1989), caqui (Cutillas-Iturralde *et al.* 1993), pêssego (Glover e Brady 1994), além de outros.

É largamente aceito que o amaciamento que acompanha o amadurecimento do fruto é essencialmente causado pela conversão de protopectina em pectina solúvel.

Esta mudança é ocasionada pela ação coordenada da atividade de enzimas hidrolíticas da parede celular e ocorre simultaneamente às atividades bioquímicas e fisiológicas dentro da célula, que convertem o fruto de um estado não comestível para um comestível (John e Dey 1986).

A solubilização e a despolimerização de poliuronídeos da parede celular durante o amadurecimento são atribuídas principalmente a duas enzimas: a poligalacturonase e a pectinametilesterase (Seymour *et al.* 1987). As pectinas são incorporadas à parede celular na forma metil esterificada, onde são desesterificadas pela PME e tornam-se disponíveis para ligações cruzadas intermoleculares mediadas por Ca^{2+} (Carpita e Gibeaut 1993). A PG é mais ativa na degradação de pectinas pelo menos parcialmente desmetiladas e catalisa a hidrólise de ligações α (1-4) entre dois resíduos adjacentes de ácido galacturônico. Portanto, PME, uma enzima que promove a desmetilação na posição C_6 de resíduos de ácido metilgalacturônico, pode desempenhar um importante papel na determinação da extensão na qual a pectina é acessível à degradação pela PG, estando envolvida no processo de amaciamento (Pilnik e Voragen 1970; Fisher e Bennett 1991).

Kays (1991) reforça que a atividade das enzimas pécticas PG e PME tem mostrado estar muito relacionada ao aumento do amaciamento quando do amadurecimento de muitos frutos. Entretanto, de acordo com Gross (1990), está bastante claro que outros mecanismos devem estar envolvidos na regulação do *turnover* da parede celular e amaciamento dos tecidos. O autor cita vários exemplos, dentre eles: a) maçãs, melões, morangos e tomate bilocular têm seus tecidos amaciados na ausência de atividade da endo-PG; b) algum amaciamento de tomate no amadurecimento antecede à atividade detectável de PG; c) o tomate mutante *dg* contém um nível normal de PG, mas não amacia substancialmente; d) quando a atividade de enzima da parede celular é inibida, a atividade da PG não está intimamente relacionada com os poliuronídeos solúveis; e) a hidrólise da parede celular de tomate pela PG pode ser limitada *in vivo* pelo número de sítios de ligação desta enzima ou outros fatores.

A mais destacada mudança que ocorre durante a maturação do caju está associada às características de amaciamento de seu pedúnculo. Porém, apesar do

grande potencial desta cultura, a literatura não registra, até a presente data, nenhum estudo sobre a atividade de enzimas que possam estar relacionadas com a firmeza.

2.7 Enzimas oxidativas

O escurecimento enzimático é um fenômeno que ocorre em muitos produtos vegetais, tais como batatas, cogumelos, maçãs, bananas, uvas e outros. Quando o tecido é ferido, cortado, despelucado, infectado, ou exposto a alguma condição anormal, ele escurece rapidamente quando exposto ao ar, como resultado da oxidação dos compostos fenólicos (Eskin 1990).

Segundo Braverman (1967), o motivo pelo qual a presença de fenolases *in situ* não provoca o escurecimento, foi por longo tempo explicado, pelo fato do cromógeno (substrato fenólico) e a enzima se encontrarem em células distintas da fruta e sua interação não começar até que haja um rompimento das células e consequente contato enzima x substrato. Posteriormente, pesquisas demonstraram que essas reações bioquímicas são reversíveis e a oxidação e redução ocorrem a cada vez. Porém, quando se altera a organização celular, a reação ocorre em uma direção.

Segundo Sgarbieri (1975), as enzimas responsáveis pelas alterações da cor, de um modo geral, são as oxidativas como polifenoloxidasas (PPO), peroxidases (POD) e outras, muitas encontradas em frutas, embora enzimas como as clorofilases, carotenases e antocianases também ajam sobre os pigmentos vegetais.

Clemente e Pastore (1998) citam que o controle da atividade de polifenoloxidase e peroxidase em plantas é importante na preservação e no processamento de alimentos, como no escurecimento de frutas e hortaliças e seus produtos comercializados. Essas enzimas podem participar de um grande número de reações oxidativas, tais como mudança de cor, degradação de clorofila ou auxinas, oxidação de fenóis, oxidação do ácido indol acético, biosíntese da lignina, e muitos desses processos também podem ser associados com *flavor*, cor, textura e qualidade nutricional dos alimentos.

As polifenoloxidasas apresentam-se largamente distribuídas na natureza e têm sido estudadas em frutos como: maçã (Coseteng e Lee 1987), pêssego (Flurkey e

Jen 1978), banana (Kahn 1985), uva (Valero *et al.* 1988; Lima 1998), manga (Park *et al.* 1980), azeitona verde (Ben-Shalom *et al.* 1977), dentre outros.

As polifenoloxidasas têm recebido diversas denominações: tirosinase, cresolase, catecolase, difenolase e fenolase. A denominação PPO é a que melhor reflete a capacidade da enzima de utilizar diferentes compostos fenólicos como substrato. Compreendem dois grupos principais de enzimas - as catecol oxidasas (o-difenol oxigênio óxido redutases) (EC. 1.10.3.1) e as lacases (p-difenol oxigênio óxido-redutases) (EC. 1.10.3.2) (Mayer e Harel 1979).

Na presença de oxigênio atmosférico, que atua como aceptor de hidrogênio (Valero *et al.* 1989; Eskin 1990), as polifenoloxidasas catalisam a oxidação de certos compostos fenólicos naturais (Sapis *et al.* 1983a,b). As quinonas resultantes formam, por polimerização, os pigmentos marrons característicos do fenômeno, as melanoproteínas ou simplesmente, melaninas (Awad 1993), que causam alterações na cor e no aroma do suco de fruta, diminuindo em muito a sua qualidade (Mayer e Harel 1979).

Os substratos mais abundantes das PPO são classificados como o-difenóis e monofenóis. Flavonóides e taninos (catequinas e leucoantocianinas) também são substratos para essas enzimas. Flavanóides como a quercitina e rutina são encontrados em casca de maçãs, enquanto os taninos ocorrem em pêssegos de caroço aderente, ambos contribuindo para o escurecimento enzimático. Em geral parece que a configuração química mais adequada para atividade desta enzima, resultando em reação mais rápida, é a estrutura orto-dihidroxi, como a dos compostos catecol, ácido caféico e ácido protocatecuico (Eskin 1990).

A atividade de PPO tem-se mostrado consideravelmente influenciada por diversos fatores, especialmente variedade, estágio de desenvolvimento e as condições ambientais (Mayer e Harel 1979; Sapis *et al.* 1983a). Complexas mudanças na atividade de PPO em uvas, ocorrem desde o estágio verde até a maturação do fruto (Sapis *et al.* 1983a). Awad (1993) cita que nos frutos em geral, os níveis de PPO são altos no início do desenvolvimento e diminuem progressivamente até a maturação. Em pêssegos e nectarina, segundo Cheng e Crisosto (1995), a disponibilidade de ácido clorogênico é um fator limitante no processo mediado pelas PPO. Sapis *et al.* (1983b) relatam que variedades com

baixos teores de substratos para PPO são, portanto, de melhor qualidade, e com escurecimento limitado.

As formas particuladas de PPO em frutos, ou seja, a enzima ligada por ligações peptídicas a membrana das organelas e só liberada após a quebra dessas estruturas, atingem o máximo de atividade antes que o fruto alcance a plena maturidade. Por outro lado observa-se um considerável aumento de atividade da forma solúvel durante o amadurecimento, ou com o início da senescência, assim como em reação a ferimentos (Zawistowski *et al.*).

A hidroxilação de monofenóis e a oxidação de difenóis são duas reações distintas e separáveis; no entanto, parece que uma mesma enzima pode catalizar frequentemente ambas reações. Enzimas de origens diferentes também apresentam atividades de hidroxilação/oxidação diferentes, que se atribui a existência de isoenzimas e à variação do conteúdo de Cu^+ e Cu^{++} . A nomenclatura relativa a essas enzimas não é muito precisa, porém atribui-se à monofenolase ou cresolase como responsável pela primeira etapa enzimática e à polifenoloxidase com relação a segunda etapa (Cheftel e Cheftel 1976).

A peroxidase pode catalisar reações peroxidativas, oxidativas e hidroxilações. Há muitos compostos fenólicos de ocorrência natural que podem ser oxidados pela POD na presença de pequenas quantidades de hidroperóxidos. Mono e dihidroxifenóis e complexos como o ácido clorogênico parecem ser substratos essenciais para POD (Fox 1991).

A peroxidase apresenta diversas funções fisiológicas, dentre as quais pode ser citado o envolvimento direto na degradação da clorofila ou auxinas de importância no amadurecimento de frutos (Yamauchi e Hashinaga 1992). Robinson (1991) cita o envolvimento da peroxidase na biosíntese de lignina, oxidação do ácido indolacético e proteção contra o ataque de fungos e bactérias. Segundo Bachmann (1994), a POD ajuda a formar camadas de suberina no processo de cicatrização de paredes de tecidos vegetais feridos, envolvendo a deposição de material polimérico de componentes aromáticos e alifáticos. Kanner *et al.* (1977) observaram que a atividade de POD pode contribuir para o branqueamento do caroteno em frutos de pimentão vermelho.

A peroxidase (EC. 1.11.1.7) está relacionada à qualidade de alimentos em processo, particularmente com relação ao *flavor* da matéria-prima e produto processado (Vámos-Vigyázó 1981). Segundo Robinson (1991), a oxidação fenólica mediada pela peroxidase, também é associada à degradação do *flavor*, cor, firmeza e qualidade nutricional de alimentos processados e de seus produtos. A POD tem um poder de oxidação muito maior que a PPO, mas não pode causar um aumento na taxa de oxidação superior àquele da PPO em ausência de água oxigenada (H_2O_2) (Porting e Joslyn 1948).

Acredita-se que a POD tenha participação no amadurecimento e senescência dos tecidos de frutas, porém o papel fisiológico exato das peroxidases no amadurecimento ainda não foi esclarecido (Clemente e Pastore 1998). A regulação do amadurecimento do fruto a nível molecular é claramente entendida para frutos climatéricos, o que já não ocorre para os não-climatéricos. Perda de adstringência e aparecimento da cor característica no amadurecimento do morango estão relacionadas às mudanças na síntese e acumulação de compostos fenólicos (Cheng e Breen 1991; Robinson 1991).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido através da realização de três experimentos, nas dependências e instalações do Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita de Frutos da Embrapa - *Agroindústria Tropical*, Fortaleza-Ceará.

3.1 Caracterização da área de cultivo, colheita e manuseio dos cajus

Os cajus utilizados neste trabalho, foram obtidos na área comercial de clones de cajueiro anão precoce plantados em 20/05/1994 na Empresa Mossoró Agroindustrial S.A – MAISA, em Mossoró-RN, sob irrigação, em espaçamento 7 x 7 e recebendo todos os tratos culturais de acordo com as exigências da cultura. O clone selecionado para este estudo foi o CCP-76 por ser o mais cultivado para produção de pedúnculos para comercialização *in natura*.

De acordo com Paiva *et al.* (1998), a área de plantio apresenta as seguintes características: latitude 5°11'S, longitude 37°20'W, altitude 18 m, temperatura média 27°C, com médias máximas de 33,3°C e médias mínimas de 22,7°C, a insolação ultrapassa 2.800 horas/ano, a velocidade dos ventos é de 4,0 m/s com direções NE e SE e umidade relativa média mensal é de 68,9%; o solo é classificado como areia quartzosa distrófica, de baixa fertilidade natural e pobre em matéria orgânica.

A adubação consistiu na aplicação de 120 g/planta/ano da fórmula 100 N, 200 P₂O₅ e 100 K₂O, composta dos fertilizantes uréia, superfosfato simples e sulfato de potássio, respectivamente. O fósforo foi aplicado em dose única, sendo que o nitrogênio e o potássio foram aplicados em cobertura e parcelados em seis vezes em frações iguais, a cada dois meses, uma vez que o pomar recebeu irrigação de suplementação (Moura, 1998). O sistema de irrigação empregado foi o xique-xique, com turno diário de rega, sendo a dotação de água no primeiro ano de 20 litros por planta/dia e a partir do segundo definido em função das características climáticas registradas conforme Saunders *et al.* (1995).

Nas Figuras 1 e 2 encontram-se as características climáticas médias e/ou totais referentes ao ano que antecedeu a colheita dos experimentos 1 e 2, de acordo com os dados fornecidos pela Estação Meteorológica da Escola Superior de Agricultura de Mossoró (ESAM), enquanto que nas Figuras 3 e 4 encontram-se as características relativas ao ano que antecedeu o experimento 3.

As colheitas foram feitas em junho e agosto de 1997 para os experimentos 1 e 2, respectivamente, e em novembro de 1998 para o experimento 3. Os cajuí foram colhidos no início do período da manhã, acondicionados em caixas plásticas de dimensões de 30 x 47 x 12 cm, com aberturas inferiores e laterais, protegidas com espuma de poliestireno (1cm), dispostos em uma só camada para evitar danos físicos. Imediatamente após a colheita e seleção (cajuí com boas características externas de qualidade), foram transportados para o Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita da Embrapa - *Agroindústria Tropical*, em Fortaleza-Ce, distante 240 Km do pomar. Ao chegar no laboratório, cerca de 5 horas após a colheita, deu-se início aos estudos conforme o experimento em questão.

Figura 1 - Temperaturas e umidade relativa na região de Mossoró – RN durante o ano que antecedeu a colheita dos cajuí nos experimentos 1 (julho/96 a junho/97) e 2 (setembro/96 a agosto/97).

Figura 2 - Insolação total e precipitação na região de Mossoró – RN durante o ano que antecedeu a colheita dos cajus nos experimentos 1 (julho/96 a junho/97) e 2 (setembro/96 a agosto/97).

Figura 3 - Temperaturas e umidade relativa na região de Mossoró – RN durante o ano que antecedeu a colheita dos cajus no experimento 3 (dezembro/97 a novembro/98).

Figura 4 - Insolação total e precipitação na região de Mossoró – RN durante o ano que antecedeu a colheita dos cajus no experimento 3 (dezembro/97 a novembro/98).

3.2 Experimento 1 – Desenvolvimento e maturação de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76.

Os cajus foram classificados em sete estádios de desenvolvimento e maturação (Figura 5), conforme Alves *et al.* (1999), de acordo com a coloração externa do pedúnculo e da castanha: 1 – verde com castanha verde; 2 – verde com castanha madura e seca; 3 – verde claro; 4 – início de coloração amarela; 5 – amarelo com início de cor laranja; 6 – laranja claro; 7 – laranja escuro.

Dentro de cada estágio, tomou-se ao acaso 20 cajus divididos em 4 repetições de 5 cajus para a caracterização física quanto ao peso total (castanha + pedúnculo), peso do pedúnculo, peso da castanha, diâmetros basal e apical, comprimento e textura.

Após a caracterização física dos cajus, os pedúnculos de cada estágio/repetição foram cortados em 4 (quatro) seções iguais no sentido longitudinal, sendo uma parte acondicionada em sacos transparentes de polietileno de baixa densidade (27,0 x 31,0 cm) com fecho hermético e armazenada em freezer a -20°C e outra submetida a desintegração e liofilizada, ambas para análises posteriores.

Figura 05 - Estádios de desenvolvimento e maturação de caju do clone CCP-76.

As características físico-químicas, químicas e bioquímicas analisadas foram as seguintes: clorofila total, carotenóides totais, antocianinas totais, pH, sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT), relação SST/ATT, açúcares redutores e não-redutores, amido, vitamina C total, compostos fenólicos (poliméricos, dímeros e oligoméricos), cálcio (total, solúvel e insolúvel), pectina (total e solúvel), pectina fracionada a partir dos sólidos insolúveis em álcool – SIA, atividades de pectinametilesterase, poligalacturonase, polifenoloxidase e peroxidase.

Com exceção das análises de pectina solúvel em água a partir dos SIA, de cálcio, em que se utilizou amostra liofilizada, e de clorofila total e antocianinas totais no epicarpo de pedúnculos, todas as demais foram realizadas a partir do suco obtido pela desintegração, em centrífuga doméstica, dos pedúnculos pré-cortados e congelados.

Em função do teor razoável de amido nos SIA, notadamente nos primeiros estádios de maturação, optou-se pela execução das análises no material de parede celular, a fim de se evitar a possível interferência deste composto.

3.3 Experimento 2 – Alterações dos componentes de parede celular de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 durante o desenvolvimento e maturação.

Após classificação em sete estádios de desenvolvimento e maturação, conforme Alves *et al.* (1999), tomou-se ao acaso, dentro de cada estágio, 40 cajus que foram desintegrados em centrífuga doméstica e em seguida liofilizados.

A parede celular foi extraída do material liofilizado conforme descrito por Mitcham e McDonald (1992), com algumas modificações. A amostra (10 g) foi triturada em homogeneizador de tecidos (Polytron – Tekmar Company) com etanol 80% (30 ml).

O resíduo foi lavado com tampão fosfato 50 mM, pH 6,8 (30 ml) e filtrado sob vácuo. Adicionou-se 20 ml de fenol : ácido acético : água (2 : 1 : 1 v/v) e manteve-se em repouso por 20 minutos. Lavou-se novamente o resíduo com solução tampão fosfato 50 mM, pH 6,8 (30 ml). A parede celular isolada foi submetida ao teste com KI/I₂ para verificar a ausência de amido. Em seguida, foi sucessivamente lavada uma vez com clorofórmio: metanol - 1 : 1 v/v (20 ml), e três vezes com acetona (20 ml), seguida de secagem sob vácuo à temperatura ambiente, constituindo-se o material de parede celular, que foi acondicionado em potes plásticos porta-amostra bem lacrados e mantidos em dessecador à temperatura ambiente até sua utilização.

Após a realização da análise de rendimento, o material de parede celular obtido de cada estágio de desenvolvimento e maturação, foi submetido as seguintes análises: celulose, hemicelulose, ácidos urônicos, grau de esterificação e cálcio ligado.

3.4 Experimento 3 - Qualidade de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 durante o armazenamento refrigerado sob influência de cálcio.

Os caju foram colhidos aleatoriamente no estágio de maturidade comercial, classificados segundo Alves *et al.* (1999) como estágio 7 (textura firme e cor laranja escuro). Procedeu-se a uma seleção quanto à uniformidade dos caju em relação ao tamanho e à ausência de injúrias.

Em laboratório, os caju foram submetidos a pré-resfriamento (22°C) e desinfecção através de imersão em água clorada (50 ppm de cloro livre), durante dois minutos. Após passarem por secagem ao ar e nova seleção, com a remoção daqueles danificados mecanicamente, os caju foram divididos em 4 grupos de 72 unidades e submetidos aos seguintes tratamentos:

Grupo 1 – Imersão em água contendo 250 ppm do espalhante adesivo Tween 80 por 2 minutos, à temperatura ambiente (25°C);

Grupo 2 – imersão por 2 minutos em solução de cloreto de cálcio a 0,5%, à temperatura ambiente (25°C), contendo 250 ppm de Tween 80;

Grupo 3 – imersão por 2 minutos em solução de cloreto de cálcio a 1%, à temperatura ambiente (25°C), contendo 250 ppm de Tween 80;

Grupo 4– imersão por 2 minutos em solução de cloreto de cálcio a 2%, à temperatura ambiente (25°C), contendo 250 ppm de Tween 80.

Após secagem ao ar, os caju de cada tratamento foram separados ao acaso em unidades experimentais com 4 caju cada, acondicionados em bandejas de isopor com dimensões de 210 x 140 x 20 mm, envolvidos em filme de PVC (Cloreto de polivinila) flexível e autoadesivo com espessura em torno de 15 micra, marca comercial Propack LDP, devidamente selados e identificados pelo tratamento correspondente. Segundo o ITAL (1988), o filme de PVC empregado para embalagem de frutas possui uma permeabilidade de 168 a 320 e 24 a 88 $\text{cm}^3/\text{m}^2/\mu\text{m}/\text{dia}/\text{atm}$ ao CO_2 e O_2 , respectivamente, apresentando uma relação de CO_2/O_2 de 3,6 a 6,9.

As bandejas foram acondicionadas, aleatoriamente, em caixas de papelão corrugado de dimensões 44 x 22,5 x 8,5 cm de acordo com os tratamentos (3

bandejas por caixa) e conduzidas à câmara de armazenamento, onde foram mantidas à temperatura de $5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e $88\% \pm 3\%$ de umidade relativa por 25 dias.

Imediatamente após o tratamento dos caju com cálcio e a cada 5 dias, foram tomadas três bandejas por tratamento para a realização das avaliações. Estas consistiram, inicialmente, das determinações de perda de peso, textura e avaliação de senescência dos caju.

Após a remoção de amostras de epicarpo para análise de antocianinas totais, os pedúnculos foram seccionados longitudinalmente em partes iguais e distribuídos, de acordo com o tratamento, em sacos transparentes de polietileno de baixa densidade (27,0 x 31, 0 cm) com fecho hermético, devidamente identificados e armazenados em ultra-freezer a -80°C para análises posteriores. Os pedúnculos foram desintegrados em centrífuga doméstica, sendo parte deste material submetido à liofilização para a determinação de cálcio e outra parte destinada, ainda no primeiro dia de tomada de amostras as análises físico-químicas, químicas e bioquímicas: pH, sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT), relação SST/ATT, açúcares solúveis totais, vitamina C total, compostos fenólicos (poliméricos, dímeros e oligoméricos), cálcio (total, solúvel), relação cálcio solúvel/cálcio total, pectina (total, solúvel), percentual de solubilização, atividades de pectinametilesterase e poligalacturonase.

3.5 Avaliações

3.5.1 Físicas

3.5.1.1 Peso – através do uso de balança semi-analítica, determinou-se o peso total (castanha + pedúnculo). Após o descastanhamento, pesou-se separadamente a castanha. O peso do pedúnculo foi obtido por diferença entre o peso total e o da castanha. Todas as pesagens foram efetuadas individualmente e expressas em gramas.

3.5.1.2 Tamanho – medidas dos diâmetros basal e apical e de comprimento dos pedúnculos foram realizadas com o auxílio de paquímetro e expressas em centímetros.

3.5.1.3 Firmeza da polpa – determinada em pedúnculos íntegros, usando-se penetrômetro manual Magness-Taylor modelo FT 011 com ponta de 8 mm de diâmetro. Foram feitas duas leituras por pedúnculo, em lados opostos da porção basal. As leituras, em lbf, foram multiplicadas por 4,4482 para expressar o resultado em Newtons (N).

3.5.1.4 Perda de peso – foi determinada em percentagem, considerando-se a diferença entre o peso inicial das bandejas contendo os caju e aquele obtido a cada intervalo de amostragem. Usou-se balança semi-analítica com precisão de 0,1 g.

3.5.1.5 Senescência – foi utilizada uma escala subjetiva (Tabela 1) adaptada de Menezes (1992). Os resultados foram expressos em média de notas atribuídas por bandeja, através do exame individual de cada caju por quatro avaliadores treinados.

Tabela 1 – Ficha de avaliação de senescência de caju CCP-76 armazenados por 25 dias em temperatura de $5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $85\% \pm 3\%$.

Nota	Características do material
0	Pedúnculo com aparência boa, resistente ao choque mecânico, isento de enrugamento, odor agradável;
1	Manchas pequenas de mudança de cor;
2	Descoloração em aproximadamente metade do pedúnculo;
3	Perda de brilho, mudança total de coloração e presença de depressão, característica do contato com a superfície;
4	Liberação espontânea do suco, presença de fungos, odor desagradável, imprestável para o consumo.

3.5.2. Físico-químicas e químicas

3.5.2.1 Clorofila total

Amostras de epicarpo (espessura de aproximadamente 1 mm) retiradas, ao acaso, dos pedúnculos, foram desintegradas em homogeneizador de tecidos, conforme recomendação de Bruinsma (1963). Usou-se 1 g do material para 10 mL de uma solução de acetona a 80%. Ao volume de extrato, após homogeneização, adicionou-se acetona a 80% até completa descoloração, seguida de filtração. O volume final do extrato foi de 50 mL.

A leitura de absorvância foi efetuada a 652 nm. Os níveis de clorofila total foram expressos em mg/100 g de película, segundo a equação adotada por Engel e Poggiani (1991):

$$\text{clorofila total} = [(A_{652} \times 1000 \times v/1000w)/34,5] \times 100, \text{ onde:}$$

v = volume final do extrato clorofila – acetona;

w = peso da película em gramas.

3.5.2.2 Carotenóides totais

Determinados pelo método de Higby (1962). Em Erlenmeyer de 250 mL, foram colocados 10 mL de suco, 30 mL de álcool isopropílico e 10 mL de hexano, seguido de agitação por 1 min. O conteúdo foi transferido para funil de separação de 125 mL envolvido em alumínio, onde completou-se o volume com água. Deixou-se em repouso por 30 minutos, seguindo-se a lavagem do material. Repetiu-se esta operação por mais 2 vezes. Filtrou-se o conteúdo com algodão pulverizado com sulfato de sódio anidro para um balão volumétrico de 50 mL envolto com alumínio, onde foram adicionados 5 mL de acetona e completado o volume com hexano. As leituras foram feitas a 450 nm e os resultados expressos em mg/100 g, calculados através da fórmula: $(A \times 100)/(250 \times L \times W)$, onde:

A = absorvância; L = comprimento de onda em nm e W = quantidade da amostra original no volume final da diluição.

3.5.2.3 Antocianinas totais

As determinações seguiram a metodologia de Francis (1982). Tomou-se 1 g de película do pedúnculo em recipiente de aço inox, adicionando-se cerca de 30 mL de solução extratora de etanol 95% + HCl 1,5 N (85 : 15). A amostra foi triturada em homogeneizador de tecidos tipo “turax” por 2 min. em velocidade “5”, e transferida para balão volumétrico de 50 mL, envolto em alumínio, sendo o volume completado com solução extratora. Para a extração, deixou-se o material por uma noite em refrigerador. Em seguida filtrou-se para um Erlenmeyer de 125 mL, também envolto em alumínio. Imediatamente, procedeu-se a leitura da absorbância, a 535 nm, com os resultados expressos em mg/100 g de película e calculados através da fórmula: fator de diluição x absorbância/98,2.

3.5.2.4 pH

Determinado em potenciômetro digital com membrana de vidro, conforme AOAC (1992).

3.5.2.5 Sólidos solúveis totais (SST)

Determinados por leitura em refratômetro digital Atago modelo PR-101, escala 0 a 45 °Brix, com compensação de temperatura automática.

3.5.2.6 Acidez total titulável (ATT)

Obtida por titulação do suco com solução de NaOH 0,1 N e expressa como percentagem de ácido málico, segundo metodologia do Instituto Adolfo Lutz (1985).

3.5.2.7 Relação SST/ATT

Obtida através do quociente entre as duas variáveis.

3.5.2.8 Açúcares

Os açúcares redutores e os não redutores no experimento 1 foram analisados pelo método de Somoghy-Nelson (Southgate, 1991). Partiu-se de uma alíquota de 3 mL de suco, a qual foi diluída para 100 mL, usando-se 10 mL para hidrólise da sacarose e, em seguida, 3 mL para desproteinização. O doseamento foi monitorado a partir de 0,3 mL ou 0,5 mL do extrato desproteinizado no caso dos açúcares redutores e 1,0 mL ou 1,5 mL da solução após hidrólise da sacarose. Os resultados foram expressos g/100 mL.

Os açúcares solúveis totais no experimento 3 foram determinados pelo método de Antrona (Southgate, 1991). Utilizou-se 0,5 mL de suco, que foi diluído em água destilada em um balão volumétrico de 250 mL e em seguida submetido a filtração. Em tubos contendo alíquota de 0,1 mL do filtrado, fez-se reagir com o reativo antrona, para depois de agitados e aquecidos os tubos em banho-maria a 100°C por 8 minutos processada a leitura das amostras a 620 nm. Os resultados foram expressos em g/100 mL.

3.5.2.9 Vitamina C total

O teor de vitamina C total no experimento 1 foi determinado através do método colorimétrico descrito por Cox e Pearson (1976). Para o experimento 3, foi empregado a titulometria com solução de DFI (2,6 diclorofenolindofenol 0,02%) até coloração róseo claro permanente, utilizando-se 1 g de suco diluído em 50 mL de ácido oxálico 0,5% de acordo com Strohecker e Henning (1967). Os resultados foram expressos em mg/100 g.

3.5.2.10 Compostos fenólicos

A extração foi realizada de acordo com Swain e Hillis (1959), e o doseamento segundo metodologia descrita por Reicher *et al.* (1981). Para a extração de fenóis dímeros, oligoméricos e poliméricos, pesou-se 5 g de suco, utilizando-se aproximadamente 50 mL do líquido extrator: metanol PA, metanol 50% e água. Para a extração com água, as amostras foram colocadas em banho-maria a 60°C por 15 minutos. Nos casos do metanol PA e 50%, o material foi submetido a refluxo por 15 min. Após a extração, todas as amostras foram agitadas por 15 minutos e, em seguida, filtradas. O filtrado foi evaporado até volume aproximado de 5 mL e diluído para 50 mL. Utilizou-se alíquotas de 1 mL para o doseamento, sendo as leituras realizadas em espectrofotômetro a 720 nm, e os resultados expressos em percentagem.

3.5.2.11 Cálcio

Determinado por espectrometria de absorção atômica, após digestão nitroperclórica, conforme metodologias de Sarruge e Haag (1974), para o cálcio total, e de Siddiqui e Bangerth (1995a, b), para o cálcio solúvel. O cálcio insolúvel foi obtido por diferença.

3.5.2.12 Percentual de solubilização

Obtido através do quociente entre cálcio solúvel e cálcio total.

3.5.2.13 Amido

Determinado conforme metodologia descrita por AOAC (1992), com algumas adaptações. Amostra de 5 g de suco foi diluída em 80 mL de água destilada e centrifugada a 3.000 rpm durante 10 min., por três vezes. Ao resíduo, foram adicionados 150 mL de água destilada mais 5 mL de ácido clorídrico. Após fervura durante 2 h, sob refluxo, foi resfriado e neutralizado com solução de carbonato de

sódio a 35%. O volume foi completado para 250 mL, com água destilada e, a seguir, filtrado. A partir do filtrado, determinou-se os açúcares redutores pelo método do DNS (ácido dinitrosalicílico), conforme Miller (1959). Os resultados obtidos foram multiplicados pelo fator 0,90 para a obtenção do amido em percentagem.

3.5.2.14 Pectinas

As frações pectina total e solúvel foram extraídas segundo a técnica adaptada por McCready e McComb (1952) a partir de 5 e 10 g de suco homogeneizado, respectivamente.

Para a hidrólise de pectina total utilizou-se pectinase (EC. 3.2.1.15) de *Aspergillus niger*, 1,0 U/mg (Merck).

A análise foi feita por colorimetria através da reação de condensação com m-fenilfenol (m-hidroxidifenil – Sigma Company), segundo técnica adaptada por Blumenkrantz e Asboe-Hansen (1973). A leitura foi feita em 520 nm e os resultados expressos em mg de pectina por 100 g de suco. Pela quantidade de pectina solúvel em relação à pectina total, obteve-se a percentagem de solubilização.

As pectinas solúveis em água também foram extraídas a partir dos sólidos insolúveis em álcool – SIA, segundo metodologia sugerida por Mangas *et al.* (1992). Homogeneizou-se 0,5 g da amostra em 30 mL de etanol 95% e ferveu-se a 85°C por 15 min. Após filtração a vácuo, o resíduo obtido foi lavado com 50 mL de etanol 95% e 15 mL de acetona, e seco à temperatura de 40°C por uma noite. As pectinas solúveis em água foram determinadas pelo método do meta hidroxidifenil (Blumenkrantz e Asboe – Hansen, 1973) e os resultados expressos em % dos SIA.

3.5.3 Bioquímicas

3.5.3.1 Polifenoloxidase

O processo de extração foi realizado segundo técnica proposta por Wissemann e Lee (1980), com algumas modificações. Homogeneizou-se 20 g da amostra em 20 mL de tampão fosfato 0,05 M pH 7,0, contendo 0,1 M de KCl e 1% de

polivinilpirrolidona (PVP). O homogenato foi filtrado em gaze a vácuo e centrifugado a 10.000 rpm, por 10 min. O sobrenadante resultante constituiu o extrato enzimático. Até o momento da incubação, todo o procedimento foi realizado a 4°C.

A atividade enzimática foi determinada incubando-se 0,3 mL do extrato e 1,85 mL de tampão fosfato 0,1 M pH 6,0 contendo 0,1 M de KCl e 0,1 M de catecol, durante 30 minutos a 30°C. A reação foi interrompida pela adição de 0,8 ml de HClO_4 2N.

As leituras de absorbância foram realizadas a 395 nm e os resultados expressos em unidade de atividade enzimática (UAE) por minuto por grama. Considerou-se 1 UAE como a quantidade de atividade enzimática que produz uma mudança de 0,001 unidade de absorbância.

3.5.3.2 Peroxidase

A extração foi realizada conforme método de Wissemann e Lee (1980) com as mesmas modificações adotadas para extração da polifenoloxidase. A atividade foi medida segundo metodologia descrita por Matsuno e Uritani (1972), substituindo-se o substrato o-fenilenodiamina por guaiacol 1%, adicionado diretamente à solução tampão. As leituras de absorbância foram realizadas a 470 nm, expressando-se os resultados em UAE/min/g. Considerou-se 1 UAE como a quantidade da enzima capaz de produzir uma mudança de 0,001 unidade de absorbância.

3.5.3.3 Pectinametilesterase

Determinada de acordo com a técnica descrita por Jen e Robinson (1984). Homogeneizou-se 25 g da amostra com 50 mL de água destilada a 4°C. O homogenato resultante foi filtrado em gaze a vácuo. O resíduo foi lavado duas vezes com 20 mL de água destilada (4°C), e em seguida ressuspensionado em NaCl 1 M (4°C) e submetido a homogeneização por 1 min. O pH foi ajustado para 6,0 com NaOH 1 N e o novo homogenato incubado a 4°C por 1 h. Nova filtragem, em papel de filtro, foi realizada sendo o filtrado submetido a centrifugação a 10.000 rpm, por 10 min., a 4°C. O sobrenadante resultante constituiu o extrato enzimático.

Para a determinação da atividade enzimática, usou-se como substrato pectina cítrica a 1% em NaCl 0,1 M pH 7,0, à temperatura ambiente. A taxa de desmetilação da pectina, adicionada do extrato enzimático, foi medida pela titulação da mistura de reação com NaOH 0,025 N, mantendo o pH 7,0 por 10 min. Uma unidade de atividade de PME foi definida como a quantidade de enzima capaz de catalisar a desmetilação de pectina correspondente ao consumo de um micromol de NaOH por minuto nas condições do ensaio. Os resultados foram expressos em UAE por minuto por grama de peso fresco.

3.5.3.4 Poligalacturonase

O extrato enzimático usado nesta determinação, foi obtido através de metodologia semelhante àquela da pectinametilesterase.

A determinação da atividade enzimática foi feita conforme Pressey e Avants (1973). O extrato foi incubado com solução de ácido poligalacturônico 0,25% (lavado com etanol 80% antes do uso) em tampão acetato de sódio 37,5 mM pH 5,0 a 30°C por 3 horas. A reação foi interrompida em banho-maria fervente, e os grupos redutores liberados foram determinados pela técnica do DNS - ácido dinitrosalicílico (Miller, 1959), usando glicose anidra como padrão. Uma 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 foram expressos em UAE por minuto por grama de peso fresco.

3.5.4 Compostos de parede celular

3.5.4.1 Celulose

Amostras (2 mg) de material de parede celular foram submetidas à hidrólise com ácido sulfúrico 72% (3 mL) em banho de gelo com agitação intermitente. O extrato (0,5 mL) foi diluído para 2 mL com água destilada. A concentração de açúcares neutros (celulose + hemicelulose) foi determinada pelo método de Antrona,

segundo Southgate (1991). O teor de celulose foi obtido, segundo Vilas Boas (1998), por diferença [(celulose + hemicelulose) – hemicelulose] e os resultados expressos em percentagem de celulose no material de parede celular.

3.5.4.2 Hemicelulose

Amostras (2 mg) de material de parede celular foram tratadas com ácido trifluoroacético (TFA) a 120°C por 1 h, para solubilizar a hemicelulose e evitar a interferência da celulose. Em seguida, procedeu-se uma diluição em 50 mL de água destilada e filtração em papel de filtro. Os açúcares neutros presentes no filtrado foram determinados colorimetricamente pelo método de Antrona (Southgate, 1991) e os resultados expressos em percentagem de hemicelulose no material de parede celular, conforme Vila Boas (1998).

3.5.4.3 Uronídeos totais

Foi empregado o procedimento descrito por Ahmed e Labavitch (1977). O material de parede celular (10 mg) foi dissolvido em ácido sulfúrico 67% (v/v) (3 mL), em banho de gelo com agitação intermitente, e os ácidos urônicos liberados foram determinados colorimetricamente, de acordo com Blumenkrantz e Asboe-Hansen (1973), após reação com meta-hidroxidifenil. Os resultados foram expressos em percentagem de ácido galacturônico no material de parede celular.

3.5.4.4 Grau de esterificação

Foi empregado o método modificado por Lurie *et al.* (1994), segundo o qual se determinam as quantidades de ácido galacturônico na parede celular antes e depois da redução com boroidreto de sódio (NaBH₄).

Inicialmente foi realizada a determinação do conteúdo total de ácido galacturônico no material de parede celular. Em seguida, uma outra alíquota de amostra foi incubada por uma noite com solução alcoólica de NaBH₄ (10 mg/mL em etanol 50%). Depois de neutralizada com ácido acético, lavada três vezes com ácido

acético-metanol (1 : 9) e a seguir três vezes com metanol, com evaporação a cada etapa, a mistura de reação foi ressuspenida em ácido sulfúrico 67%. Na solução sulfúrica foi feita novamente a determinação colorimétrica de ácido galacturônico.

Através da incubação com NaBH_4 , os resíduos galacturonosil esterificados são convertidos a galactose deixando de reagir com meta-hidroxidifenil, e assim, a diferença no conteúdo de ácidos urônicos entre as amostras antes e depois da redução com NaBH_4 representa o teor de ácidos urônicos que continham metil ésteres. O cálculo do grau de esterificação foi feito de acordo com a expressão adotada por Magness *et al.* (1990): $\text{GE}(\%) = [(\text{ácidos urônicos totais antes da redução} - \text{ácidos urônicos totais após a redução}) / \text{ácidos urônicos totais antes da redução}] \times 100$.

3.5.4.5 Cálcio ligado à parede celular

O conteúdo de cálcio no material de parede celular foi determinado pela mesma técnica de absorção atômica, empregada para análise de cálcio total. Os resultados foram expressos em percentagem de cálcio no material de parede celular.

3.6 Delineamento experimental e análise estatística

Os experimentos 1 e 2 foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado com 7 tratamentos (estádios de desenvolvimento e maturação) e 4 repetições com 5 e 10 cajus por parcela. No estudo da caracterização física, cada caju foi considerado individualmente, enquanto que as análises físico-químicas, químicas e bioquímicas, bem como as de compostos de parede celular foram realizadas a partir de amostras compostas de todos os pedúnculos de cada parcela. Após análise de variância, quando constatada a significância pelo teste F, os tratamentos foram comparados através do teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade (Gomes 1987).

Foram feitas análises de correlação entre os resultados de firmeza e os de algumas características físico-químicas e químicas, além das atividades de PG e PME e compostos de parede celular.

O experimento 3 foi instalado em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 6, sendo 4 concentrações de cálcio e 6 épocas de amostragem (em dias de armazenamento).

As análises foram realizadas usando o software SISVAR versão 3.01. A partir dos resultados das análises de variância, e verificando-se a interação entre os fatores, o tempo foi desdobrado dentro de cada tratamento e os resultados submetidos a regressão polinomial, considerando-se equações de até 3º grau, de acordo com o proposto por Banzatto e Kronka (1992). O coeficiente de determinação mínimo para utilização das curvas foi de 0,70.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimento 1: Desenvolvimento e maturação de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76.

As análises de variância (Tabela 1A) revelaram efeito significativo dos tratamentos (estádios de desenvolvimento e maturação) para todas as características físicas avaliadas.

4.1.1 Pesos

O peso total (castanha + pedúnculo) e o peso dos pedúnculos aumentaram gradualmente com o avanço da maturação (Figura 6). Este comportamento foi semelhante ao encontrado por Alves *et al.* (1997) em estudo realizado com este mesmo clone em condições de sequeiro.

Os pesos médios totais encontrados por Pinto *et al.* (1997) e Moura (1998) para o clone CCP 76 no estágio 7, foram respectivamente 145,65 e 150,80 g, portanto, menores que o encontrado neste experimento, 178,64 g. Os principais fatores que, possivelmente, estejam relacionados com esta diferença são a época de colheita e a disponibilidade de água no solo, tendo em vista tratar-se de um pomar irrigado (Moura 1998).

A classificação de pedúnculos de caju *in natura* no Brasil tem por base o número de caju por embalagem de 550 a 600 g, que normalmente varia de 4 a 8 unidades. Considerando que a preferência do consumidor é por caju tipos 4 a 6, os mais adequados são aqueles que pesam no mínimo 100 g (Filgueiras *et al.* 1999). A característica de peso total encontrado neste experimento demonstra que o clone CCP 76 sob irrigação produz, em média, caju do tipo 4.

O peso médio do pedúnculo aumentou em aproximadamente 5 vezes do estágio inicial 1 para o estágio 7, sendo que o acréscimo mais acentuado ocorreu entre os estádios 6 e 7.

No que concerne ao peso da castanha, observou-se uma diminuição gradativa até o estágio 5, para em seguida aumentar ligeiramente, muito embora não tenha sido detectada diferença significativa entre os resultados a partir do estágio 2. A maior redução ocorreu entre os estádios 1 e 2 (Figura 6). Os resultados aqui encontrados são concordantes com os de Alves *et al.* (1999) em trabalho realizado com o clone CCP-76 em condições de sequeiro.

Thompson (1968) descreveu o desenvolvimento do caju, relatando uma fase inicial de rápido crescimento da castanha com pequeno desenvolvimento do embrião e pedúnculo. Numa segunda fase, castanha e pedúnculo crescem rapidamente, e na fase final a castanha, tendo atingido seu tamanho máximo, começa a perder água e peso, enquanto que o pedúnculo continua a crescer. Almeida *et al.* (1987) em trabalho realizado em cajueiro anão precoce em condições de sequeiro, verificaram que o pedúnculo tem um crescimento inicial lento que se torna intenso após a castanha atingir seu maior tamanho, que ocorre entre o 30º e o 36º dia após constatada a fecundação. Os resultados descritos neste experimento mostram que o comportamento do clone CCP 76 não difere do esperado. Os resultados do presente estudo estão de acordo com os de Augustin e Unnithan (1981), segundo os quais o aumento do pedúnculo ocorre nos estádios finais de maturação e é devido principalmente ao aumento no conteúdo de carboidratos e de água.

Figura 6 – Peso de caju do clone de cajueiro anão precoce CCP-76 durante o desenvolvimento e maturação.

4.1.2 Tamanho do pedúnculo

Os diâmetros basal e apical aumentaram gradualmente com o decorrer do desenvolvimento e maturação, de 3,31 cm e 2,66 cm para 6,41 cm e 4,90 cm, respectivamente (Figura 7).

Figura 7- Diâmetros e comprimento de pedúnculo de cajueiro anão precoce CCP- 76 durante o desenvolvimento e maturação.

O diâmetro basal não apresentou variação significativa entre os estádios 4 e 5, e nem entre os estádios 6 e 7.

O comprimento do pedúnculo permaneceu praticamente constante até o estágio 3, para em seguida aumentar gradualmente até o estágio 7, onde atinge 1,25 vezes o comprimento do estágio inicial (Figura 7). Comportamento semelhante foi observado por Alves *et al.* (1999) em trabalho realizado com o clone CCP-76 em condições de sequeiro.

Moura (1998) verificou que o formato do pedúnculo do clone CCP 76 e suas dimensões, guardam uma relação em torno de $1,2 \pm 0,2$ quando diminui-se o diâmetro basal (DB) do comprimento (C) e o diâmetro apical (DA) do diâmetro basal (DB), ou seja, $C-DB/DB - DA \approx 1,2 \pm 0,2$. O resultado encontrado neste experimento foi de 1,21, portanto, dentro da faixa sugerida por Moura (1998). Com essa proporcionalidade, tendo-se o formato piriforme do CCP 76 como padrão e a

facilidade que se encontra para acondicionar os caju com este formato nas bandejas para comercialização *in natura*, Moura (1998) sugere que podem ser feitas inferências sobre outros clones.

4.1.3 Pigmentos

A coloração externa, como exposto anteriormente, foi o critério usado para classificação dos pedúnculos segundo o estágio de desenvolvimento e maturação, tendo em vista que as alterações dessa característica são bem evidentes. Pelos resultados obtidos evidenciou-se uma queda acentuada no conteúdo de clorofila total, paralelo a um aumento gradual nos teores de carotenóides totais e antocianinas totais durante o desenvolvimento e maturação (Figura 8).

Os pedúnculos no estágio 1 apresentaram teor médio de clorofila total, 53,26 mg/100 g de película fresca, enquanto que no último estágio apresentaram apenas 6,2 mg/100 g de película fresca. Isto representa uma redução de 87,8% no conteúdo de clorofila total na película do pedúnculo.

Vale ressaltar que, embora tenha sido detectada a presença de clorofila no estágio final de maturação, visualmente a cor verde nesse estágio é imperceptível, provavelmente devido à presença mais marcante de outros pigmentos, principalmente as antocianinas.

Em trabalho realizado com pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 irrigado, Alves *et al.* (1999) registraram comportamento semelhante ao obtido neste experimento, porém os valores encontrados por aqueles autores não ultrapassam a 2 mg/100 g até mesmo para o estágio verde. Isto se deve, provavelmente, a análise de clorofila total ter sido realizada na polpa e não na película como observado neste experimento.

O conteúdo de antocianinas totais aumentou com o avanço da maturação (Figura 8). Observa-se uma síntese lenta nos três primeiros estágios, para praticamente dobrar o teor no estágio 4 e atingir o máximo no estágio 7. Estatisticamente, não se encontrou diferença significativa entre os estágios 5, 6 e 7. O rápido acúmulo destes pigmentos nos estágios finais de maturação, proporcionou uma aparência atrativa, característica do pedúnculo maduro.

Moura (1998), em trabalho realizado com vários clones de cajueiro anão-precoce, encontrou para pedúnculos maduros do CCP-76 um valor para antocianinas totais de 37,38 mg /100 g, superior ao obtido neste ensaio (21,48 mg/100g). Esta diferença pode ser atribuída a diversos fatores que, segundo Sistrunk e Morris (1985), além da maturidade, as condições ambientais, injúrias, temperatura e principalmente luminosidade, têm influência sobre a coloração dos frutos.

De modo geral, o teor de antocianinas encontrado na película do pedúnculo maduro de caju é baixo se comparado com outros frutos, que são inclusive indicados como corantes, tais como açaí que contém 336 mg/100 g e a juçara, com 1.347 mg /100 g (laderozat *et al.* 1992).

As alterações na cor dos frutos podem advir de processos de síntese, degradação ou de ambos (Mattoo *et al.* 1975). Com o avanço da maturação, a atividade fotossintética diminui e a clorofila é degradada. Os carotenóides associados com a clorofila podem ser degradados concomitantemente ou alternativamente, a concentração ser mantida ou mesmo aumentada. Esta mudança está correlacionada com a degeneração de cloroplastos em cromoplastos, induzida pela interação de diferentes fitohormônios, dentre eles o etileno. De um modo geral, os carotenóides são sintetizados *de novo* e normalmente aparecem como ésteres de ácidos graxos que se acumulam principalmente dentro dos plastoglóbulos no cromoplasto. Entretanto, o amadurecimento não envolve necessariamente a carotenogênese (Minguez - Mosquera e Gallardo – Guerrero 1995).

Durante o desenvolvimento e maturação do pedúnculo de caju, o conteúdo de carotenóides totais aumentou gradualmente. Até o estágio 2 sua síntese ocorreu de forma lenta. Após este estágio, apresentou um rápido acúmulo, atingindo o valor máximo no estágio 7, que teve valor semelhante ao estágio 6 (Figura 8).

Do ponto de vista químico, os pigmentos carotenóides são derivados isoprênicos e podem apresentar cor laranja, amarela ou vermelha. Podem estar presentes nos frutos, tornando-se visíveis pela degradação da clorofila, ou acúmulo simultâneo com a degradação desta (Chitarra e Chitarra 1990), como parece ser o caso do caju, posto que mesmo com o desaparecimento da cor verde, evidenciado a partir do estágio 3, o teor de carotenóides totais continua a aumentar.

Figura 8 – Clorofila total (A), carotenóides totais (B) e antocianinas totais (C) de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 durante o desenvolvimento e maturação.

Cecchi e Rodriguez–Amaya (1981) encontraram uma variação de 37,5 a 107,5 mg/100 g de carotenóides totais em pedúnculos maduros, sendo estes valores em média maiores que os encontrados neste ensaio. Mangels *et al.* (1993) ressaltam que os níveis desses pigmentos podem ser influenciados pela estação do ano, localização geográfica, condições de colheita, além de outros fatores.

A distinção marcante de cor constatada pela observação visual, aliada às diferenças significativas de valores encontrados analiticamente para as medidas de pigmentos durante o desenvolvimento e maturação, fazem deste parâmetro adequado para a avaliação do grau de maturidade do pedúnculo de caju.

4.1.4 Amido

O teor de amido decresceu gradualmente conforme o estágio de maturação, de 5,43% no estágio 1 para 1,50% no estágio 7 (Figura 9). Comportamento semelhante foi observado por Maia *et al.* (1971) em trabalho realizado com pedúnculo de cajueiro comum. Esteves (1981), estudando o comportamento de seis variedades de goiaba durante o período de maturação e amadurecimento, verificou constante decréscimo no teor de amido de 5% nos estádios iniciais para níveis de 0,55 a 0,73% nos frutos maduros e ao mesmo tempo um aumento no conteúdo de glicídeos. O autor concluiu que a hidrólise do amido foi um dos fatores responsáveis pelo acréscimo acentuado nos teores de glicose.

Dilley (1970) relata que a degradação do amido durante o amadurecimento é tida como importante fonte de SST nos frutos, e segundo Goodwin e Mercer (1983), responsável em maior parte pelo aumento no teor de açúcares solúveis (glicose, frutose e sacarose). A análise de correlação entre amido e firmeza (Tabela 2), mostrou-se positiva e significativa, $R = 0,951$ ($P < 0,01$), quando se consideram todos os estádios fisiológicos de maturação. Isto indica que os pedúnculos com o teor de amido mais alto são em geral mais firmes.

4.1.5 SST e açúcares

Houve variação significativa ($P < 0,01$) para os atributos SST e açúcares nos diferentes estádios de desenvolvimento e maturação. O aumento no teor de SST durante o desenvolvimento e maturação foi contínuo, partindo-se de 6,49°Brix no estágio 1, para 12,44°Brix no estágio 7 (Figura 9). Alves *et al.* (1999) em trabalho realizado com o clone CCP-76 irrigado, registraram aumentos progressivos de SST ao longo dos estádios de desenvolvimento e maturação, atingindo valores superiores a 11°Brix.

O acréscimo em SST em decorrência do avanço da maturação e amadurecimento é um comportamento mostrado pela maioria dos frutos durante a maturação. Porém a magnitude do acúmulo dessas substâncias varia com a espécie e cultivares (Andrade 1991).

O efeito do estágio de maturação sobre o teor de SST no pedúnculo de caju foi altamente significativo apresentando baixo coeficiente de variação e uma significativa definição dos sete estádios de desenvolvimento e maturação. Este comportamento propicia a adoção do conteúdo de SST como um indicador de maturidade do caju.

As variações nos teores de açúcares redutores (AR) representados pela Figura 9, foram muito semelhantes às de SST. A concentração de AR mais do que duplicou entre o primeiro e o último estádios, representando cerca de 75% dos SST.

Os dados obtidos para sacarose ao longo do desenvolvimento e maturação confirmam os registros da literatura segundo os quais verifica-se uma percentagem muito baixa de açúcares não-redutores, apresentando uma pequena variação ao longo da maturação. Este comportamento ratifica o estudo de Price *et al.* (1975), em trabalho desenvolvido com pedúnculos de cajueiro comum, segundo o qual a glicose, seguida de frutose são os dois principais açúcares presentes no pedúnculo de caju (Figura 9).

Figura 9 – Amido (A), sólidos solúveis totais (B), açúcares redutores (C) e sacarose (D) de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 durante o desenvolvimento e maturação.

Tabela 2 – Matriz de correlação entre firmeza da polpa e características físico-químicas e químicas de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 durante o desenvolvimento e maturação.

Fator	Firmeza	Peso do pedúnculo	Amido	Pectina solúvel em água	Sólidos insolúveis em álcool	Material de parede celular	Cálcio total	Cálcio insolúvel
Peso do pedúnculo	-0,826**							
Amido	0,951**	-0,939**						
Pectina solúvel em água	-0,871**	0,987**	-0,957**					
Sólidos insolúveis em álcool	0,975**	-0,897**	0,983**	-0,920**				
Material de parede celular	0,974**	-0,881**	0,985**	-0,913**	0,992**			
Cálcio total	0,985**	-0,856**	0,974**	-0,901**	0,989**	0,996**		
Cálcio insolúvel	0,979**	-0,861**	0,977**	-0,902**	0,988**	0,998**	0,999**	
Cálcio solúvel/cálcio total	-0,897**	0,931**	-0,976**	0,948**	-0,951**	-0,968**	-0,948**	-0,959**

** = F significativo ao nível 1% de probabilidade.

4.1.6 pH e Acidez total titulável

As variações de pH e ATT durante o desenvolvimento e maturação dos pedúnculos são mostradas na Figura 10.

A acidez total titulável mostrou um aumento de 0,23% de ácido málico no estágio 1 para 0,31% no estágio 5, para em seguida diminuir para 0,29% no estágio 6 e permanecer constante no estágio 7. As diferenças entre os estádios 2 e 7 não foram significativas.

Os pedúnculos no estágio 1 apresentaram pH mais alto. A variação de pH observada com o decorrer do desenvolvimento e maturação do pedúnculo mostrou-se pequena, de 4,94 no estágio 1 a 4,36 no estágio 5, com leve aumento para 4,53 no estágio 7. Segundo Andrade (1991), devido as suas características biológicas, os frutos normalmente mantêm uma relativa estabilidade no pH, independentemente das reações metabólicas associadas com a maturação e amadurecimento. Nesse sentido, Menezes (1996) relata que a explicação mais lógica para a pouca variação observada no pH de um fruto pode ser dada pela própria natureza dos ácidos predominantes na seiva vacuolar das células do fruto. Estes ácidos são di e tri-básicos e mostram valores múltiplos de pK e capacidade tamponante numa faixa ampla de pH.

4.1.7 Relação SST/ATT

À medida que evoluiu o desenvolvimento e maturação do pedúnculo de caju, a relação SST/ATT foi aumentando, de 28,27 até 43,61, notadamente devido ao aumento contínuo dos SST e a relativa estabilidade da ATT (Figura 11). Segundo Ochei *et al.* (1993), mudanças em sólidos solúveis totais nem sempre correspondem a mudanças na acidez.

Alves *et al.* (1999) em trabalho realizado com pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 irrigado, também observaram um aumento contínuo desta relação, a exemplo do observado para muitos frutos, como uva (Lima 1998), pêssegos (Ochei *et al.* 1993) e outros.

A relação SST/ATT é um dos índices mais utilizados para avaliar a maturação dos frutos. Apesar de ser uma característica relativa, em muitos frutos o equilíbrio entre ácidos orgânicos e açúcares é utilizado como critério de avaliação do sabor (Chitarra e Chitarra 1990). Este experimento mostrou, portanto, que o ponto ideal de colheita do caju é atingido no estágio 7, que coincide com o maior valor da relação SST/ATT.

Figura 10 – pH (A) e acidez total titulável (B) de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 durante o desenvolvimento e maturação.

Figura 11 – Relação SST/ATT de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 durante o desenvolvimento e maturação.

4.1.8 Vitamina C total

Houve diferença significativa no teor de vitamina C total durante o desenvolvimento e maturação. Aumento contínuo foi observado com o decorrer do amadurecimento (Figura 12). O estágio 7 apresentou teor mais elevado do que o estágio 1 em aproximadamente 6 vezes. As maiores atividades de síntese ocorreram após o estágio 3 que reflete o início da maturação, até o final do amadurecimento.

O aumento na concentração de vitamina C total durante a maturação foi acompanhado por um incremento no conteúdo de açúcares redutores totais (discutido anteriormente). Segundo Menezes (1996), o ácido ascórbico é, estruturalmente, um dos componentes vitamínicos mais simples encontrados em plantas. É uma lactona de açúcar ácido que é sintetizada em plantas a partir de glicose ou outros carboidratos simples.

O comportamento observado neste experimento para os teores de vitamina C total, é bastante semelhante àquele relatado por Alves *et al.* (1999) em trabalho realizado com pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 irrigado, concentrações médias de 28,41 e 135,98 mg/100 g de polpa para os estádios 1 e 7, respectivamente. As diferenças entre os teores encontrados por estes autores e os deste experimento, podem ser atribuídos à localização dos plantios, em climas e

regiões distintas, diferentes tratos culturais, tipos de solos e uso ou não de irrigação (Moura Fé *et al.* 1972, Ortiz e Arguello 1985, Barros *et al.* 1993).

Figura 12 – Vitamina C total de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 durante o desenvolvimento e maturação.

4.1.9 Compostos fenólicos

A tendência observada no conteúdo de compostos fenólicos durante o desenvolvimento e maturação foi de pequenas variações, exceto para a fração polimérica, na qual se encontrou um aumento gradual até o estágio 7 (Figura 13).

Alves *et al.* (1999) encontraram conteúdo de compostos fenólicos estável durante o desenvolvimento e maturação de pedúnculos do clone CCP-76, embora não se tenham feito comentários sobre as frações dímeras e oligoméricas. Sondhi e Pruthi (1980) e Augustin e Unnithan (1981) relatam que existe uma tendência de decréscimo significativo no conteúdo de compostos fenólicos durante o desenvolvimento e maturação do pedúnculo de caju. Apesar dos resultados encontrados pelos autores citados, no presente experimento as alterações no teor de compostos fenólicos durante o desenvolvimento e maturação podem ser descritas como segue: aumento na fração polimérica de 0,07 para 0,24%, estabilidade dos dados relativos à fração dímera e leve decréscimo na fração oligomérica de 0,32 para 0,29%. Estes dados concordam em parte com o relato de Ozawa *et al.* (1987), segundo os quais a adstringência dos frutos verdes ou imaturos

é uma consequência da presença de fenólicos de peso molecular intermediário, mas o conteúdo destes compostos é reduzido durante o amadurecimento devido a processo de complexação e polimerização.

Figura 13 – Compostos fenólicos poliméricos, oligoméricos e dímeros de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 durante o desenvolvimento e maturação.

Os resultados desta pesquisa tornaram evidente para o caju que, muito embora o conteúdo de compostos fenólicos oligoméricos encontrado não tenha sofrido uma redução considerável com a maturação, o aumento do grau de polimerização dos compostos fenólicos durante o desenvolvimento e maturação os torna menos reativos e contribui para a palatabilidade do pedúnculo, uma vez que este se torna macio e pouco adstringente quando completamente maduro.

Ozawa *et al.* (1987) sugeriram que em alguns casos os compostos fenólicos são imobilizados pela complexação com fragmentos de pectina solúvel em água resultante da degradação enzimática das paredes celulares no amaciamento do fruto, formando fracos complexos.

Foo e Porter (1981) relata como mais plausível para a adstringência, a visão de que ela seria mascarada por níveis mais altos de açúcares em frutos maduros, sem que houvesse uma diminuição real na concentração dos teores de compostos fenólicos adstringentes. Goldstein e Swain (1963) afirmam também que é naturalmente possível que algum catabolismo de compostos fenólicos ocorra no

amadurecimento de frutos, mas deveria ser lembrado que esses compostos são mais resistentes à degradação pelas enzimas do que a maior parte dos outros constituintes celulares.

4.1.10 Atividade de enzimas oxidativas

Durante o desenvolvimento e maturação do pedúnculo de caju, verificou-se aumento progressivo da atividade da enzima polifenoloxidase-PPO (Figura 14).

Até o estágio 3, este aumento foi lento (de 53,33 UAE/min/g para 67,25 UAE/min/g), sofrendo um grande impulso no estágio 5, culminando com o máximo de atividade no estágio 7 (163,33 UAE/min/g). No período compreendido entre os estádios 4 e 7, o acréscimo de atividade da PPO foi especialmente acentuado, coincidindo com a fase de início do amaciamento do pedúnculo e das mudanças metabólicas que conduzem ao seu completo amadurecimento. No estágio 7, a atividade da PPO foi equivalente ao triplo daquela observada no estágio 1.

O aumento da atividade da PPO durante a maturação foi observado em batatas (Mondy *et al.* 1960) e em uva da cultivar Chardonnay (Yokotsuga *et al.* 1988), porém a diminuição com a maturação foi observada em bananas (Weaver e Charley 1974), mangas (Joshi e Shiralkar 1977) e maçãs (Prabha e Patwardhan 1985). A atividade da PPO é consideravelmente influenciada por diversos fatores, especialmente a variedade, estágio de desenvolvimento e condições ambientais (Sapis *et al.* 1983a).

O potencial de escurecimento difere segundo a cultivar, devido às diferenças na natureza, na quantidade de PPO e nos substratos apropriados presentes (Lamikanra 1988). Em uvas, é possível distinguir cultivares com altos e baixos níveis de PPO, ou seja, sensíveis ou resistentes ao escurecimento, respectivamente (Sapis *et al.* 1983b; Lee e Jaworski 1988).

O experimento com pedúnculos de caju, mostrou a ocorrência de um considerável conteúdo de compostos fenólicos. Segundo Sastry *et al.* (1962), a catequina e os ácidos gálico, cafeico, protocatécico são os especialmente encontrados, constituindo-se como substratos em potencial para a PPO. Dado a alta atividade da PPO, sobretudo no pedúnculo maduro, sugere-se a participação desta enzima, contribuindo para o escurecimento do pedúnculo após exposição dos

tecidos ao ar, e de seus produtos derivados. Awad (1993) cita que a quebra da integridade física do fruto acelera a oxigenação dos tecidos e coloca as PPO, os fenóis e as outras proteínas além das enzimas em contato direto, acelerando as reações químicas e a formação de melaninas.

Coseteng e Lee (1987) em trabalho realizado com maçãs, verificaram que em virtude da complexidade dos substratos e a possível modificação das enzimas, não tem sido possível concretamente relacionar o escurecimento com os fenólicos totais e atividade de enzima. Em bananas, a variação no escurecimento dos tecidos danificados está relacionada com os níveis de ascorbato e dopamina, mais do que com a atividade da PPO (Weaver e Charley 1974). Segundo Robinson (1991) assim como com os substratos da peroxidase, há uma grande diversidade de produtos formados pela oxidação catalisada por esse grupo de enzimas, o que torna difícil associar as modificações percebidas após a colheita com reações químicas específicas. Sendo assim, para o caju sugere-se que investigações outras sejam realizadas no sentido de determinar as características das isoenzimas e as condições sob as quais elas são mais ativas.

O pico de atividade de POD foi observado no estágio 1 (26,39 UAE/min/g), não havendo variação no estágio 2, para em seguida decrescer acentuadamente até o estágio 4 (13,27 UAE/min/g), permanecendo constante até o pedúnculo tornar-se completamente maduro. A atividade da POD no estágio 7 correspondeu aproximadamente à metade da observada no estágio 1 (Figura 14). Civello *et al.* (1995) encontraram um marcante decréscimo da atividade desta enzima ao longo do curso do amadurecimento de morangos.

Segundo Gaspar *et al.* (1986) as peroxidases parecem estar localizadas em todas as partes e organelas da célula, embora possam variar em número e atividade com as mudanças fisiológicas. Segundo Fox (1991), mono e dihidroxifenóis e complexos com o ácido clorogênico parecem ser substratos essenciais para as POD. Zapata *et al.* (1985), porém, enfatizam que para as POD agirem sobre os flavonóis e antocianinas é necessário a ação prévia de α e β -glicosidases para a remoção dos açúcares dos glicosídeos, a fim de liberar as agliconas fenólicas, que são consideradas substratos verdadeiros da enzima. Os resultados aqui encontrados para as atividades da POD e PPO durante o desenvolvimento e

maturação do pedúnculo de caju, parecem concordar com a afirmação de Cheftel e Cheftel (1976), segundo a qual a POD e a PPO são as responsáveis, respectivamente, pela primeira e segunda etapas enzimáticas do processo de escurecimento.

Figura 14 – Atividade de enzimas oxidativas de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 durante o desenvolvimento e maturação.

4.1.11 Firmeza da polpa e pectinas

A variação na firmeza da polpa dos pedúnculos de caju durante o desenvolvimento e maturação está mostrada na Figura 15. Observou-se uma redução acentuada na firmeza na medida em que os pedúnculos avançavam sua maturação, atingindo cerca de 87% no estágio final (estádio 7).

Figura 15 – Firmeza (A), pectinas total (B), solúvel (C) e percentual de solubilização (D) de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 durante o desenvolvimento e maturação.

Os trabalhos encontrados na literatura não descrevem sobre estudo de maturação de pedúnculos de caju com relação à firmeza da polpa, e sim a dados isolados de firmeza de pedúnculos maduros. Como exemplos, podem ser citados o trabalho de Moura (1998) que encontrou para o clone CCP-76 irrigado, firmeza de 5,83N e o de Pinto *et al.* (1997) cujo valor médio obtido para o mesmo clone cultivado em regime de sequeiro foi de 9,5 N. Para o presente estudo, encontrou-se valor médio de 8,51 N, o que se enquadra na faixa obtida pelos autores citados.

A firmeza do pedúnculo é, sem dúvida, um importante critério para determinação do valor comercial de cajus *in natura*, visto que ela se associa a uma boa qualidade nutritiva e sensorial e a uma maior vida pós-colheita.

Houve variação significativa ($p < 0,01$) nos teores de pectina total durante o desenvolvimento e maturação, observando-se um decréscimo até o estágio 4, para em seguida permanecer constante até o final do processo (Figura 15).

De um modo geral, houve uma pequena variação nos teores de pectina solúvel durante o desenvolvimento e maturação, apesar de os valores encontrados nos estádios 5 e 6 serem significativamente diferentes ($p < 0,05$) do estágio 1 (Figura 15).

Ao se avaliar a percentagem de solubilização de pectinas (Figura 15), observa-se que nos três primeiros estádios praticamente não houve variação, porém verificou-se aumento significativo entre os estádios 3 e 4 que coincide com o maior aumento da atividade de poligalacturonase.

Na Tabela 3 são apresentados os coeficientes de correlação entre a firmeza da polpa e as características químicas e bioquímicas dos pedúnculos.

Tabela 3 – Matriz de correlação entre firmeza e características químicas e bioquímicas de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 durante o desenvolvimento e maturação.

Fator	Firmeza	Pectina total	Solubilidade de pectinas	Pectinametilesterase
Pectina total	0,900**			
Solubilidade de pectinas	-0,828*	-0,966**		
Pectinametilesterase	-0,861**	-0,851*	0,799*	
Poligalacturonase	-0,817*	-0,968**	0,997**	0,784*

* e ** = F significativo ao nível de 5 e 1%, respectivamente.

Comparando-se os resultados de pectina total com os de firmeza, observa-se que houve alta correlação positiva entre eles, com $R = 0,900$ ($P < 0,01$), indicando que quanto menor o conteúdo de pectina total menor será a firmeza dos pedúnculos (Tabela 3).

Segundo Malis–Arad *et al.* (1983), já foi constatado que a solubilização de pectinas não é o único fator que afeta a firmeza, ou que diferencia frutos firmes de macios. Além disso, os autores citam que a associação entre pectinas e outros polímeros pode afetar sua sensibilidade à solubilização. Portanto, o estudo da solubilidade de pectinas não deve ser dissociado dos outros constituintes da parede celular e suas possíveis interações.

Quando se observa o valor do coeficiente de correlação entre percentagem de solubilização de pectinas e firmeza (Tabela 3), a associação entre estas duas variáveis torna-se mais nítida, evidenciando-se a importância da solubilização da pectina na diminuição da firmeza de pedúnculos de caju, embora não seja o único fator envolvido.

É importante ressaltar que, apesar de a partir do estágio 4 não ter ocorrido aumento significativo no percentual de solubilização de pectinas, os pedúnculos continuaram amaciando, embora lentamente. Similarmente ao ocorrido com tomates (Shackel *et al.* 1991; Giovannoni *et al.* 1989), o amaciamento dos pedúnculos pode ser atribuído, provavelmente à perda de turgor e também ao rompimento das ligações entre os polímeros sem que tenha havido despolimerização.

Comparando-se os resultados de pectina solúvel em água no pedúnculo integral com os encontrados nos sólidos insolúveis em álcool – SIA, observa-se que quando se parte dos SIA há um aumento gradual desta mesma fração pectica (Figura 16).

Considerando-se o comportamento do percentual de solubilização de pectinas crescente com o estágio de maturação, ratificado pelo aumento gradual das pectinas solúveis em água dos SIA, observa-se uma redução da firmeza do pedúnculo e sua estreita correlação com a atividade das enzimas pectinametilesterase e poligalacturonase. Este fato concorda com o relato de Seymour *et al.* (1987), segundo o qual na maioria dos frutos a hidrólise das substâncias pecticas aumenta com o amadurecimento, num processo atribuído à ação das enzimas PME e PG.

Figura 16 - Pectina solúvel em água de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 durante o desenvolvimento e maturação.

4.1.12 Atividade de enzimas pectinolíticas

A atividade da PME foi constante nos dois primeiros estádios de desenvolvimento, elevando-se no estágio 3 em 34,20% para em seguida sofrer pequenas oscilações, não significativas, até o completo amadurecimento do pedúnculo no estágio 7 (Figura 17).

Segundo Awad (1993), a atividade da PME pode aumentar, diminuir ou permanecer constante durante a maturação, dependendo do tipo de fruto.

Os resultados obtidos para atividade de PME neste experimento podem ser comparados aos de Lanzas *et al.* (1995), em trabalho realizado com mamões, em que os autores mostram que ocorre início da queda na firmeza dos frutos quando a PME encontra-se em aproximadamente 2/3 de sua atividade máxima. No caso do pedúnculo de caju houve uma queda na firmeza de 65,63 N no estágio 1 para 24,10 N no estágio 3.

Em muitos frutos, como pêssgo, pêra, abacate, tomate, dentre outros, o amaciamento tem sido associado com o aumento da atividade da PG, acompanhado de um aumento das pectinas solúveis (Brett e Waldron 1990).

Semelhante comportamento foi observado por Cutillas-Iturralde *et al.* (1993) em caqui, cujo amaciamento ocorrido durante o desenvolvimento do fruto foi atribuído à

ação de hidrolases de parede celular. As enzimas que degradam as pectinas têm recebido muita atenção como agentes causais em potencial do amaciamento do fruto quando do seu amadurecimento. A solubilização de poliuronídeos é geralmente atribuída à ação de endopoligalacturonase, que aparece em muitas espécies de frutos próximo ao início do amadurecimento.

A função da PME no processo de amaciamento de frutos é desmetilar o C₆ de cada unidade de protopectina, possibilitando o reconhecimento pela PG (Cheftel e Cheftel 1982). Portanto, a atividade da PME deve preceder à atividade da PG, no sentido de facilitar a atividade desta última (Pressey 1977; Huber 1983; Jen e Robinson 1984). De acordo com os autores, a PG teria maior afinidade pelo substrato linear, desesterificado, após a atuação da PME. Essa hipótese pode ser comprovada com os resultados deste experimento com caju, em que a atividade da PME se elevou no estágio 3, enquanto que a atividade da PG só mostrou elevação a partir do estágio 4.

A atividade da PG apresentou-se praticamente constante nos três primeiros estádios de maturação, elevando-se em 52,45% no estágio 4 para em seguida oscilar ligeiramente até o completo amadurecimento do pedúnculo, atingido no estágio 7 (Figura 17).

O pico da atividade da PG coincide com o aumento brusco, de 17,51%, na solubilização de pectinas. A atividade da PG mais alta resultou em maior solubilização de pectinas, embora a partir do estágio 4 não tenha sido detectada variação significativa. Este fato parece, em parte, justificar o envolvimento das enzimas PME e PG no processo de amaciamento do pedúnculo de caju.

A associação dessas enzimas com a perda de firmeza de pedúnculos de caju, parece torna-se mais evidente, quando se observam os resultados de coeficiente de correlação entre as atividades de PME e de PG com a solubilização de pectinas (Tabela 3).

Comparando-se os resultados de firmeza com os de atividade de PME, observa-se que houve alta correlação negativa entre eles, com $R = -0,861$ ($P < 0,01$). Similarmente à PME, a PG mostrou também alto coeficiente de correlação negativa $R = -0,817$ ($P < 0,05$) quando comparado com os valores de firmeza. Isto indica que, quanto menor a atividade das enzimas citadas, mais firme o pedúnculo, o

que confirma a hipótese inicial de uma possível ação conjunta das enzimas pectinametilesterase e poligalacturonase na transformação das substâncias pécicas durante o desenvolvimento e maturação de pedúnculo de caju. Essas enzimas, quando as atividades foram comparadas, mostraram alto coeficiente de correlação positivo, com $R = 0,784$ ($P < 0,05$) (Tabela 3).

Figura 17 – Atividade de enzimas pectinolíticas em pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 durante o desenvolvimento e maturação.

4.1.13 Cálcio

O conteúdo de cálcio total decresceu gradualmente ao longo do desenvolvimento e maturação do pedúnculo de caju, de 28,34 mg/100 g de matéria seca no estágio 1 para 10,79 mg/100 g da matéria seca no estágio 7, o que

representou uma redução de aproximadamente 62%. A partir do estágio 4 não houve diferença significativa entre os resultados (Figura 18).

O percentual de solubilização de cálcio aumentou gradualmente ao longo do desenvolvimento e maturação do pedúnculo, de 26,08% no estágio 1 para 60,60% no estágio 7. A partir do estágio 4, a exemplo do que ocorreu para cálcio total, não houve diferença significativa (Figura 18). Portanto, a solubilização do cálcio deu-se anteriormente ao amadurecimento do pedúnculo. Este processo, segundo Suwwan e Poovaiah (1978), pode ter um papel na inicialização do amolecimento dos frutos em amadurecimento. No tomate, conforme Rigney e Wills (1981), o cálcio é solubilizado durante os estádios iniciais de desenvolvimento.

Comparando-se os resultados de solubilização de cálcio com os de firmeza (Tabela 3), observa-se que houve alta correlação negativa entre eles, com $R = -0,897$ ($P < 0,01$). Isto indica que os pedúnculos com o percentual de solubilização de cálcio mais alto são em geral mais macios.

Durante o período de desenvolvimento e maturação do pedúnculo de caju, o teor de cálcio insolúvel decresceu notadamente até o estágio 4, para a partir de então tornar-se praticamente constante até o final do amadurecimento (Figura 18). Alguns autores registraram declínios de cálcio em tomate, supostamente ligado às paredes celulares, antes do início do amadurecimento ou por ocasião deste (Suwwan e Poovaiah 1978; Rigney e Wills 1981).

Quando se observam os resultados da análise de correlação entre cálcio insolúvel e firmeza (Tabela 3), a associação torna-se mais nítida, evidenciando a importância do cálcio para a integridade física do pedúnculo de caju.

Figura 18 – Cálcio total (A), solubilização de cálcio (B) e cálcio insolúvel (C) de pedúnculo de cajueiro anão precoce CCP-76 durante o desenvolvimento e maturação.

4.2 Experimento 2: Alterações dos componentes da parede celular de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 durante o desenvolvimento e maturação

É inegável a importância do estudo da qualidade de um fruto durante a maturação, e que seja acompanhado da avaliação do comportamento dos componentes estruturais da parede celular, como forma de se investigar o mecanismo responsável pela manutenção da estrutura dos polissacarídeos relacionados com a firmeza, além de outros constituintes inerentes ao material de parede celular. Nesse sentido, apesar do pedúnculo de caju amaciar intensivamente durante o amadurecimento, a literatura não registra nenhum trabalho que vise caracterizar as mudanças nos polímeros de parede celular durante este processo.

4.2.1 Rendimento do material de parede celular

O conteúdo do material de parede celular (MPC) mostrou uma diminuição gradual com o avanço do desenvolvimento e maturação do pedúnculo de caju (Figura 19). O teor de MPC encontrado no estágio 1 (41,31% MS) foi aproximadamente 3,5 vezes superior ao obtido no estágio 7 (11,20% MS).

Figura 19 – Rendimento do material de parede celular de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 durante o desenvolvimento e maturação.

De acordo com Menezes (1996), o comportamento do material de parede celular durante a maturação de frutos é bastante diferente entre as espécies. Em mangas por exemplo, Mitcham e McDonald (1992) verificaram redução de 21,5 mg.g⁻¹ de peso fresco no estágio de maturação verde maturo para apenas 10,9 mg.g⁻¹ no estágio supermaduro.

A análise de correlação entre MPC e firmeza, mostrou-se positiva e significativa, com $R = 0,974$ ($P < 0,01$), quando se consideram todos os estádios de desenvolvimento e maturação (Tabela 4). Isto indica que os pedúnculos com MPC mais altos são em geral mais firmes, embora este não seja o único fator envolvido.

Tabela 4 – Matriz de correlação entre firmeza e características de parede celular de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 durante o desenvolvimento e maturação.

Fator	Firmeza	Material de parede celular	Uronídeos totais	Grau de esterificação	Cálcio ligado	Celulose
Material de parede celular	0,974**					
Uronídeos totais	-0,946**	-0,986**				
Grau de esterificação	-0,915**	-0,900**	0,882**			
Cálcio ligado	0,487 ^{ns}	0,297 ^{ns}	-0,181 ^{ns}	-0,368 ^{ns}		
Celulose	0,176 ^{ns}	0,266 ^{ns}	-0,304 ^{ns}	-0,028 ^{ns}	-0,265 ^{ns}	
Hemicelulose	-0,278 ^{ns}	-0,256 ^{ns}	0,111 ^{ns}	0,373 ^{ns}	-0,456 ^{ns}	0,257 ^{ns}

** e ^{ns} = F significativo ao nível de 1% e não significativo, respectivamente.

Comparando-se os resultados de rendimento de material de parede celular com os de cálcio total, observa-se que houve alta correlação positiva entre eles, com $R = 0,998$ ($P < 0,01$) (Tabela 2).

4.2.2 Grau de esterificação de pectinas

O grau de esterificação manteve-se praticamente constante durante o desenvolvimento e maturação do pedúnculo de caju, não apresentando portanto, variação significativa entre os estádios de maturação (Tabela 11 A).

Em tomate, segundo Filgueiras (1996), o grau de esterificação de pectinas varia consideravelmente em função do método empregado e da cultivar analisada. Pressey e Avants (1982) afirmam que as pectinas da parede celular de tomates têm

47% de esterificação no estágio verde maduro e permanecem assim até o final do amadurecimento.

Os resultados encontrados neste experimento para GE, levando-se em consideração a ocorrência de um discreto aumento dos valores médios com o amadurecimento, embora não significativos, sugerem que não se pode descartar a possibilidade de atuação da PME durante o amadurecimento de pedúnculos com implicações no amaciamento, mesmo porque foi encontrado um coeficiente de correlação altamente significativo e inverso entre a atividade de PME e a firmeza quando observados os valores no pedúnculo como um todo. Entretanto, segundo Ahmed e Labavitch (1980), a atividade de PME está presente durante o desenvolvimento e maturação de frutos e, frequentemente, não mostra correlação com o processo de amaciamento.

Fry (1986) sugeriu que um dos papéis da PME no tecido vivo seria catalisar reações de transesterificação, gerando grupos carboxílicos livres para formar ligações éster com hidroxilas de açúcares neutros. O uronoil-éster assim formado manteria o polímero ligado à parede ao invés de torná-lo mais solúvel.

O resultado médio encontrado para GE em pedúnculos completamente maduros (27,33%) é compatível com o encontrado por Nwanekezi *et al.* (1994) em trabalho realizado com caju, que foi de 25,93%. Os autores também trabalharam com outros frutos tropicais visando a caracterização das substâncias pécticas e encontraram resultados para o grau de esterificação que se situavam em duas faixas distintas, uma entre 60-75% e outra entre 20-45% de esterificação. Com base nesta classificação, as substâncias pécticas do pedúnculo de caju isoladas neste estudo, podem ser consideradas como de baixo grau de esterificação, a exemplo das pectinas de frutos tais como *Clysophyllum aldidium*, 8,68%; laranja (*Citrus sinensis*), 36,37%; goiaba (*Psidium guajava*), 40,26%.

Os dados relativamente inalterados de grau de esterificação ao longo do desenvolvimento e maturação parecem estar correlacionados com a solubilização de pectinas relativamente baixa. Este comportamento é compatível com o encontrado por Menezes (1996) em trabalho realizado com melão tipo gália, porém difere daquele relatado por El-Zoghbi (1994) em trabalho realizado com mangas das variedades Zebda e Baladi, goiaba, tâmara e morango, cujo grau de esterificação

sofre uma redução ao longo do amadurecimento. Todavia, é importante mencionar que o estudo de El-Zoghbi (1994) foi efetuado em sólidos insolúveis em álcool (SIA) diferentemente do material de parede celular extraído e caracterizado neste estudo.

O papel do grau de esterificação durante o amadurecimento de frutos e hortaliças tem sido frequentemente questionado, pois ainda não está claro se o aumento ou diminuição pode explicar o amaciamento e a solubilização das pectinas.

4.2.3 Cálcio ligado

O teor de cálcio ligado à parede celular mostrou um declínio entre os estádios 1 (52,12 mg/100 g) e 2 (41,72 mg/100 g), para em seguida apresentar ligeiras variações com tendência a manter-se constante até o final do processo (estádio 7), em que alcançou 47,59 mg/100 g (Figura 20). Este comportamento sugere a hipótese de que a solubilização seja necessária para desencadear o processo de amadurecimento do pedúnculo de caju. Mesmo comportamento foi observado por Rigney e Wills (1981) em tomates, em que o cálcio acumulado na região da parede celular - lamela média do pericarpo foi solubilizado nos estádios iniciais do desenvolvimento e maturação.

Figura 20 – Cálcio ligado à parede celular de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 durante o desenvolvimento e maturação.

Vários trabalhos correlacionam solubilização com textura macia em diferentes cultivares de tomate (Suwwan e Poovaiah 1978; Brady *et al.* 1985). Os resultados obtidos por Filgueiras (1996) confirmam essa observação, pois em todos os genótipos analisados de frutos firmes de tomate não houve solubilização do cálcio ligado com o amadurecimento.

Durante o processo normal de maturação dos frutos os cátions de cálcio são translocados para as zonas de crescimento da planta (Marschner 1978). Isto tem sido associado à solubilização de material péctico da lamela média, provocando o amaciamento do fruto (Fils-Lycaon e Buret 1990). Contudo, neste experimento, o conteúdo de cálcio ligado, apesar da redução observada nos primeiros estádios de desenvolvimento e maturação do pedúnculo, permaneceu praticamente inalterado. Por outro lado, percebeu-se uma diminuição acentuada nos níveis de cálcio total durante a maturação dos pedúnculos, notadamente entre os estádios 1 e 2, onde a redução foi de 26%. Comportamento semelhante foi observado por Menezes (1996) em trabalho realizado sobre as mudanças fisiológicas durante a maturação do melão tipo gália.

Os resultados aqui encontrados não eliminam a hipótese de que a perda da firmeza do pedúnculo de caju durante o desenvolvimento e maturação esteja diretamente associada com a concentração de cálcio ligado à parede celular, mesmo porque o conteúdo de cálcio insolúvel do pedúnculo diminuiu ao longo do desenvolvimento e maturação. A relação cálcio solúvel/cálcio total aumentou gradualmente com o decorrer do desenvolvimento e maturação, chegando a ser 2,32 vezes maior no estágio 7.

Esta divergência pode ser justificada pelo fato de que durante a extração do material de parede há possibilidade de complexação do cálcio por agente quelante e, conseqüentemente, o conteúdo de cálcio ligado na parede celular não refletir aquele do tecido original. Nesse sentido, para um maior entendimento da ligação do cálcio à parede celular, sugere-se o estudo do grau de densidade de cargas dos polímeros ligados à parede.

4.2.4 Celulose e hemicelulose

Não houve perda líquida de celulose durante o amadurecimento. Isto pode ser comprovado ao se observar os resultados da análise estatística que não mostraram variação significativa entre os estádios de desenvolvimento e maturação (Tabela 11A). A celulose representou uma das principais frações da parede celular, variando entre 26 e 29% do MPC. Comportamento semelhante foi observado por Filgueiras (1996) em trabalho realizado com tomate de oito genótipos diferentes colhidos em cinco estádios de maturação.

A realização das análises é perfeitamente justificada pelo total desconhecimento do metabolismo de celulose e hemicelulose em pedúnculos de caju e pela necessidade de se buscar explicação para o seu amaciamento durante o amadurecimento.

El-Zoghbi (1994) observou redução nos teores de celulose durante a maturação de manga, goiaba, tâmara e morango, dando ênfase ao aumento da atividade da celulase na medida em que reduzia a fração celulose da parede celular. Em caju, a literatura não registra informações atinentes a investigação da atividade desta enzima durante o processo de amadurecimento, porém, com base nos resultados desta pesquisa, parece não ocorrer ação direta de celulases sobre as microfibrilas que venham a coincidir com o amaciamento dos pedúnculos.

Para hemicelulose, em geral não ocorreu perda líquida desta com o desenvolvimento e maturação de pedúnculos de caju. Houve um ligeiro acréscimo no estágio 3, para em seguida decrescer gradualmente até o estágio 7, onde atingiu o seu menor valor (18,22%), portanto, ligeiramente inferior àquele do estágio 1 (19,18%) (Figura 21). Comportamento semelhante foi observado por Mitcham e McDonald (1992) em trabalho realizado com mangas da cultivar *Tommy Atkins*. Apesar de não ter sido encontrada variação significativa na fração hemicelulose entre os estádios verde maturo e maduro macio para esta cultivar, os autores encontraram um percentual de açúcares neutros em relação à parede celular decrescente com o amadurecimento, atingindo um valor no estágio maduro macio que representava a metade daquele obtido no estágio verde maturo. Nesse sentido, sugere-se que seja aprofundado o estudo da parede celular do pedúnculo de caju,

verificando-se as variações dos açúcares neutros e sua correlação com o processo de amaciamento. Através do fracionamento da parede celular, torna-se possível verificar as variações de peso molecular nas hemiceluloses.

Figura 21 – Hemicelulose de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 durante o desenvolvimento e maturação.

4.2.5 Uronídeos totais

Houve uma síntese continuada de poliuronídeos totais durante o amadurecimento (Figura 22), apesar de não ter sido constatada diferença significativa entre os valores obtidos a partir do estágio 4.

O pedúnculo de caju, difere de muitos tipos de frutos, que continuam a acumular volume e massa por todo o desenvolvimento. Junto com estes aumentos, a síntese de poliuronídeos totais é mantida mesmo durante o amadurecimento. Comportamento semelhante foi encontrado por Huber (1984) em trabalho com morango. O autor cita um aumento de 20% em poliuronídeos totais na mudança da cor rosa para vermelha (maduro). No presente trabalho, observou-se um aumento de aproximadamente 60% no teor de uronídeos entre o 1º e o 7º estádios.

Figura 22 – Uronídeos totais de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 durante o desenvolvimento e maturação.

A análise de correlação entre poliuronídeos totais e firmeza (Tabela 4), mostrou-se negativa e significativa, com $R = -0,946$. Isto indica que os pedúnculos com níveis de poliuronídeos totais mais baixos são em geral mais firmes.

Considerando-se o conteúdo de poliuronídeos solúveis em água obtido dos sólidos insolúveis em álcool – SIA (discutido anteriormente), parece ser esta fração a mais representativa dos poliuronídeos totais, cujos níveis exibiram pequena mudança nos estádios iniciais do desenvolvimento, e aumento gradativo com a maturação. Estatisticamente, não ocorreu variação significativa entre os estádios 4 e 7.

Na transição do estágio 3 para o 4, observou-se o maior aumento nos níveis de poliuronídeos solúveis, que coincidiu com a fase de maior incremento de atividade de PG, o que parece reforçar ainda mais a hipótese de participação desta enzima no processo de amaciamento de pedúnculos de caju.

Segundo Huber (1983b), em muitos tipos de frutos, o aumento nos níveis de poliuronídeos solúveis está intimamente correlacionado com o aparecimento de enzimas pectinolíticas. Huber (1983a), porém cita que a degradação de poliuronídeos tem sido propiciada pelo decréscimo de peso molecular na solubilização de poliuronídeos. Em morango, por exemplo, a solubilização de poliuronídeos não foi acompanhada pelas mudanças em peso molecular indicativas de atividade enzimática (Huber 1984).

Sugere-se que estudos sejam realizados sobre as mudanças de peso molecular de poliuronídeos, bem como a associação destes com os açúcares neutros da parede celular.

4.3 Experimento 3: Qualidade de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 durante o armazenamento sob influência do cálcio.

4.3.1 Perda de peso

Através da análise de variância dos dados obtidos para perda de peso, observou-se efeito significativo apenas do tempo de armazenamento (Tabela 13A). O tratamento pós-colheita com cálcio, independentemente da concentração usada, não exerceu efeito sobre perda de peso.

Apesar de sérios problemas de deterioração apresentados pelo pedúnculo de caju em função de sua alta perecibilidade, praticamente não existem referências na literatura que digam respeito à manutenção da qualidade *in natura*, e em especial o uso de cálcio visando o prolongamento do tempo de vida pós-colheita sob condições adequadas de armazenamento.

O uso de filme de PVC como embalagem para pedúnculos de caju armazenados sob refrigeração, propiciou uma perda de peso ligeiramente superior a 1% no final do experimento (Figura 23), o que pode ser considerada muito pequena em se tratando de fruta armazenada. Resultados semelhantes foram encontrados por Menezes (1992) em trabalho realizado com pedúnculos de cajueiro comum, em que avaliaram o potencial de conservação por 14 dias em atmosfera modificada pelo uso de filme de PVC. Mosca *et al.* (1998) também encontraram resultados semelhantes aos deste experimento, em trabalho realizado com pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 armazenados por 20 dias sob refrigeração.

Figura 23 – Perda de peso de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 armazenados durante 25 dias sob atmosfera modificada em temperatura de $5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $88\% \pm 3\%$.

Sing e Mathur (1952) encontraram uma perda de umidade para o pedúnculo de caju de 10,7%, após duas semanas de armazenamento, entre $4 - 6^{\circ}\text{C}$. Hall *et al.* (1979) relataram uma perda de peso de 22% para caju armazenado em temperatura próxima a 0°C e umidade relativa entre 85 – 90%, num período de 5 semanas.

O filme de PVC, segundo Alves (1993), dadas as suas características de custo relativamente baixo, praticidade e alta resistência, tem sido bastante utilizado em associação ao armazenamento refrigerado para evitar perdas, possibilitando com que, através da modificação da atmosfera, frutos tropicais de alta perecibilidade, como é o caso do caju, tenham a sua vida pós-colheita prolongada.

Segundo Ryall e Lipton (1979), a perda de peso durante o armazenamento é atribuída à perda de umidade e do material de reserva pela transpiração e respiração, respectivamente. Os autores afirmam que a perda de peso é rápida em baixa umidade relativa e lenta em alta UR e está diretamente relacionada à temperatura de armazenamento.

Neves Filho (1985) relata que uma pequena perda d'água pode ser tolerada, porém, a partir de certos níveis, este fenômeno poderá provocar prejuízos consideráveis, especialmente para os frutos comercializados pelo peso. Pantastico

et al. (1979) ressaltam que perdas iguais ou superiores a 5%, dependendo do produto, são capazes de produzir enrugamento com consequente diminuição de sua aceitabilidade pelo consumidor. Chitarra e Chitarra (1990) recomendam que, para se evitar perdas dessa magnitude, o armazenamento dos frutos deve ser feito em ambientes com umidade relativa de cerca de 90%. Este limite foi atingido no transcorrer do trabalho, o que justifica a pequena perda de peso observada e a manutenção da qualidade do produto por até 20 dias.

Hall *et al.* (1979) afirmam que a maioria dos frutos e hortaliças se conserva melhor com um mínimo de murchamento em umidade relativa de 90 a 95%, sendo que a utilização de filmes plásticos propicia que no interior das embalagens sejam alcançados níveis próximos a 100%, evitando ou diminuindo as perdas por transpiração e mantendo a qualidade do produto.

Algumas referências são encontradas sobre o tratamento pós-colheita com cálcio em frutos. Zambrano e Manzano (1995), em trabalho realizado com mangas, observaram que os tratamentos pós-colheita com CaCl_2 4% não reduziram significativamente a perda de peso, ao passo que a concentração de 6% permitiu esse efeito. Redução de perda de peso durante o armazenamento foi relatada, por exemplo, em goiaba (Singh 1988), em pêra (Bhatt *et al.* 1993) e em morango (Garcia *et al.* 1996). Em contraste, Garcia *et al.* (1995) registraram perdas de peso mais altas em tomates tratados com cálcio do que naqueles não tratados.

De acordo com Gonçalves *et al.* (1996), a aplicação de CaCl_2 pode contribuir para a redução da perda de peso, desde que utilizada em níveis adequados. Outro fator importante a ser considerado é a temperatura de armazenamento (Garcia *et al.* 1995).

4.3.2 Senescência

Pela análise dos valores e significância do teste F (Tabela 15A), verificou-se para a senescência do pedúnculo interação significativa entre os fatores tempo de armazenamento e doses de cálcio. Constatou-se também que os pedúnculos tratados com doses de 1 e 2% de cálcio apresentaram notas médias atribuídas nos diferentes tempos de avaliação, rigorosamente iguais. Entretanto, mostraram-se

ligeiramente superiores aos pedúnculos tratados com 0,5% de cálcio nos tempos 20 e 25 dias de armazenamento (Figura 24).

Figura 24 – Senescência de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 submetidos a tratamento pós-colheita com cálcio e armazenados durante 25 dias sob atmosfera modificada em temperatura de $5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $88\% \pm 3\%$.

A perda da coloração vermelha detectada pelos avaliadores durante o armazenamento não está associada ao uso de cálcio, já que os frutos não tratados sofreram também degradação de cor vermelha. Menezes (1992) também observou o mesmo comportamento em trabalho com pedúnculos de cajueiro comum.

Apesar de resultados experimentais demonstrarem que a percentagem de perdas durante o armazenamento em geral é reduzida com a aplicação de cálcio, como é o caso de maçãs cv Red Chief Delicious (Conway e Sams 1987) e pêra (Bhatt *et al.* 1993) por exemplo, a utilização de 3% de CaCl_2 , segundo Gonçalves *et al.* (1996), mostrou ser prejudicial à qualidade aparente de limão *Tahiti*, tomando por base a turgidez, o frescor, a coloração da superfície e o brilho.

Segundo Menezes (1992) o uso de ambiente refrigerado para o armazenamento de pedúnculos de caju é decisivo para o prolongamento de sua vida útil pós-colheita, já que em condições de temperatura ambiente só foi possível a

conservação do material por 1 dia, e em ambiente refrigerado este período aumentou para 10 dias.

Segundo Harvey (1978) a temperatura de refrigeração representa o mais importante fator de redução de perdas no ambiente pós-colheita de frutos frescos e hortaliças.

A despeito da alta susceptibilidade do pedúnculo de caju às doenças pós-colheita causadas por fungos (Menezes 1992), neste experimento não se observou desenvolvimento de lesões visíveis na superfície do pedúnculo, nem tampouco na base de inserção da castanha até 25 dias de armazenamento. Este fato, segundo Menezes (1992), deve-se provavelmente à presença de elevados teores de compostos fenólicos, especialmente dímeros e oligoméricos no início do armazenamento.

Também não se registrou, a despeito da descoloração de parte do pedúnculo, qualquer outro sintoma de injúria pelo frio até o final do período de armazenamento.

De acordo com a escala de senescência usada neste estudo, pode-se constatar que o pedúnculo de caju demonstrou baixa velocidade de senescência fisiológica, permanecendo com todo o seu frescor por até 20 dias sem apresentar injúrias que o tornasse não comercializável. Isto representa um avanço em relação ao limite indicado por Menezes (1992).

4.3.3 SST e açúcares solúveis totais

As análises de variância realizadas para as características sólidos solúveis totais – SST e açúcares solúveis totais - AST indicaram interação significativa entre o tratamento com cálcio e o tempo de armazenamento dos pedúnculos de caju (Tabelas 15A e 16A).

Os teores de SST e AST apresentaram, em geral, ligeiros decréscimos ao longo do armazenamento (Figura 25). Isto pode ser atribuído ao consumo de açúcares via metabolismo respiratório. Apesar deste fato, os pedúnculos de caju, mesmo ao final do experimento, não mostraram sinais visíveis de senescência.

Figura 25 – Sólidos solúveis totais (A) e açúcares solúveis totais (B) de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 submetidos a tratamento pós-colheita com cálcio e armazenados durante 25 dias sob atmosfera modificada em temperatura de 5°C ± 1°C e umidade relativa de 88% ± 3%.

As diferenças entre as médias observadas no tempo zero de avaliação, devem-se provavelmente a problemas de amostragem.

Os dados registrados pela literatura no que tange ao armazenamento de frutos tratados ou não com cálcio, mostram uma variação considerável dos teores de SST e AST entre espécies e dentro de uma mesma espécie. Em pedúnculos de caju, Mosca *et al.* (1998) não observaram diferença significativa de SST ao longo do armazenamento. Entretanto, Menezes (1992) trabalhando com pedúnculos de cajueiro comum e nas mesmas condições de armazenamento usadas neste

experimento, verificou aumento significativo de SST. Lima (1998) observou que em uvas *Itália*, o conteúdo de SST se manteve estável durante o armazenamento, independentemente do tratamento com cálcio, porém, em pêssego (Ochei *et al.* 1993), Kiwi (Gerasopoulos *et al.* 1996) e morango (Garcia *et al.* 1996) os aumentos em SST encontrados durante o armazenamento foram retardados por aplicações de cálcio. Gonçalves *et al.* (1996) em trabalho realizado com limão *Tahiti*, observaram teores mais altos de SST nos frutos tratados com 2% de CaCl_2 e valores inferiores e similares, respectivamente, para aqueles tratados com 1% e 3% de CaCl_2 .

4.3.4 Acidez total titulável e pH

Os pedúnculos de caju, independentemente da dose de cálcio utilizada, apresentaram variações significativas na acidez em função do tempo (Tabela 13A), com tendência à diminuição (Figura 26). Os teores médios de ATT variaram entre 0,26 e 0,30% de ácido málico, portanto, dentro da faixa indicada por diversos autores, dentre eles Maia e Soares (1970), Moura Fé *et al.* (1972) e Menezes (1992). Em geral, o comportamento da ATT ao longo do armazenamento obtido neste experimento é semelhante àquele obtido por Mosca (1998) em trabalho realizado com pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76.

No presente trabalho, a redução da atividade metabólica devido ao abaixamento da concentração de oxigênio pelo uso da atmosfera modificada, não chegou a impedir que os ácidos orgânicos fossem utilizados como substratos respiratórios, de modo a causar reduções na acidez (Ulrick 1970; Zagory e Kader 1988).

Em pedúnculos de caju, os tratamentos com cálcio não exerceram nenhuma influência na acidez durante o armazenamento. Segundo Lima (1998) os efeitos destes tratamentos sobre esta variável não são conclusivos. Em goiaba (Singh *et al.* 1981) e limão *Tahiti* (Gonçalves *et al.* 1996) foi verificada a influência do cálcio, porém, em morango, segundo Garcia *et al.* (1996), similarmente ao caju, não foram encontradas diferenças significativas na ATT dos frutos imersos em solução de CaCl_2 durante o armazenamento.

Com relação ao pH, os pedúnculos de caju, independentemente do tratamento com cálcio, apresentaram um comportamento de crescimento gradual e pequeno ao longo do armazenamento (Figura 26) (Tabela 13A). Este comportamento é semelhante ao encontrado por Mosca (1998) e por Menezes (1992). Segundo Kays (1991), uma vez que a concentração de ácidos orgânicos totais tendem a declinar após a colheita e durante o armazenamento, o pH sofreria, por consequência uma elevação.

Figura 26 – Acidez total titulável (A) e pH (B) de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 armazenados durante 25 dias sob atmosfera modificada em temperatura de $5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $88\% \pm 3\%$.

4.3.5 Relação SST/acidez total titulável

Um aumento na relação SST/ATT pode significar uma melhoria do sabor na maioria dos frutos, de vez que um equilíbrio entre açúcares e ácidos pode ser mais importante que o nível de cada um isoladamente (Kramer 1973).

As análises de variância realizadas para este índice, revelaram variações significativas em função do tempo de armazenamento dos pedúnculos (Tabela 13A).

Apesar dos teores de sólidos solúveis totais terem diminuído ligeiramente com o tempo de armazenamento, e o conteúdo de acidez total titulável ter sofrido variações com tendência à redução, a relação sólidos solúveis/acidez variou muito pouco, apresentando, em geral, tendência à estabilidade (Figura 27).

Em contraste aos resultados desta pesquisa, Menezes (1992) verificou tendência geral de aumento para esta relação com o decorrer do tempo de armazenamento. Isto deveu-se ao aumento nos teores de SST. Entretanto, a faixa de variação dos valores absolutos obtida neste experimento é similar àquela de Menezes (1992).

Figura 27- Relação SST/ATT de pedúnculos de cajueiro anão precoce .CCP-76 armazenados durante 25 dias sob atmosfera modificada em temperatura de $5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $88\% \pm 3\%$.

4.3.6 Vitamina C total

O conteúdo de vitamina C total (ácido ascórbico + ácido dehidroascórbico) foi afetado significativamente pelo tempo de armazenamento (Tabela 14A), havendo oxidação destes componentes durante o período experimental (Figura 28). Não houve efeito significativo do fator tratamento com cálcio em relação a esta variável.

Figura 28 – Vitamina C total de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 submetidos a tratamento pós-colheita com cálcio e armazenados durante 25 dias sob atmosfera modificada em temperatura de $5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $88\% \pm 3\%$.

A redução no teor de vitamina C total foi muito pequena até os 15 dias de armazenamento, acentuando-se a partir daí, atingindo teor final 28% mais baixo que o inicial. Resultados semelhantes foram constatados por Menezes (1992) em trabalhos realizados com pedúnculos de cajueiro comum submetidos às mesmas condições de armazenamento, contudo sem o uso de cálcio. O autor, porém, encontrou uma degradação mais acentuada já aos 8 dias de armazenamento.

Singh e Mathur (1952) mencionaram uma degradação no teor de vitamina C total para cajus armazenados a 5°C de 45% no período de 2 semanas e de 87% no final de 5 semanas.

Segundo Shewfelt (1986) a manutenção de umidade relativa alta para prevenir o murchamento e perda de turgor é efetiva em diminuir as perdas de ácido ascórbico e β - caroteno, porém, segundo Fennema (1977), a resposta varia com o produto, sugerindo interações complexas entre o nutriente e outros compostos que ocorrem naturalmente. Nesse sentido, Kader (1986) afirma que a modificação da atmosfera resulta numa maior retenção de ácido ascórbico, devido principalmente à menor disponibilidade de O_2 no interior da embalagem.

Watada (1987) cita que a despeito do baixo nível de O_2 contribuir para diminuição das perdas de vitamina C, teores elevados de CO_2 no interior da embalagem, acentuam essas perdas em frutos como banana e maçã, o que pode ter ocorrido neste experimento tendo em vista o não conhecimento da concentração de gases após a modificação da atmosfera pelo uso de filme de PVC.

Das quatro enzimas que ocorrem em frutos responsáveis pela destruição oxidativa da vitamina C – ácido ascórbico oxidase, citocromo c oxidase, fenolase e peroxidase (Aylward e Haisman 1969), apenas com ácido ascórbico oxidase há uma reação direta entre enzima e substrato (Mapson 1970). Robinson (1991) cita que a presença das enzimas peroxidase do ácido ascórbico e glutathione peroxidase em frutos provavelmente leva à perda de vitamina C. Chempakam (1983) em trabalho realizado com ácido ascórbico oxidase em caju, observou um pequeno aumento na atividade desta enzima no final da fase de desenvolvimento, e sugeriu que o ligeiro aumento na oxidação do ácido ascórbico durante a última semana de desenvolvimento era atribuído à ação das outras oxidases aqui citadas. Nesse sentido, não se pode afirmar qual a enzima responsável pela degradação da vitamina C em pedúnculo de caju, sobretudo devido a que este pedúnculo é rico em substratos destas enzimas oxidativas.

A despeito da diminuição do teor de vitamina C total em pedúnculos de caju, mesmo aos 25 dias de armazenamento os valores médios encontrados ainda podem ser considerados elevados quando comparados com frutos tradicionalmente considerados como fonte de vitamina C, como por exemplo a laranja.

4.3.7 Antocianinas totais

Apesar de não ter sido verificada a interação significativa entre as doses de cálcio e o tempo de armazenamento, estes fatores mostraram significância quando avaliados individualmente (Tabela 14A).

Praticamente não houve variação nos teores de antocianinas totais nos pedúnculos tratados com CaCl_2 . Porém, estes apresentaram conteúdos mais baixos em pelo menos 10 % em relação aos não tratados.

Observou-se uma tendência ao declínio dos teores de antocianinas totais no decorrer do armazenamento, acentuando-se entre o 10º e 15º dia do experimento (Figura 29). Constatou-se uma redução de aproximadamente 50% nos teores de antocianinas totais ao final do experimento. A despeito deste índice, pelos resultados dos testes praticados na avaliação de senescência ao término do ensaio, pode-se verificar que os pedúnculos ainda permanecem em condições de comercialização, mesmo porque a velocidade de senescência dos seus tecidos foi muito baixa ao longo do armazenamento.

Considerando que muitas substâncias podem coexistir com as antocianinas no vacúolo, dentre elas proteínas, outros compostos fenólicos, peptídeos, minerais como Ca, K e Mg, açúcares, ácidos orgânicos e aminoácidos, não há dúvidas que alguns podem interagir com as antocianinas resultando na prevenção da perda de cor ou igualmente na acentuação da mesma. A natureza química das antocianinas, concentração, presença de pigmentos, pH, copigmentos e algumas vezes a presença de íons metálicos, parecem ser os principais fatores que influenciam a cor das antocianinas no meio (Brouillard 1983 e Stafford 1990).

O pH, no entanto, destaca-se como o mais importante fator que afeta a cor das antocianinas (Mazza e Brouillard 1987a). As soluções de antocianinas apresentam uma coloração vermelha mais intensa quando em pH abaixo de 3,0. Quando o pH é aumentado para a faixa de 4,0 a 5,0, a coloração vermelha tende a desaparecer. Aumentos adicionais de pH levam as antocianinas a apresentarem uma coloração azulada, e estas, após armazenamento ou aquecimento, a tornarem-se amareladas (Stringheta 1991 e Mazza e Brouillard 1987b). Neste experimento, observou-se um

pequeno aumento do pH ao longo do armazenamento, o que pode, em parte, ter contribuído para a desestabilização da cor vermelha do pedúnculo.

Figura 29 – Antocianinas totais de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 submetidos a tratamento pós-colheita com cálcio e armazenados durante 25 dias sob atmosfera modificada em temperatura de $5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $88\% \pm 3\%$.

No presente experimento, a diminuição dos teores de antocianinas coincide com a degradação de vitamina C ao longo do tempo de armazenamento, o que sugere uma possível interação entre os dois compostos.

Conceição (1997) cita que Beatie *et al.*, em 1943, estavam entre os primeiros pesquisadores que observaram o desaparecimento de antocianinas e ácido ascórbico em suco de fruta e sugeriram uma interação entre ambos. Segundo Starr e Francis (1968), a interação entre antocianina e ácido ascórbico resulta na degradação dos dois compostos. Adiantam os autores que o mecanismo dessa reação envolve um intermediário, peróxido de hidrogênio (H_2O_2), produto da degradação do ácido ascórbico. Acredita-se, portanto, que o peróxido de hidrogênio formado promova a oxidação do núcleo flavilium, levando à formação de substâncias incolores.

Jurd (1972) sugeriu uma reação de condensação entre os dois compostos como um outro mecanismo de descolorir antocianinas através do ácido ascórbico. O autor cita que os produtos de condensação são instáveis e se degradam em compostos incolores. De acordo com Meschter (1953), citado por Markakis (1982) o ácido dehidroascórbico também é capaz de descolorir antocianinas, porém a uma taxa bem mais baixa que o ácido ascórbico.

Sondheimer e Kertesz (1953), realizaram um estudo com antocianinas em morangos e verificaram que o nível de degradação de antocianinas diminuía em condições em que se reduzia o nível de oxidação do ácido ascórbico, como redução do oxigênio e adição de tiourea, agente quelante de íons Cu, que são catalizadores da reação de oxidação do ácido ascórbico.

Daravingas *et al.* (1965) afirmam que o oxigênio pode causar degradação das antocianinas através de oxidação indireta, oxidando constituintes do meio capazes de reagir com os pigmentos, produzindo compostos de decomposição escuros ou compostos despigmentados. O efeito do oxigênio é maior quando associado a outros fatores, como luz e ácido ascórbico, por exemplo.

4.3.8 Compostos fenólicos

Houve efeito significativo da interação entre os fatores doses de cálcio e tempo de armazenamento sobre os fenólicos poliméricos, oligoméricos e dímeros (Tabela 15A).

Em todos os tratamentos aplicados, verificou-se uma diminuição dos teores de fenólicos poliméricos com o decorrer do tempo de armazenamento (Figura 30). Os pedúnculos tratados com cálcio apresentaram teores de fenólicos poliméricos similares aos não tratados no final do período de armazenamento.

A despeito da ocorrência de flutuações, há uma tendência de redução nos teores de fenólicos oligoméricos com o decorrer do armazenamento (Figura 30), e os teores desses compostos são pelo menos 18% mais elevados que os dos poliméricos ao final do período de armazenamento.

Com relação aos teores de fenólicos dímeros, ocorreram variações ao longo do armazenamento menos acentuadas que os oligoméricos, com tendência à diminuição (Figura 30). Os fenólicos dímeros são semelhantes aos oligoméricos, porém superiores em 23% aos poliméricos no final do período de armazenamento.

Em geral, constatou-se redução menos significativa nas frações fenólicas menos polimerizadas, durante o tempo de armazenamento dos pedúnculos. Nesse sentido, não se pode afirmar se houve ou não perda de adstringência, posto que embora tenha havido redução dos fenólicos oligoméricos e dímeros, considerados responsáveis pela adstringência de muitos frutos, ocorreu também diminuição no teor de fenólicos poliméricos. O teor de açúcares solúveis totais diminuiu ligeiramente com o decorrer do armazenamento, o que pode ter contribuído para provável redução do mascaramento dos fenólicos responsáveis pela adstringência. Sugere-se, portanto, a realização de estudos de avaliação sensorial de pedúnculos de caju armazenados, a fim de que sejam fornecidos maiores subsídios para a avaliação da adstringência.

Mosca *et al.* (1998) em trabalho realizado com pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 armazenados sob atmosfera modificada e refrigeração verificaram uma pequena redução nos teores de todas as frações de fenólicos analisadas a partir do 4º dia. Menezes (1992) verificou uma tendência a diminuições das frações dímeras e oligoméricas ao longo do armazenamento de pedúnculos de cajueiro comum, entretanto, contrariamente a esta pesquisa, os teores da fração polimérica aumentaram.

Figura 30 – Compostos fenólicos poliméricos (A), oligoméricos (B) e dímeros (C) de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 submetidos a tratamento pós-colheita com cálcio e armazenados durante 25 dias sob atmosfera modificada em temperatura de 5°C ± 1°C e umidade relativa de 88% ± 3%.

4.3.9 Firmeza da polpa

Constatou-se efeito significativo dos fatores tempo de armazenamento e doses de cálcio sobre a variável firmeza da polpa, sem contudo, haver significância estatística da interação (Tabela 13A).

Houve um aumento gradual da firmeza, embora pequeno, até os 15 dias de armazenamento, para em seguida diminuir ligeiramente até o final do experimento, onde assumiu valores médios ainda superiores em 4,38% daqueles obtidos no tempo inicial de armazenamento do pedúnculo de caju (Figura 31).

Quanto ao tratamento com cálcio, verificou-se que os pedúnculos tratados foram mais firmes que os não tratados (Figura 31), sendo que o tratado com CaCl_2 1%, o que apresentou o maior valor de firmeza em relação ao controle. Gerasopoulos *et al.* (1996) citam que o aumento da firmeza possivelmente é resultado do aumento no teor de cálcio no fruto.

Os resultados desta pesquisa representam um avanço quanto ao armazenamento do pedúnculo de caju, já que as pesquisas até então realizadas indicam uma redução da firmeza. Menezes (1992) em trabalho realizado com pedúnculos de cajueiro comum usando as mesmas condições da presente pesquisa, exceto o uso de cálcio, verificou uma diminuição gradual da firmeza ao longo de 14 dias de armazenamento. Mosca *et al.* (1998) usando condições de armazenamento semelhantes às desta pesquisa também observaram uma diminuição da firmeza a partir do 12º dia de armazenamento de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76.

Nesse sentido, o cálcio participa de maneira efetiva na manutenção da consistência firme do fruto, devido à sua função de ligação das pectinas ácidas da parede celular e da lamela média para formar pectato de cálcio (Pinto Ricardo 1983; Poovaiah 1986; Awad 1993). Em secções de cenoura, Picchioni *et al.* (1996) encontraram uma firmeza de 6 a 16% maior naquelas secções tratadas com 1% de CaCl_2 em relação ao controle. Singh *et al.* (1993) em trabalho realizado com manga verificaram que os frutos tratados com cálcio apresentaram-se mais firmes do que os não tratados.

Figura 31 – Firmeza de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 submetidos a tratamento pós-colheita com cálcio e armazenados durante 25 dias sob atmosfera modificada em temperatura de $5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $88\% \pm 3\%$.

4.3.10 Pectinas

Observou-se efeito significativo do tempo de armazenamento sobre a pectina total, embora se tenha obtido $R^2 < 0,70$. Ocorreram ligeiras variações ao longo do armazenamento, com tendência a um discreto aumento (Figura 32).

Houve efeito da interação entre os fatores tempo de armazenamento e doses de cálcio sobre a característica pectina solúvel (Tabela 16A).

A despeito do valor $R^2 < 0,70$ encontrado para os tratamentos 1,0% e 2,0% de cálcio, em geral, o tratamento com cálcio resultou na tendência a uma menor acumulação de pectina solúvel no decorrer do tempo de armazenagem (Figura 32), possivelmente decorrente da ligação com os grupos carboxílicos livres de polímeros poligalacturonatos na parede celular e lamela média. Isto resultou na integridade da parede e firmeza do pedúnculo, concordando com os dados de firmeza obtidos nesse estudo.

Considerando-se os resultados de pectina solúvel e firmeza obtidos, observa-se que estes concordam com os de atividade de enzimas hidrolíticas, especialmente a PG, tendo em vista que esta não sofreu praticamente nenhuma variação com o tempo de armazenamento. Este fato parece ratificar a obtenção de pedúnculos firmes durante os 25 dias de armazenamento.

A degradação das substâncias pécticas da lamela média e das paredes celulares é um fator crítico no amadurecimento de frutos e resulta na perda da integridade celular (Solomos e Laties 1973; Knee 1974). Grupos carboxílicos livres de polímeros poligalacturonatos têm uma importante função de estabilizar e manter a integridade da parede, provavelmente através de ligação com íons cálcio (Rees 1975). Se a perda de íons cálcio é a mudança que leva à degradação, assim a aplicação pós-colheita de cálcio pode prevenir a dissociação e resultar em frutos firmes e menor conteúdo de pectina solúvel. Segundo Buescher e Hobson (1982), a ligação com cálcio pode fortalecer o tecido e torná-lo mais resistente ao ataque de enzimas hidrolíticas, ou mesmo diminuir sua atividade.

Figura 32 - Pectina total (A) e solúvel (B) de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 submetidos a tratamento pós-colheita com cálcio e armazenados durante 25 dias sob atmosfera modificada em temperatura de $5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $88\% \pm 3\%$.

4.3.11 Atividade de enzimas pectinolíticas

Através da análise de variância das atividades das enzimas PME e PG (Tabela 14A), observou-se efeito significativo do fator tempo de armazenamento sobre a

atividade da PME. Já a atividade da PG não sofreu efeito de nenhum dos dois fatores em estudo.

Observou-se atividade praticamente constante da PME até os 10 dias de armazenamento, quando atingiu 428,28 UAE/min/g (Figura 33). Aos 15 dias verificou-se o pico de atividade (491,18 UAE/min/g), permanecendo constante aos 20 dias. Ao final dos 25 dias de armazenamento, no entanto, a atividade desta enzima caiu a valores ainda ligeiramente superiores aos obtidos inicialmente (447,82 UAE/min/g).

Figura 33 – Atividade de PME em pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 armazenados durante 25 dias sob atmosfera modificada em temperatura de $5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $88\% \pm 3\%$.

Scalon (1999) em estudo realizado sobre os efeitos da aplicação de cloreto de cálcio em morango, observou que a atividade da PME foi maior nos frutos tratados com CaCl_2 por imersão em pós-colheita, principalmente nos que receberam 2% de CaCl_2 .

Os resultados aqui obtidos contradizem a idéia de que os íons cálcio inibem a atividade da PME. Alguns pesquisadores têm proposto algumas explicações para o aumento da atividade desta enzima em presença de íons cálcio. Segundo Moustakas *et al.* (1991), o cálcio, ao se ligar aos grupos carboxílicos livres da

pectina, anula a inibição da PME. Com isso a atuação do íon cálcio, segundo Alonso *et al.* (1995), ocorreria mais por sua ligação à enzima do que devido ao efeito direto sobre as cadeias de ácido poligalacturônico.

Javeri *et al.* (1991) em trabalho realizado com pêssego, observaram que ao ser aplicado extrato de PME em CaCl_2 1% à vácuo, a atividade desta enzima no fruto aumentou acima de 20 vezes, constatando-se também o aumento da firmeza da polpa. Uma possível explicação seria o fato de que a PME é considerada capaz de aumentar a firmeza dos frutos e hortaliças pela desesterificação da pectina e subsequente quelação com o cálcio. Os resultados encontrados neste experimento, parecem concordar com as observações de Javeri *et al.* (1991), posto que a despeito de aumentos na atividade da PME no decorrer do armazenamento, os pedúnculos tornaram-se ligeiramente mais firmes.

Durante os 25 dias de armazenamento, a média geral da atividade da PG foi 15,78 UAE/min/g. Esta média é semelhante àquela obtida no estágio final do amadurecimento dos pedúnculos do primeiro experimento.

A despeito de não ter ocorrido variação significativa dos fatores tempo, doses de cálcio e da interação entre eles para a PG, ao se comparar as médias encontradas observa-se que houve uma tendência a superioridade, independentemente da dose utilizada, dos pedúnculos não tratados com cálcio em relação aos tratados. Este fato possivelmente explique, em parte, a ocorrência de uma firmeza mais alta nos pedúnculos tratados com cálcio.

A presença do cálcio além de aumentar a insolubilidade ao material péctico, inibe a degradação pela PG (Alonso *et al.* 1995), uma vez que o pectato de cálcio é resistente à atuação dessa enzima (Hepler e Wayne 1985).

No primeiro experimento, foi mostrado que a PG e a PME têm papel decisivo no processo de amaciamento de pedúnculos de caju. Porém, através dos resultados deste experimento, que mostraram que a mais alta atividade da PG foi observada na testemunha, não ocorrendo o mesmo com a PME, passam a indicar a possibilidade de que a atividade potencial da PG não seja o único determinante do amaciamento dos pedúnculos. Outros mecanismos de solubilização da parede, como o teor de substratos pécticos, pontes de cálcio, grau de esterificação, cadeias laterais de

açúcares neutros, além do envolvimento de outras hidrolases como a β - galactosidase devem ser considerados (Gross 1990; Amour 1993).

4.3.12 Cálcio

Houve interação significativa entre tempo de armazenamento e tratamento com cálcio para cálcio total, cálcio solúvel e cálcio insolúvel (Tabela 16A).

Os pedúnculos de caju submetidos ao tratamento com 0,5 e 2% de cálcio apresentaram um aumento no teor de cálcio total até o 15º dia de armazenamento, para em seguida diminuir ligeiramente até o final do experimento. Acréscimos dos teores de cálcio total, ocorreram com o aumento da concentração de cálcio utilizada, e os resultados obtidos no final do experimento para os pedúnculos que receberam a concentração máxima (2%) foram mais que o dobro daqueles que não receberam cálcio (Figura 34).

Comportamento semelhante ao cálcio total ocorreu para a variável cálcio solúvel e cálcio insolúvel, cujos resultados estão representados na Figura 34.

A aplicação de cálcio como tratamento pós-colheita pode ser realizada por meio de imersão, pulverização e infiltração sob pressão reduzida. A conveniência de se utilizar um ou outro método depende em primeiro lugar das características morfológicas da casca do fruto tratado. Nesse sentido, Garcia *et al.* (1996) afirmam que a infiltração, normalmente, é o tratamento mais eficiente para aumentar o teor de cálcio nos frutos, no entanto, devido à delicada firmeza de certos frutos, pode causar injúrias. Adiantam ainda os autores que, como na pulverização foliar ocorre pequena ou nenhuma translocação de cálcio para os frutos, a imersão em solução de CaCl_2 é o tratamento mais eficiente. Com base no relato de Garcia *et al.* (1996) e sabendo que a firmeza do pedúnculo de caju é bastante sensível às injúrias haja vista que ensaios preliminares indicaram efeito fitotóxico (manchas escuras) quando da aplicação em pré-colheita em doses superiores a 1%, optou-se pelo uso do método de imersão, como forma de aumentar o teor de cálcio em seus tecidos.

Figura 34 – Cálcio total (A), insolúvel (B) e solúvel (C) de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 submetidos a tratamento pós-colheita com cálcio e armazenados durante 25 dias sob atmosfera modificada em temperatura de $5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $88\% \pm 3\%$.

Em alguns frutos, segundo Alves (1999), a espessura do mesocarpo, oferece uma barreira física que muitas vezes impede a absorção de cálcio, quando aplicado em pós-colheita, principalmente sem o auxílio de tratamentos suplementares (pressão reduzida), como foi constatado em mamão por Qiu *et al.* (1995).

O pedúnculo de caju, pelos resultados obtidos, parece que além de absorver também incorpora o cálcio aplicado. É possível que este fato tenha sido facilitado pelo uso de espessante neste experimento, que segundo Mason *et al.* (1974), ajuda a reter mais a solução de cloreto de cálcio no fruto, favorecendo os seus efeitos benéficos na sua conservação.

Pode-se verificar aumentos nos teores de cálcio solúvel e insolúvel com o aumento das doses de cálcio, porém demonstrando tendência à saturação a partir do 15º dia de armazenamento, particularmente quando se aplicam as doses de Ca 2%.

Os pedúnculos que receberam a maior concentração de cálcio (2%) apresentaram mais que o dobro do teor de cálcio insolúvel das testemunhas ao final do experimento. Com isso, a aplicação pós-colheita de cálcio neste trabalho, favoreceu provavelmente uma maior ligação de cálcio nas paredes celulares. Estes resultados são coerentes com aqueles da firmeza, em que esta aumenta ligeiramente até o 15º dia de armazenamento, para depois declinar até o final do experimento, assumindo ainda valores 4,38% mais elevados do que a testemunha.

5 CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos, nas condições em que foram realizados os três experimentos pode-se concluir que:

1. Maior conteúdo de Sólidos Solúveis Totais e menor de Acidez Total Titulável, e em consequência maior relação SST/ATT foram atingidos no estágio 7, indicando que este é o ideal para a colheita de pedúnculos, ocasião em que alcança o pico de qualidade comestível.

2. Os pedúnculos de caju apresentaram amaciamento acentuado durante o desenvolvimento e maturação, observando-se paralelamente redução no teor de pectina total e aumento na percentagem de solubilização.

3. A firmeza dos pedúnculos apresentou correlação significativa e inversa com a solubilidade das pectinas e com a atividade das enzimas PME e PG. A solubilidade de pectina, por sua vez, mostrou correlação significativa e positiva com a atividade de ambas as enzimas, que se correlacionaram entre si positivamente.

4. Os pedúnculos apresentaram um conteúdo de cálcio total decrescente com o amadurecimento. A correlação significativa entre a firmeza e o cálcio insolúvel, revela a importância deste cátion na manutenção da firmeza do pedúnculo.

5. O processo oxidativo durante o desenvolvimento e maturação do pedúnculo de caju, está associado inicialmente à atuação da peroxidase e em uma segunda etapa a participação da polifenoloxidase.

6. Ambiente refrigerado aliado à atmosfera modificada pode ser usado com sucesso no retardamento do processo de senescência do pedúnculo de caju, posto que aumenta substancialmente sua vida pós-colheita sem causar injúrias fisiológicas por até 20 dias.

7. A redução no teor de antocianinas totais paralela à de vitamina C nos pedúnculos armazenados sugere uma interação entre os dois compostos, como observado em outros frutos.

8. Os pedúnculos armazenados sob atmosfera modificada, independentemente do uso de cálcio, apresentaram baixo percentual de perda de peso, favorecendo a aparência do produto para comercialização.

9. Pedúnculos tratados com cálcio foram mais firmes do que os não tratados, sendo que a partir de 0,5% não se observou um aumento do efeito.

10. O tratamento com cálcio não inibiu a atividade da PME. Porém, foi decisivo na atividade de PG, uma vez que os pedúnculos não tratados obtiveram valores médios de atividade dessa enzima superiores aos tratados.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHMED, A.E.; LABAVITCH, J.M. A simplified method for accurate determination of cell wall uronide content. **Journal of Food Biochemistry**; Westport, v.1, p.361-365, 1977.
- AHMED, A.E.; LABAVITCH, J.M. Cell wall metabolism in ripening pear. I – Cell wall changes in ripening “Bartlett” pears. **Plant Physiology**, Washington, v.65, n.5, p.1009 – 1013, May 1980.
- ALBERSHEIM, P.; NEVINS, D. J.; ENGLISH, P.D.; KARR, ^a A method for the analysis of sugar in plant cell wall polysaccharides by gas – liquid chromatography. **Carbohydrate Research**, Amsterdam, v.5, p.340-345, 1967.
- ALMEIDA, J.I.L. de; ARAÚJO, F.E. de; LOPES, J.G.V. **Evolução do cajueiro anão precoce na estação experimental de Pacajus, Ceará**. Fortaleza: EPACE, 1993b. 17p. (Documentos, 6).
- ALMEIDA, J.I.L.; BARROS, L.M.; LOPES, J.G.V., *et al.* Estudo sobre o crescimento do fruto e pseudofruto do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) do tipo anão precoce. Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v.9, n.3, p. 21-30, 1987.
- ALMEIDA, J.I.L.; ARAÚJO, F.E. de; BARROS, L.M. **Características do clone EPACE CL 49 de cajueiro tipo anão precoce**. Fortaleza: EPACE, 1993a. 13p. (Comunicado Técnico, 44).
- ALONSO, J.; RODRIGUEZ, T.; CANET, W. Effect of calcium pretreatment on the texture of frozen cherries. Role of pectinesterase in the changes in the pectic materials. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, Washington, v.43, n.4, p.1011-1016, abr. 1995.
- ALVES, R.E. Acerola (*Malpighia emarginata* D.C.). **Fisiologia da maturação e armazenamento refrigerado sob atmosfera ambiente e modificada**. Lavras: ESALQ, 1993. 99p. (Dissertação de Mestrado).
- ALVES, R.E. **Qualidade de acerolas submetidas a diferentes condições de congelamento, armazenamento e aplicação pós-colheita de cálcio**. Lavras: UFLA, 1999. 135p. (Tese de Doutorado).
- ALVES, R.E., BEZERRA, F.C., ABREU, F.A.P., *et al.* Development and maturation of the apple of early dwarf cashew tree CCP-76. **Acta Horticulturae**, Leuven, 485; p.255-30, 1999.

- ALVES, R.E.; LIMA, L.C.^o; CHITARRA, ^aB.; CHITARRA, M.I.F. Pectin content and activity of pectolytic enzymes during acerola fruits maturation. **Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture**, Curitiba, v.40, p.75-79, Oct.1996.
- AMOUR, J.d', GOSSELIN, C.; ARUL, J.; CASTAIGNE, F.; WILLEMOT, C. Gamma – radiation affects cell wall composition of strawberries. **Journal of Food Science**, Chicago, v.58, n.1, p.182-185, Jan. 1993.
- ANDRADE, J.S. **Curvas de maturação e características nutricionais do camu-camu *Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc Vaugh cultivado em terra firme na Amazônia Central Brasileira**. Campinas: UNICAMP, 1991. 177p. (Tese de Doutorado).
- ARAÚJO, F.E. de; ALMEIDA, J.I.L. de; LOPES, J.G.V., *et al.* Epace 2001 – Novo clone de cajueiro anão precoce (*Anacardium occidentale* L. var. nanum). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE FRUTEIRAS, 1, Jaboticabal, 1997. **Anais...** Jaboticabal, FCAVJ/UNESP, 1997. p.57-58.
- ARAÚJO, J.P.P. de; SILVA, V.V. da. **Cajucultura: modernas técnicas de produção**. Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT, 1995. 292p.
- ASSIS, M.M.M. **Estudo da estabilidade da geléia obtida com suco clarificado de caju (*Anacardium occidentale* L.)**. Fortaleza: UFC, 1994. 115p. (Dissertação de Mestrado).
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 12 ed. Washington: AOAC, 1992. 1115p.
- AUGUSTIN, A.; UNNITHAN, V.K.G. An attempt on maturity of cashew apple. **Indian Cashew Journal**, Cochin-India, v.14, n.4, p.9–11, 1981.
- AWAD, M. **Fisiologia pós-colheita de frutos**. São Paulo: Nobel, 1993. 114p.
- AYLWARD, F.; HAISMAN, D.R. Oxidation systems in fruits and vegetables – their relation to the quality of preserved products. **Advances in Food Research**, New York, v.17, n.2-61, 1969.
- BACHMANN, O. Peroxidase isoenzyme patterns in Vitaceae. **Vitis**, London, v.33, n.3, p.151-153, 1994.
- BANZATTO, D.A.; KRONKA, S. do N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 247p.
- BARROS, L. de M.; PAIVA, J.R. de; CAVALCANTI, J.J.V. Cajueiro anão precoce – Melhoramento genético: estratégias e perspectivas. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**. 1999. p.18-21.

- BARROS, L.M. ; PIMENTEL, C.R.M. ; CORREA, M.P.F. , *et al.* **Recomendações técnicas para a cultura do cajueiro anão-precoce**. Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT, 1993. 65p. (Circular Técnica, 1).
- BARROS, L.M. Melhoramento. In: LIMA, V. de P.M.S. **A cultura do cajueiro no Nordeste do Brasil**. Fortaleza: BNB, 1988. p.321-356.
- BARROS, L.M., ARAÚJO, F.E. de, ALMEIDA, J.I.L. de, *et al.* **A cultura do cajueiro anão**. Fortaleza: EPACE, 1984. 67p. (Documentos, 3).
- BARROS, L.M.; CRISÓSTOMO, J.R. Melhoramento genético do cajueiro. In: ARAÚJO, J.P.P. de; SILVA, V.V. da (Org). **Cajucultura: modernas técnicas de produção**. Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT, 1995. p.73-93.
- BARROS, L.M.; PAIVA, J.R.; CRISÓSTOMO, J.R. *et al.* Comportamentos de clones de cajueiro anão (*Anacardium occidentale* L.) sob irrigação no semi-árido. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 14, 1996, Curitiba. **Resumos...** Curitiba, SBF, 1996. p.113.
- BARTLEY, I.M. Exo-polygalacturonase of apples. **Phytochemistry**. v.17, p.213-216, 1978.
- BATE-SMITH, E.C. Flavonoid compounds in foods. **Advances in food Research**, New York, v.5 , p.261-300, 1954.
- BEN-ARIE, R. ; SEGAL, N. ; GUELFAT-REICH, S. The maturation and ripening of the wonderful pomegranate. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.109, n.6, p.898-902, 1984.
- BEN-SHALOM, N.; KAHN, V.; HAREL, E.; MAYER, A.M. Catechol oxidase from green olives: properties and partial purification. **Phytochemistry**. V.16, p.153, 1977.
- BEN-YEHOSHUA, S. Individual seal – packaging of fruit and vegetables in plastic film – a new postharvest technique. **HortScience**, Alexandria, v.20, n.1, p.32-37, 1985.
- BHATT, A.R.; DHATT, A.S.; SINGH, R. Effect of preharvest calcium sprays on fruit quality of Asian pear (*Pyrus pycnophylla*). **Indian Journal of Horticulture**, New Delhi, v.50, p.18-25, 1993.
- BIALE, J.B.; BARCUS, D.E. Respiratory patterns in tropical fruits of the Amazon Basin. **Tropical Science**, London, v.12, n.2, p.93-104, 1967.
- BIALE, J.B.; YOUNG, R.E. Respiration and ripening in fruits retrospect and prospect. In: FRIEND, J.; RHODES, M.J.C. eds. **Recent advances in the biochemistry of fruit and vegetables**. London, Academic Press. 1981. Cap.1, p.1-37.

- BLEINROTH, E.W. Armazenamento de frutos e hortaliças. I – Fundamentos teóricos da conservação pelo frio de frutos e hortaliças. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.10, n.34, p.35-53, 1973.
- BLEINROTH, E.W. Matéria-prima. In: MEDINA, J.C. **Frutos tropicais, manga**. São Paulo: ITAL, 1981. P.243-292.
- BLUMENKRANTZ, N.; ASBOE-HANSEN, G. New method for quantitative determination of uronic acids. **Analytical Biochemistry**, New York, v.54, p.484-489, 1973.
- BRADY, C.J. The pectinesterase of the pulp of the banana fruit. **Aust. J. Plant Physiol.**, v.3, p.163-172, 1976.
- BRADY, C.J. McGLASSOM, W.B.; PEARSON, J.^a; MELDRUM, S.K.; KOPELIOVITCH, E. Interations between the amount and molecular forms of polygalacturonase, calcium and firmness in tomato fruit. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.110, n.2, p.254-258, Mar. 1985.
- BRAVERMAN, J.B.S. **Introducción a la bioquímica de los alimentos**. Barcelona: Omega, 1967, 355p.
- BRETT, C.; WALDRON, K. **Physiology and biochemistry of plant cell walls**. Londres: Unwin Hyman, 1990. 193p.
- BROUILLARD, R. **The in vivo expression of anthocyanin colour in plants**. **Phytochemistry**, Elmsford, v.22, n.6, p.1311-1323, 1983.
- BRUINSMA, J. The quantitative analysis of chlorophylls A and B in plant extracts. **Photochemistry and Photobiology**, Elmsford, v.2, p.241-249, 1963.
- BUESCHER, R.W.; HOBSON, G.E. Role of calcium and chelating agents in regulating the degradation of tomato fruit tissue by polygalacturonase. **Journal of Food Biochemistry**, Westport, v.6, n.1, p.147-160, Mar.1982.
- BURNS, J.K.; PRESSEY, R. Ca²⁺ in cell walls of ripening tomato in peach. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.112, n.5, p.783-787, Sept. 1987.
- BUTT, V.S. Direct oxidases and related enzymes. In: STUMPF, P.K.; CONN, E.E. **The biochemistry of plants – a comprehensive treatise**. New York, Academic Press, 1980. V.2, p.81-123.
- CARRARO, F.; CUNHA, M.M. **Manual de exportação de frutas**. Brasília: MAARA – SDR – FRUPEX / IICA, 1994, 252p.

- CARMONA, A.; SEIDL, D.S.; JAFFÉ, W.G. Comparison of extration methods and assay procedures for the determination of the apparent tannin content of common beans. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.56, p.291-301, 1991.
- CARPITA, N.C.; GIBEAUT, D.M. Structural models of primary cell walls in flowering plants: consistency of molecular structure with the physical properties of the walls during growth. **The plant J.** v.3, p.1-30, 1993.
- CECCHI, H.M.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Carotenoid composition and vitamin A value of fresh and pasteurized cashew-apple (*Anacardium occidentale* L.) juice. **Journal of Food Science**, Chicago, v.46, p.147-149, 1981.
- CENCI, S.A. **Ácido naftalenoacético (ANA) e cloreto de cálcio na pré-colheita de uva Niagara Rosada (*Vitis labrusca* L. X *Vitis vinifera* L.): avaliação do potencial de conservação no armazenamento.** Lavras: UFLA, 1994. 109p. (Tese – Doutorado).
- CENCI, S.A.; CHITARRA, M.I.F. Controle de abscisão pós-colheita de uva Niágara Rosada (*Vitis labusca* L. X *Vitis vinifera* L.): mecanismos decorrentes da aplicação de ANA e cloreto de cálcio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v.16, n.1, p.146-155, 1994.
- CHEFTEL, J.C.; CHEFTEL, H. **Introducción a la bioquímica y tecnologia de los alimentos.** Zaragoza: Acríbia, 1982. V.1, 333p.
- CHEMPAKAM, B. Distribution of ascorbic acid and ascorbic acid oxidase activity in the developing cashew apple (*Anacardium occidentale* L.). **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v.58, n.3, p.447-448, 1983.
- CHENG, G.W.; BREEN, P.J. Activity of phenylalanine ammonia-lyase (PAL) and concentrations of anthocyanins and phenolics in developing strawberry fruit. **Journal of American Society of Horticulture Science**, Alexandria, v.116, p.865-869, 1991.
- CHENG, G.W.; CRISOSTO, C.H. Browning potencial, phenolic composition, and polyphenoloxidase activity of buffer extracts of peach and nectarine skin tissues. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.120, n.5, p.835-838, 1995.
- CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio.** Lavras: ESAL/FAEPE, 320p. 1990.
- CIVELLO, P.M.; MARTINEZ, G.A.; CHAVES, A.R. *et al.* Peroxidase from strawberry fruit (*Fragaria ananassa* Duch.): partial purification and determination of some properties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Columbus, v.43, n.10, p.2596-2601, 1995.

- CLEMENTE, E.; PASTORE, G.M. Peroxidase and polyphenoloxidase, the importance for food technology. **Bol. SBCTA**, Campinas, v.32, n.2, p.167-171, set/dez 1998.
- COMPANHIA DE PRODUTOS ALIMENTÍCIOS DO NORDESTE-CEARÁ. **Clones de cajueiro anão precoce**: COPAN BL 221, COPAN BL 246, COPAN BL 265, COPAN BL 295. Fortaleza: COPAN. 1995 (Folder).
- CONCEIÇÃO, M.P.J. **Cinética da degradação térmica de antocianinas em suco de acerola (*Malpighia glabra* L.)**. Viçosa: UFV, 1997, 59p. (Dissertação – Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos).
- CONWAY, W.S.; SAMS, C.E. The effects of preharvest infiltration of calcium, magnesium, or strontium on decay, firmness, respiration and ethylene production in apples. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.112, n.2, p.300-303, 1987.
- CONWAY, W.S.; SAMS, C.E.; WATADA, A.E. Relationship between total and cell wall bound calcium in apples following postharvest pressure infiltration of calcium chloride. **Acta Horticulturae**, Tóquio, v.398, p.31-39, 1995.
- COSSETENG, M.Y.; LEE, C.Y. Changes in apple polyphenoloxidase and polyphenol concentrations in relation to degree of browning. **J. Food Sci.** v.52, p.985, 1987.
- COX, H.E., PEARSON, D. **Técnicas de laboratório para el analisis de alimentos**. Zaragoza: Acríbia, 1976, 331p.
- CRANE, J.H.; CAMPBELL, C.W. Origin and distribution of tropical and subtropical fruits. In: NAGY, S.; SHAW, P.E.; WARDROWSKI, W.F. **Fruits of tropical and Subtropical Origin: Composition, properties and uses**. Lake Alfred: FSS, 1990. Cap.1, p.1-65.
- CUTILLAS-ITURRALDE, A.; ZARRA, I.; LORENCES, E.P. Metabolism of cell wall polysaccharides from persimmon fruit. Pectin solubilization during fruit ripening occurs in apparent absence of polygalacturonase activity. **Physiologia Plantarum**, Denmark, v.89, p.369-373, 1993.
- CUTTILLAS-ITURRALDE, A., ZARRA, I.; FRY, S.C.; LORENCES, P. Implication of persimmon fruit hemicellulose metabolism in the softening process. Importance of xyloglucan endotransglycosylase. **Physiologia Plantarum**, v.91, n.2, p.169-176, Jun. 1994.
- CZYHRINCIW, N. Tropical fruit technology. **Advances in food research**, New York, v.17, p.152-207, 1969.

- DARAVINGAS, G.; CAIN, R.F. Changes in the anthocyanin pigments of raspberries during processing and storage. **Journal of Food Science**, v.30, p.400-405, 1965.
- DAVIES, J.N.; HOBSON, G.E. The constituents of tomato fruit – The influence of environment, nutrition and genotype. **CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Cleveland, v.15, n.3, p.205-208, 1981.
- DILLEY, D.R. Enzymes. In: HULME, ^aC. **The biochemistry of fruits and their products**. London: Academic Press. 1970. V.1. p.179-207.
- EL-ZOGHBI, M. Biochemical changes in some tropical fruits during ripening. **Food Chemistry**, London, v.49, p.33-37, 1994.
- EMBRAPA. **EMBRAPA 50 e EMBRAPA 51: sucesso em dose dupla**. Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT, 1996. (Folheto).
- EMBRAPA. **Programa Nacional de Pesquisa de Caju**. Fortaleza: EMBRAPA-CNPACa, 1991. 59p. (Documentos, 05).
- ENGEL, V.L.; POGGIANI, F. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**. Londrina, v.3, n.1, p.39-45, 1991.
- ESKIN, N.^aM. Biochemistry of food spoilage: enzymatic browning. In: **Biochemistry of foods**. Academic Press, New York: 401-432, 1990.
- ESTEVES, M.T.C. **Características físicas, físico-químicas e químicas de frutos de cultivares de goiabeira (*Psidium guajava* L.)**. Lavras: ESAL, 1981, 65p. (Dissertação de Mestrado).
- FALADE, J.^a Vitamin C and other chemical substances in cashew apple. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v.56, n.2, p.177-179, 1981.
- FAYYAZ, ^a; ASBI, B.^a; GHAZALI, H.M.; CHEMAN, Y.B.; JINAP, S. Kinetics of papaya pectinesterase. **Food Chem**. V.53, p.129-135, 1995.
- FENNEMA, ^o Loss of vitamin in fresh and frozen foods. **Food Technology**, Chicago, v.31, n.12, p.32-38, 1977.
- FILGUEIRAS, H.^aC. **Bioquímica do amadurecimento de tomates híbridos heterozigotos no loco “alcobaça”**. Lavras: UFLA, 1996. 118p. (Tese-Doutorado).
- FILGUEIRAS, H.^aC.; ALVES, R.E.; MOSCA, J.L., *et al.* Cashew apple for fresh consumption: research on harvest and postharvest technology in Brazil. **Acta Horticulturae**, Leuven, 485; p.155-160, 1999.

- FILGUEIRAS, H.^aC.; CHITARRA, M.I.F. Influência da embalagem e temperatura de armazenamento sobre os teores de compostos fenólicos em ameixa roxa de Delfim Moreira. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.23, n.1, p.63-74, jan. 1988.
- FILS-LYCAON, B.; BURET, M. Loss of firmness and changes in pectic fractions during ripening and overripening sweet cherry. **Hortscience**, Alexandria, v.25, n.7, p.777-778, 1990.
- FISHER, M.; ARRIGONI, E.; AMADÒ, R. Changes in pectic substances of apples during development and postharvest ripening. Part 2: Analysis of the pectic fractions. **Carbohydrate Polymers**, London, v.25, p.167-175, 1994.
- FISHER, R.L.; BENNETT, ^aB. 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.
- FLURKEY, W.H.; JEN, J.J. Peroxidase and polyphenol oxidase activities in developing peaches. **J. Food Science**, v.43, 1826-1831, 1978.
- FNTI-FUNDAÇÃO NÚCLEO DE TECNOLOGIA INDUSTRIAL. **Aproveitamento industrial do caju (*Anacardium occidentale* L.)**. Fortaleza: 1981. 52p.
- FOO, L.Y.; PORTER, L.J. The structures of tannins of some edible fruits. **Journal of Science of Food Agriculture**, London, v.32, p.711-716, 1981.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **FAOSTAT Database**. Disponível na internet via <http://apps.fao.org>. Dados obtidos em 30 de outubro de 1999.
- FOX, P.F. **Food Enzymology**. London: Esvier Applied Science, 1991, v.1, 696p.
- FRANCIS, F.J. Analysis of anthocyanins. In: MARKAKIS, P. (ed.). **Anthocyanins as food colors**. New York: Academic Press, 1982. p.181-207.
- FROTA, P.C.E.; SILVA, Z.R.; RODRIGUES, R.F.G. Zoneamento da aptidão climática do cajueiro no Estado do Ceará. In: Encontro Nacional da Agroindústria do Caju, I Semana Cearense do Caju, 2. **Anais...** Fortaleza, 1985.
- FRY, S.C. Cross-linking of matrix polymers in the growing cell walls of angiosperms. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.37, p.165-186, 1986.
- GARCIA, J.M.; BALLESTEROS, J.M.; ALBI, M.A Effect of foliar applications of CaCl₂ on tomato stored and different temperatures. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Columbus, v.43, n.1, p.9-12, 1995.
- GARCIA, J.M.; HERRERA, S.; MORILLA, A. Effects of postharvest dips in calcium chloride on strawberry. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. Columbus, v.44, n.1, p.30-33, 1996.

- GASPAR, T.; PENEL, C.; CASTILLO, F.J.; GREPPIN, H. A two-step control of basic and acidic peroxidases and its significance for growth and development. **Physiol. Plant.** v.64, p.418-423, 1985.
- GERASOPOULOS, D.; CHOULIARAS, V.; LIONAKIS, S. Effects of preharvest calcium chloride sprays on maturity and storability of Hayward kiwifruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.7, n.1, 2, p.65-72, 1996.
- GIOVANNONI, J.J.; DELLPENNA, D.; BENNETT, A.B.; FISHER, R.L. Expression of a chimeric polygalacturonase gene in transgenic rin (ripening inhibitor) tomato fruit softening. **The Plant Cell**, Rockville, v.1, n.1, p.53-63, 1989.
- GLOVER, H.; BRADY, C. Purification of three pectinesterases from ripe peach fruit. **Phytochemistry**, v.37, n.4, p.949-955, 1994.
- GOLDSTEIN, J.L.; SWAIN, T. Changes in tannins in ripening fruits. **Phytochemistry**, 2: 371-383, 1963.
- GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: Nobel, 1987. 467p.
- GONÇALVES, N.B.; CARVALHO, V.D. de; BOTELHO, L. Avaliação do potencial de armazenamento do limão "Tahiti" (*Citrus lantifolia* Tanaka) com a utilização de baixas temperaturas e aplicação de cálcio. I – Alterações físico-químicas e qualitativas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v.18, n.2, p.175-191, 1996.
- GOODWIN, T.W.; MERCER, E.I. **Introduction to plant biochemistry**. 2 ed. New York: Pergamon Press, 2 ed., 1983. 677p.
- GRANJEIRO, L.C.; SILVA, G.G. da, BEZERRA, F.M., *et al.* Características físicas, físico-químicas e químicas de pedúnculos de cajueiro anão precoce END 157 durante o desenvolvimento e maturação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 6., Belém, 1997. **Resumos...** Belém, SBFV, 1997. p.239.
- GROSS, K.C. Recent developments on tomato fruit softening. **Postharvest News and Information**, v.1, p.109-112, 1990.
- GROSS, K.C.; WALLNER, S.J. Degradation of cell wall polysaccharides during tomato fruit ripening. **Plant Physiology**, Baltimore, v.63, n.1, p.117-120, July 1979.
- HALHBROCK, K. Flavonoids. In: STUMPF, P.K.; CONN, E.E. **The biochemistry of plants: a comprehensive treatise**. New York: Academic Press, 1981, v.7. p.425-456.

- HALL, C.M.; HARDENBURG, R.E.; PANTASTICO, Er.B. Envasado plastico para menudeo. In: PANTASTICO, Er.B. **Fisiologia de la postrecoleccion, manejo y utizización de frutos y hortalizas tropicales y subtropicales**. México, Continental, 1979. p.361-373.
- HARDENBURG, R.E.; WATADA, A.E.W.; WANG, C.Y. **The commercial storage of fruits, vegetables and florist and nursery stocks**. Washington: USDA, 1986. 130p. (Agriculture Handbook, 66).
- HARVEY, J.M. Reduction of losses in fresh market fruits and vegetables. **Annual Review Phytopathology**, Palo Alto, v.16, p.321-341, 1978.
- HASLAM, E. Vegetable tannins. In: STUMPF, P.K.; CONN, E.E. **The Biochemistry of Plants – a comprehensive treatise**. New York: Academic Press, 1981. v.7. p.527-556.
- HATFIELD, R.; NEVINS, D.J. Characterization of the hydrolytic activity of avocado cellulase. **Plant Cell Physiology**. v.27, n.3, p.541-552, 1986.
- HEPLER, P.K.; WAYNE, R.O. Calcium and plant development. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.36, p.397-439, 1985.
- HIGBY, W.K. A simplified method for determination of some the carotenoid distribution in natural and carotene-fortified orange juice. **Journal of Food Science**, Chicago, v.27, p.42-49, 1962.
- HOBSON, G.E.; DAVIES, J.N. The tomato. In: HULME, A.C. (ed.). **The biochemistry of fruits and their products**. Londres: Academic Press, 1971, v.2, cap.13, p.437-482.
- HOBSON, G.E.; GRIERSON, D. Tomato. In: SEYMOUR, G.B.; TAYLOR, J.E.; TUCKER, G.A. (ed.). **Biochemistry of fruit ripening**. Londres: Chapman e Hall, 1993. Cap.14, p.405-442.
- HUBER, D.J. Strawberry fruit softening: the potential rules of polyuronides and hemicelluloses. **J. Food Sci.** v.49, p.1310-1315, 1984.
- HUBER, D.J. Polyuronide degradation and hemicellulose modifications in ripening tomato fruit. **Journal of the American Society for Horticultural Science**. Alexandria, v.108, n.3, p.405-409, May 1983a.
- HUBER, D.J. The role of cell wall hydrolases in fruit softening. **Horticultural Reviews**, v.5, p.169-219, 1983b.
- HUBER, D.J.; O'DONOGHUE, E.M. Polyuronides in avocado (*Persea americana*) and tomato (*Lycopersicon esculentum*) fruits exhibit markedly different patterns of molecular weight downshifts during ripening. **Plant Physiology**. v.102, p.473-480, 1993.

- HULBERT, G.J.; BHOWMIK, S.R. Quality of fungicide treated and individually shrink wrapped tomatoes. **Journal of Food Science**, Chicago, v.52, p.1293, 1987.
- IADEROZAT, M.; BALDINI, I.S.D.; BOVI, M.L.A. Anthocyanins from fruits of açaí (*Euterpe oleracea* Mart) and juçara (*Euterpe edulis* Mart). **Tropical Science**, London, v.32, p.41-46, 1992.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3 ed. São Paulo: IAL, 1985, v.1. 533p.
- INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. **Novas tecnologias de acondicionamento de alimentos – embalagens flexíveis e semi-rígidas**. Campinas: ITAL/SBCTA, 1988, 162p.
- JACKMAN, R.L.; MARANGONI, A.G.; STANLEY, D.W. The effects of turgor pressure on puncture and viscoelastic properties of tomato tissue. **Journal of Texture Studies**, Trumbull, v.23, n.4, p.491-505, Dec. 1992.
- JAVERI, H.; TOLEDO, R.; WICKER, L. Vacuum infusion of citrus pectinmethylesterase and calcium effects on firmness of peach. **Journal of Food Science**, Chicago, v.56, n.3, p.739-742, may 1991.
- JEN, J.J.; ROBINSON, M.L.P. Pectolytic enzymes in sweet bell peppers (*Capsicum annuum* L.). **Journal of Food Science**, Chicago, v.49, n.4, p.1085-1087, Mar./Apr. 1984.
- JOHN, M.A.; DEY, P.M. Postharvest changes in fruit cell walls. **Advanced in Food Research**, v.30, p.168-180, 1986.
- JOHNSON, D. The botany, origin and spread of cashew (*Anacardium occidentale* L.). **The Journal of Plantation Crops**, Kerala, v.1, n.2, p.1-7, 1973.
- JOHNSON, D. **O caju no Nordeste do Brasil: um estudo geográfico**. Fortaleza, Banco do Nordeste do Brasil, 1974, 169p.
- JOSHI, P.R.; SHIRALKAR, N.D. Polyphenolases of a local variety of mango. **J. Food Sci. e Technol.**, v.14, n.77-79, 1977.
- JOUBERT, A.S.; THOMAS, D.S. The cashew nut. **Farming S. Afr.** v.40, n.11, p.6-7, 1965.
- JURD, L. Some advances in the chemistry of anthocyanin – type plant pigment. In: CHICHESTER, C.O. **The chemistry of plant pigments**. New York: Academic Press, 1972. p.123-142.

- KADER, A.A. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. **Food Technology**, Champaign, v.40, n.4, p.18-104, May 1986.
- KADER, A.A. Postharvest biology and technology: an overview. In: KADER, A.A. **Postharvest technology of horticultural crops**. Oakland: University of California p.15-20, 1992 (Publication, 3311).
- KAHN, V. Effect of protein, protein hydrolysates and amino acids on o-dihydroxyphenolase activity of polyphenol oxidase of mushroom, avocado, and banana. **J. Food Sci.** v.50, p.111, 1985.
- KANNER, J.; MENDEL, H.; BUDOWSKI, P. Carotene oxidizing factors in red peppers fruits (*Capsicum annuum* L.): peroxidase activity. **Journal Food Science**, Chicago, 42: 1549-1551, 1977.
- KAYS, S.J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. New York: AVI, 1991. 532p.
- KNEE, M. Polysaccharide changes in cell wall of ripening apples. **Phytochemistry**, Elmsford, v.12, p.1543-1549, 1973.
- KNEE, M. Changes in structural polysaccharides of apples ripening during storage. **International Colloquium CNRS Facteurs et Regulation de la maturation des Fruits**, v.238, p.341-345, 1974.
- KRAMER, A. Fruits and vegetables. In: KRAMER, A.; TWIGG, B.A. **Quality control for the food industry**. Westport: AVI, 1973. v.2, p.157-227.
- LAMIKANRA, O. Browning capacity of muscadine grapes. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, Tallahassee, v. 101, p.224-232, 1988.
- LATTANZIO, V.; CARDINALI, A.; PALMIERI, S. The role of phenolics in the postharvest physiology of fruits and vegetables: browning reactions and fungal diseases. **Italian Journal of Food Science**, v.6, n.1, p.2-22, 1994.
- LAZAN, H.; SELAMAT, M.K.; ALI, Z.M. β -galactosidase, polygalacturonase and pectinesterase in differential softening and cell wall modification during papaya ripening. **Physiol. Plant.** v.95, p.106-112, 1995.
- LEE, C.Y.; JAWORSKI, A.W. Phenolics and browning potential of white grapes grown in New York. **American Journal Enology Viticulture**, Davis, v.39, n.4, p.337-340, 1988.
- LIMA, M.A.C. **Desenvolvimento, maturação e armazenamento refrigerado de uva "Itália" sob influência do cálcio**. Fortaleza: UFC, 1998. 110p. (Dissertação-Mestrado).

- LOPES, M.H. Composição química e aproveitamento da “pêra” de caju de Moçambique. **Agronomia Moçambicana**, Lourenco Marques, v.6, n.2, p.119-131, 1972.
- LURIE, S.; KLEIN, J.D. Calcium and heat treatments to improve storability of “Anna” apples. **HortScience**, Alexandria, v.27, n.1, p.36-39, 1992.
- LURIE, S.; LEVIN, A.; GREVE, C.; LABAVITCH, J.M. Pectic polymer changes in nectarine during normal and abnormal ripening. **Phytochemistry**, Oxford, v.36, n.1, p.11-17, 1994.
- MAGNESS, N.O.; RYAN, J.D.; MORT, A.J. Determination of the degree of methyl esterification of pectins in small samples by selective reduction of esterified galacturonic acid to galactose. **Analytical Biochemistry**, New York, v.185, n.2, p.346-352, 1990.
- MAIA, G.A.; HOLANDA, L.F.F.; MARTINS, C.B. Características físicas e químicas do caju. **Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.1, n.2, p.115-120, 1971.
- MAIA, G.A.; SOARES, J.B. Gradientes de acidez, açúcares e ácido ascórbico no caju. **Boletim Cearense Agrônômico**, Fortaleza, v.11, p.25-29, 1970.
- MALIS – ARAD, S.; DIDI, S.; MIZRAHI, Y.; KOPELIOVICH, E. Pectic substances: changes in soft and firm cultivars and in non – ripening mutants. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v.58, n.1, p.111-116, Jan.1983.
- MANGAS, J.J.; DAPENA, E.; RODRIGUEZ, M.S.; MORENO, J.; GUTIÉRREZ, M.D.; BLANCO, D. Changes in pectic fractions during ripening of cider apples. **HortScience**, Alexandria, v.27, n.2, p.328-330, 1992.
- MANGELS, A.R.; HOLDEN, J.M.; BEECHER, G.R., *et al.* Carotenoid content of fruits and vegetables: an evaluation of analytic data. **Journal of the American Dietetic Association**, Baltimore, v.93, n.3, p.284-296, 1993.
- MAPSON, L.W. Vitamins in fruits. In: HULME, A.C. **The biochemistry of fruits and their products**. London, Academic Press, 1970. v.1, p.369-382.
- MARKAKIS, P. Stability of anthocyanins in food. In: **Anthocyanins as Food Colors** (Pericles Markakis, ed.) Academic Press, New York, 1982. p.163-181.
- MARSCHNER, H. “Ernährungs-und ertragsphysiologische aspekte der pflanzenernährung”, **Angew Botanik**, Göttingen, v.63, p.71-87, 1978.
- 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**, Tokio, v.13, p.1091-1101, 1972.

- MATTOO, A.K.; MURATA, T.; PANTASTICO, Er.B.; CHACHIN, K.; OGATA, K.; PHAN, C.T. Chemical changes during ripening and senescence. In: PANTASTICO, Er.B. **Postharvest physiology, handling and utilization of tropical and subtropical fruits and vegetables**. Westport, AVI, 1975, p.103-127.
- MAYER, A.M.; HAREL, E. Polyphenol oxidases in plants. **Phytochemistry**, Oxford, v.18, p.193-215, 1979.
- MAZON, J.L.; McDOUGALD, J.M.; DROUGHT, B.G. Calcium concentration in apple fruit resulting from calcium chloride dips modified by surfactants and thickeners, **HortScience**, Alexandria, v.9, n.2, p.122-123, 1974.
- MAZZA, G. Anthocyanins: Structure, stability and analyses. In: RODRIGUEZ – AMAYA, D.B.; PASTORE, G.M. **Ciência de Alimentos: avanços e perspectivas na América Latina**. Campinas: Cargill, 1997, p.8-19.
- MAZZA, G.; BROUILLARD, R. Color stability and structural transformations of cyanidin 3,5-diglucoside and 4,3-deoxyanthocyanins in aqueous solutions, **Journal Agric. Chem.**, v.35, p.422-426, 1987b.
- MAZZA, G.; BROUILLARD, R. Recent developments in the stabilization of anthocyanins in food products. **Food Chemistry**, Essex, v.25, n.3, p.207-225, 1987a.
- McCREAD, P.M.; McCOMB, E.A. Extraction and determination of total pectin materials. **Analytical Chemistry**, Washington, v.24, n.12, p.1586-1588, 1952.
- MEDINA, J.C. Cultura. In: MEDINA, J.C.; BLEINROTH, E.W.; BERNHARDT, L.W. *et al.* **Caju – da cultura ao processamento e comercialização** – Campinas: ITAL, 1978, v.4, p.5-66.
- MELFORD, A.J.; PRAKASH, M.D. Postharvest changes in fruit cell wall. **Advances in Food Research**, New York, v.30, p.139-193, 1986.
- MENEZES, J.B. **Armazenamento refrigerado de pedúnculo do caju (*Anacardium occidentale* L.) sob atmosfera ambiental e modificada**. Lavras: ESAL, 1992. 102p. (Dissertação de Mestrado).
- MENEZES, J.B. **Qualidade pós-colheita de melão tipo galia durante a maturação e o armazenamento**. Lavras: UFLA, 1996. 157p. (Tese de Doutorado).
- MENEZES, J.B.; ALVES, R.E. **Fisiologia e tecnologia pós-colheita do pedúnculo do caju**. Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT, 1995. 20p. (Documentos, 17).

- MILLER, G.L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugars. **Analytical Chemistry**, Washington, v.31, p.426-428, 1959.
- MINGUEZ-MOSQUERA, I.; GALLARDO-GUERRERO, L. Disappearance of chlorophylls and carotenoids during the ripening of the olive. **Journal of Food Science and Agricultural**, London, v.69, p.1-6, 1995.
- MITCHAM, E.J.; McDONALD, R.E. Cell wall modification during ripening of 'Keitt' and 'Tommy Atkins' mango fruit. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.117, n.6, p.919-924, 1992.
- MONDY, N.I.; KLEIN, B.P.; SMITH, L.I. The effect of maturity and storage on phenolic content, enzymatic activity and discoloration of potatoes. **Food Research**, v.25, p.693-705, 1960.
- MOSCA, J.L.; ALVES, R.E.; PINTO, S.A.A. *et al.* Armazenamento refrigerado de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP-76 sob atmosfera modificada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 15, Poços de Caldas, 1998. **Resumos...** Poços de Caldas, SBF, 1998. p.182.
- MOURA FÉ, J.A.; HOLANDA, L.F.F. de; MARTINS, C.B. *et al.* Características químicas do hipocampo de caju (*Anacardium occidentale* L.). **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v.2, n.2, p.103-108, 1972.
- MOURA, C.F.H. **Qualidade de pedúnculos de clones de cajueiro anão-precoce (*Anacardium occidentale* L. var. *nanum*) irrigados**. Fortaleza: UFC, 1998. 56p. (Dissertação de Mestrado).
- MOUSTACAS, A.; NARI, J.; BOREL, M.; NOAT, G.; RICARD, J. Pectin methylesterase, metal ions in plant cell-wall extension. **Biochemistry Journal**. London, v.279, p.351-354, 1991.
- NAGARAJA, K.V.; NAMPOOTHIRI, V.M.K. Chemical Characterization of high-yielding varieties of cashew (*Anacardium occidentale* L.). **Qualitas Plantarum Foods for Human Nutrition**, Dordrecht, v.36, p.201-206, 1986.
- NAIR, M.K.; BRASKARA RAO, E.V.V.; NAMBIAR, K.K.N., *et al.* **Cashew (*Anacardium occidentale* L.)**. Kerala, India, Central Plantation Crops Research Institute. 1979. P.17-26.
- NAKHASI, S.; SCHLIMME, D.; SOLOMOS, T. Storage potential of tomatoes harvest at the breaker stage using modified atmosphere packaging. **Journal of Food Science**, Chicago, v.56, n.1, p.55-59, 1991.
- NAMBIAR, M.C. Cashew. In: ALVIM, P.T.; KOZLOWSKI, T.T. **Ecophysiology of Tropical Crops**. London: Academic Press, 1977. Cap.17, p.461-476.

- NEVES FILHO, L. de C. Perda de peso na estocagem frigorificada de frutos e hortaliças. **Alimentos e Tecnologia**, São Paulo, v.1, n.4, p.28-34, 1985.
- NOGATA, Y.; OHTA, H.; VORAGEN, A.G.J. Polygalacturonase in strawberry fruit. **Phytochemistry**, v.34, n.3, p.617-620, 1993.
- NUTTING, L. Cajucultura: 2º dia do campo quer incentivar a modernização. **O Povo**, Fortaleza, 5 nov. 1999. Caderno D, p. 4, c.2.
- NWANEKEZI, E.C.; ALAWUBA, O.C.G.; MKPOLULU, C.C.M. Characterization of pectic substances from selected tropical fruits. **Journal Food Science and Technology**, Mysore, v.31, n.2, p.159-161, 1994.
- OCHEI, C.O.; BASIOUNY, F.M.; WOODS, F.M. Calcium mediated postharvest changes in storageability and fruit quality of peaches. **Proceedings of the Florida State Horticultural Sciences**, Tallahassee, v.106, p.266-269, 1993.
- ORTIZ, A.J.; ARGUELLO, O.A. Algunas características físicas y composición química de la manzana de marañón (*Anacardium occidentale* L.). **Turrialba**, San Jose, v.35, n.1, p.1-3, 1985.
- OZAWA, T.; LILLEY, T.H.; HASLAM, E. Polyphenol interactions: astringency and the loss of astringency in ripening fruit. **Phytochemistry**, Elmsford, v.26, n.11, p.2937-2942, 1987.
- PAIVA, J.R. de; ALVES, R.E.; BARROS, L. de M.; *et al.* **Produção e qualidade de pedúnculos de clones de cajueiro anão-precoce sob cultivo irrigado**. Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT, 1998. 5p. (Comunicado Técnico, 19).
- PANTASTICO, Er.B.; CHATTOPADHYAY, T.K.; SUBRAMANYAM, H. Almacenamiento y operaciones comerciales de almacenaje. In: PANTASTICO, Er.B. **Fisiología de la postrecolección, manejo y utilización de frutos y hortalizas tropicales y subtropicales**. Mexico, Continental, 1979. p.375-405.
- PARK, Y.K.; SATO, H.H.; ALMEIDA, T.D.; MORETTI, R.H. Polyphenol oxidase of mango (*Mangifera indica* var. Haden). **J. Food Sci.** v.45, p.1619, 1980.
- PATTERSON, M.E. The role of ripening in the affairs of man. **HortScience**, Alexandria, v.5, n.1, p.30-33, 1970.
- PICCHIONI, G.A.; WATADA, A.E.; WHITAKER, B.D.; *et al.* Calcium delays senescence related membrane lipid changes and increases net synthesis of membrane lipid components in shredded carrots. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.9, p.235-245, 1996.
- PILNIK, W.; VORAGEN, A.G.J. Pectic substances and other uronides. In: HULME, A.C. (ed.). **The biochemistry of fruit and their products**. New York: Academic Press, 1970. v.1, cap.3, p.53-87.

- PINTO RICARDO, C.P. Aspectos da fisiologia do cálcio nas plantas. **Garcia de Orta, Série de Estudos Agronômicos**, Lisboa, v.10, n.1-2, p.65-76, 1983.
- PINTO, S.A.A.; ALVES, R.E.; MOSCA, J.L.; *et al.* Fresh consumption quality of the apple of some Brazilian early dwarf cashew clones (*Anacardium occidentale* L.) **Proc. Interamer. Soc. Trop. Hort.** v.4, p.189-193, 1997.
- POOVAIAH, B.H. Molecular and cellular aspects of calcium action in plants. **HortScience**, Alexandria, v.23, n.2, p.267-271, 1988.
- POOVAIAH, B.H. Role of calcium in prolonging storage life of fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v.40, n.5, p.86-88, May. 1986.
- POOVAIAH, B.H.; GLENN, G.M.; REDDY, A.S.N. Calcium and fruit softening: physiology and biochemistry. **Horticultural Reviews**, Portland, v.10, p.107-152, 1988.
- PORTING, J.D.; JOSLYN, M.A. Ascorbic acid oxidation and browning in apple tissue extracts. **Archives Biochemistry**, New York, v.19, p.47-63, 1948.
- POTTER, N.N. **Food science**. New York. Avi, p.488-517, 1968.
- POWRIE, W.D.; SKURA, B.J. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. In: OORAIKULL, B.; STYLES, M.E. **Modified atmosphere packaging of food**. New York: Ellis Horwood, 1991. v.1, p.169-245.
- PRABHA, T.N.; PATWARDHAN, M.V. A comparison of the browning potential of some Indian cultivars of ripening apples. **J. Food Sci. e Technol.** v.22, n.6, p.431-433, 1985.
- PRESSEY, R. Enzymes involved in fruit softening. In: Enzymes in Food and Beverages Processing. **ACS Symposium Series**. v.47, p.172-191, 1977
- PRESSEY, R.; AVANTS, J.K. Separation and characterization of the exopolygalacturonase and endopolygalacturonase from peaches. **Plant Physiology**, Baltimore, v.52, p.252-256, 1973.
- PRESSEY, R.; AVANTS, S.J. Solubilization of cell walls by tomato polygalacturonase: role of pectinesterases. **Journal of Food Biochemistry**, Westport, v.6, n.1, p.57-74, Mar. 1982.
- PRICE, R.L.; HOLANDA, L.L.F.; MOURA FÉ, J.A.; *et al.* Constituents of Brazilian cashew apple juice. **Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.5, n.1-2, p.61-65, 1975.
- QIU, Y.; NISHINA, M.S.; PAULL, R.E. Papaya fruit growth, calcium uptake, and fruit ripening. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.120, n.2, p.246-253, 1995.

- RAESE, J.T.; DRAKE, S.R.; STAIFF, D.C. Influence of different calcium materials and spray timing on mineral composition, yield, fruit quality, and control of fruit disorders of "Anjou" pears. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.18, n.4, p.823-833, 1995.
- REES, D.A. Stereochemistry and binding behavior of carbohydrate, chains. In: WHELAN, W.J. **Biochemistry of carbohydrates**. Baltimore, Ser.1, vol.5, 1975, p.1-42.
- REICHER, F.; SIERAKOWSKI, M.R.; CORREA, J.B.C. Determinação espectrofotométrica de taninos pelo reativo fosfotúngstico-fosfomolibdico. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Curitiba, v.24, n.4, p.407-411, 1981.
- REXOVÁ-BENKOVÁ, L.; MARKOVIC, O. Pectic Enzymes. **Adv. Carbohydr. Chem. Biochem.** v.33, p.323-385, 1976.
- RIGNEY, C.J.; WILLS, R.B.H. Calcium movement, a regulating factor in the initiation of tomato fruit ripening. **HortScience**, Alexandria, v.16, n.6, p.550-551, Dec. 1981.
- ROBINSON, D.S. Peroxidase and catalase in foods. In: **Oxidative Enzymes in Foods**, ed. ROBINSON, D.S.; ESKIN, N.A.M. Elsevier Applied Science, London, 1991. cap.1, p.1-47.
- RODRIGUEZ GIRO, N. Envasado bajo atmósfera protectora. **Alimentación, Equipos y Tecnología**, v.13, p.43-48, 1994.
- ROE, B.; BRUEMER, J.H. Changes in pectic substances and enzymes during ripening and storage of "Keitt" mangos. **J. Food Sci.**, Chicago, v.46, p.186-189, 1981.
- RYALL, A.L. e LIPTON, W.J. **Handling, transportation and storage of fruits and vegetables**. 2 ed. Westport, Avi, 1979, v.1, 587p.
- SALUNKHE, D.K.; DESAI, B.B. **Postharvest biotechnology of fruits**. Boca Raton, CRS Press, 1984. v.1, 197p.
- SAMPAIO, T.M.T. **Estudo dos sucos límpidos simples e concentrado e reconstituído de caju (*Anacardium occidentale* L.)**. Fortaleza: UFC, 1990. 172 p. (Dissertação de Mestrado).
- SÁNCHEZ-ROMERO, C.; GUILLÉN, R.; HEREDIA, A.; JIMÉNEZ, A.; FERNÁNDEZ-BOLAÑOS, J. Degradation of hemicellulosic and cellulosic polysaccharides in pickled green olives. **Journal of Food Protection**, Iowa, v.61, n.1, p.87-93, Jan. 1998.

- SAPERS, G.M.; BURGHER, A.M.; PHILLIPS, J.G.; JONES, S.B. Color and composition of highbush blueberry cultivars. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.109, n.1, p.105-111, 1984.
- SAPIS, J.C.; MACHEIX, J.J.; CORDONNIER, R.E. The browning capacity of grapes. I. Changes in polyphenol oxidase activities during development and maturation of the fruit. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Columbus, v.31, n.2, p.342-345, 1983a.
- SAPIS, J.C.; MACHEIX, J.J.; CORDONNIER, R.E. The browning capacity of grapes. II. Browning potential and polyphenol oxidase activities in different mature grape varieties. **American Journal of Enology and Viticultura**, Davis, v.34, n.3, p.157-162, 1983b.
- SARRUGE, J.R., HAAG, H.P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: ESALQ-USP, 1974, 56p.
- SASTRY, L.V.L.; SETTY, L.; SATYAVATHI, V.K.; *et al.* Polyphenol constituents in cashew apple juice as influenced by region, strain and selection. **Indian Journal of Applied Chemistry**, New Delhi, v.25, n.4/6, p.119-122, 1962.
- SAUNDERS, L.C.U.; OLIVEIRA, V.H.; PARENTE, J.I.G. **Irrigação em cajueiro anão-precoce**. Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT, 1995. 28p. (Documentos, 16).
- SCALON, S.P.Q. Efeitos da aplicação de cloreto de cálcio em morango. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal – SP, v.21, n.2, p.156-159, agosto 1999.
- SCHANDERL, S.H. Tannins and related phenolics. In: JOSLYN, M.A. **Methods in Food Analysis**. New York, Academic Press, 1970, p.701-725.
- SENER, S.D.; ROBERTSON, J.A.; MEREDITH, F.I. Phenolic compounds of the mesocarp of cresthaven peaches during storage and ripening. **Journal of Food Science**, Chicago, v.54, n.5, p.1259-1269, Sep./Oct. 1989.
- SEYMOUR, G.B.; HARDING, S.E.; TAYLOR, A.J., HOBSON, G.E.; TUCKER, G.A. Polyuronide solubilization during ripening of normal and mutante tomato fruit. **Phytochemistry**, Oxford, v.26, n.6, p.1871-1875, 1987.
- SGARBIERI, V.C. Controle e aplicação industrial de enzimas. **Boletim Ital.** p.55-80, 1975.
- SGARBIERI, V.C.; HEC, M. Bioquímica dos compostos fenólicos e adstringência das frutas. B. Cent. **Trop. Pesq. Tecnol. Alim.**, v.11, p.35-60, 1967.
- SHACKEL, K.A.; GREVE, L.C.; LABAVITCH, J.M.; AHMAD, H. Cell turgor changes associated with ripening in tomato pericarp tissue. **Plant Physiology**, Baltimore, v.97, n.2, p.814-816, Oct. 1991.

- SHANDERL, S.H. Tannins and related phenolics. In: JOSLYN, M.A. **Methods in Food Analysis**. New York, Academic Press, 1970, p.701-725.
- SHEWFELT, R.L. Postharvest treatment for extending the shelf life of fruits and vegetables. **Food Technology**, v.5, p.70-78, 1986.
- SIDDIQUI, S.; BANGERTH, F. Differential effect of calcium and strontium on flesh firmness and properties of cell wall in apples. **Journal of Horticultural Science**, Reino Unido, v.70, n.6, p.949-953, 1995b.
- SIDDIQUI, S.; BANGERTH, F. Effect of pre-harvest of calcium on flesh firmness and cell-wall composition of apples-influence of fruit size. **Journal of Horticultural Science**, Reino Unido, v.70, n.2, p.263-269, 1995a.
- SIGRIST, J.M.M. Respiração. In: BLEINROTH, E.W. **Tecnologia pós-colheita de frutos e hortaliças**. Campinas, ITAL, 1988. p.21-27.
- SILVA Jr., A. **Novas alternativas para o aproveitamento industrial do pedúnculo do caju (*Anacardium occidentale* L.)**. Fortaleza: UFC, 1991. 71p. (Dissertação de Mestrado).
- SILVA JÚNIOR, A.; PAIVA, F.F.A. **Estudos físicos e físico-químicos de clones de cajueiro anão precoce**. Fortaleza: EPACE, 1994. (Boletim de pesquisa, 23).
- SING, B.P.; TANDON, D.K.; KALRA, S.K. Changes in postharvest quality of mangoes effected by preharvest application of calcium salts. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.54, p.221-229, 1993.
- SINGH, B.P.; SING, H.K.; CHAUHAM, K.S. Effect of postharvest calcium treatments on the storage life of guava fruits. **The Indian Journal of Agriculture Science**, New Delhi, v.51, n.1, p.44-47, 1981.
- SINGH, G. Effect of calcium nitrate and plant growth regulators on the storage of Allahabad Safeda guava. **Indian Journal of Horticulture**, Bangalore, v.38, p.45-50, 1988.
- SINGH, K.H.; MATHUR, P.D. Studies in the cold storage of cashew apples. **The Indian Journal of Horticulture**, Bangalore, Mar. 1952. p.116-122.
- SISTRUNK, W.A. e MORRIS, J.R. Strawberry quality: influence of cultural and environmental factors. In: PATTEE, H.E. **Evaluation of quality of fruits and vegetables**. Westpost, AVI, 1985, p.217-256.
- SOARES, J.B. **Conservação do caju in natura**. Fortaleza: BNB, 1975. 41p. (Folheto).
- SOARES, J.B. O caju. In: **O caju: aspectos tecnológicos**. Fortaleza: BNB, 1986. p.37-123.

- SOLOMOS, T.; LATIES, G.G. Cellular organization and fruit ripening. **Nature**, v.245, p.390-392, 1973.
- SONDHEIMER, E.; KERTESZ, Z.I. Participation of ascorbic acid in the destruction of anthocyanin in strawberry juice and model systems. **Food Research**, v.18, n.5, p.475-479, 1953.
- SONDHI, S.P.; PRUTHI, J.S. Effect of variety/strain and stage of maturity on the quality of cashew apples. **Indian Journal of Horticulture**, Bangalore, v.37, n.3, p.270-275, 1980.
- SOUTHGATE, D.A.T. **Determination of foods carbohydrates**, London: Elsevier Applied Science, 1991, 232p.
- SPEIRS, J. e BRADY, C.J. Modification of gene expression in ripening fruit. **Australian Journal of Plant Physiology**, Victoria, v.18, p.519-532, 1991.
- STAFFORD, H.A. **Flavonoid metabolism**. Boca Raton: CRC, 1990, 286p.
- STARR, M.S.; FRANCIS, F.J. Oxygen and ascorbic acids effect on relative stability of four anthocyanins pigments in cranberry juice. **Food Technology**, v.22, p.1293, 1968.
- STOW, J. Effect of calcium ions on apple fruit softening during storage and ripening. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.3, p.1-9, 1993.
- STRINGHETA, P.C. **Identificação da estrutura e estudo da estabilidade das antocianinas extraídas de inflorescência de capim gordura (*Melinis minutiflora* Pal de Beauv)**. Campinas, FEA/UNICAMP, 1991. 138p. (Tese de Doutorado).
- STROHECKER, R., HENNING, H.M. **Análisis de vitaminas: métodos comprobados**. Madrid: Paz Montalvo, 1967. 428p.
- SUWWAN, N.A.; POOVAIAH, B.W. Association between elemental content and fruit ripening in rin and normal tomatoes. **Plant Physiology**, Baltimore, v.61, n.6, p.883-885, June 1978.
- SWAIN, T.; HILLIS, E.E. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. II. The analysis of tissues of the 'victoria' plum tree. London: **J.Sci. Food Agric.**, v.10, n.2, p.135-144, 1959.
- THOMPSON, A.E. A comparison of fruit quality constituents of normal and high pigment tomatoes. **Proceedings of the American Society for Horticulture Science**, Beltsville, v.78, p.464-473, 1961.

- THOMPSON, A.K. Stages of development of the fruit of cashew (*anacardium occidentale* L.). **Proc. Trop. Region. Amer. Soc. Hort. Sci.**: 209-215, 1968.
- TIMBERLAKE, C.F. Anthocyanins in fruits and vegetables. In: FRIEND, J. e RHODES, M.J.C. **Recent advances in the biochemistry of fruit and vegetables**. London, Academic Press, 1981, p.221-247.
- TIRMAZI, S.I.H.; WILLS, R.B.H. Retardation of ripening of mangoes by postharvest application of calcium. **Tropical Agriculture**, Trinidad, v.58, n.2, p.137-141, 1981.
- TREVAS FILHO, V. **Tecnologia dos produtos do pedúnculo do caju**. João Pessoa: IPEANE-M.A./Estação Experimental de João Pessoa. 1971. 100p. (mimeografado).
- ULRICH, R. Organic acids. In: HULME, A.C. **The biochemistry of fruits and their products**. London: Academic Press, 1970. v.1, p.89-118.
- VALERO, E.; SÁNCHEZ-FERRER, A., VARÓN, R. *et al.* Evolution of grape polyphenol oxidase activity and phenolic content during maturation and vinification. **Vitis**, London, v.28, n.2, p.85-95, 1989.
- VALERO, E.; VARON, R.; GARCIA CARMONA, F. Characterization of polyphenol oxidase from Airen grapes. **J. Food Sci.** v.53, p.1482, 1988.
- VÁMOS-VIGYÁZÓ, L. Polyphenoloxidase and peroxidase in fruits and vegetables. **CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Cleveland, 49-127, 1981.
- VAN BUREN, J. Fruit phenolics. In: HULME, A.C. (Ed.). **The biochemistry of fruits and their products**. London: Academic Press, 1970. v.1. p.269-300.
- VAN BUREN, J.P. The chemistry of texture in fruits and vegetables. **Journal of Texture Studies**, Westport, v.10, p.1-23, 1979.
- VILAS BOAS, E.V. de B. **Maturação pós-colheita de híbridos de tomate heterozigotos no loco alcobaça**. Lavras: UFLA, 1998. 105p. (Tese de Doutorado).
- WATADA, A.E. Vitamins. In: WEICHMANN, J. **Postharvest physiology of vegetables**. NewYork, Marcel Dekker, 1987. p.455-467.
- WEAVER, C.; CHARLEY, H. Enzymatic browning of ripening bananas. **Journal Food Science**, v.39, n.6, p.1200-1202, 1974.
- WHITTING, G.C. Sugars. In: HULME, A.C. **The biochemistry of fruits and their products**. London: Academic Press, 1970. v.1, p.1-31.

- 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**. Kensington, New South Wales University Press. 1982, 166p.
- WISSEMAN, K.W.; LEE, C.Y. Polyphenoloxidase activity during grape maturation and wine production. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v.31, n.3, p.206-211, 1980.
- WROLSTAD, R.E.; PUTMAN, T.P.; VARSEVELD, G.W. Color quality of frozen strawberries: Effect of anthocyanin, pH, total acidity and ascorbic acid variability. **Journal of Food Science**, Chicago, v.35, n.4, p.448-452, 1970.
- YAMAUCHI, N.; HASHINAGA, F. Chlorophyll degradation by peroxidase in ethylene – treated satsuma mandarin fruits. **Journal of Japanese Society of Cold Press Food**, Tokyo, v.18, p.167-172, 1992.
- YOKOTSUGA, K.; MAKINO, S.; SINGLETON, V.L. Polyphenol oxidase from grapes: precipitation, resolubilization and characterization. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v.39, n.4, p.293-302, 1988.
- ZAGORY, D.; KADER, A.A. Modified atmosphere packaging of fresh produce. **Food Technology**. Chicago, v.42, n.9, p.70-77, 1988.
- ZAMBRANO, J.; MANZANO, J. Influence du calcium sur la maturation et la conservation des mangues apres leur récolte. **Fruit**, Paris, v.50, n.2, p.145-152, 1995.
- ZAPATA, J.M.; CALDERÓN, A.A.; ROS BARCELÓ, A. Actual browning and peroxidase level are not correlated in red and white berries from grapevine (*Vitis vinifera*) cultivars. **Fruit Varieties Journal**, Fayetteville, v.49, n.2, p.82-84, 1995.
- ZAWISTOWSKI, BILIADERIS, C.G.; ESKIN, M. Polyphenol oxidase. In: **Oxidative Enzymes in Foods**, ed. ROBINSON, D.S.; ESKIN, N.A.M. Elsevier Applied Science, London, 1991. Cap.1, p.1-47.

APÊNDICE

Tabela 1A – Quadrados médios das análises de variância para as características peso total – PT (g) peso do pedúnculo – PP (g), peso da castanha – PC (g), diâmetro basal – DB (cm), diâmetro apical – DA (cm), comprimento – CP (cm) e firmeza da polpa – FP (N) de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP 76 durante o desenvolvimento e maturação.

Causas de variação	Graus de Liberdade	Quadrados Médios						
		PT	PP	PC	DB	DA	CP	FP
Tratamentos	6	8476,0632**	9033,78559**	17,0604**	4,5936**	2,2517**	1,7237**	1560,7572**
Resíduos	21	50,1776	53,7918	0,5110	0,0274	0,0518	0,0746	12,1961
Coefficiente de Variação (%)		6,95	7,94	7,33	3,26	5,95	3,78	13,91

** = F significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 2A – Quadrados médios das análises de variância para as características sólidos solúveis totais – SST (°Brix), acidez total titulável – ATT (% ácido málico), relação SST/ATT – RSA, pH, açúcares redutores – AR (%), sacarose – SC (%) e amido – AD (%) de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP 76 durante o desenvolvimento e maturação.

Causas de variação	Graus de Liberdade	Quadrados Médios						
		SST	ATT	RSA	pH	AR	SC	AD
Tratamentos	6	22,1583**	0,0029**	163,0134**	0,1482**	14,6237**	0,1531**	7,8942**
Resíduos	21	0,3954	0,0004	11,0237	0,0027	0,5528	0,0171	0,1382
Coefficiente de Variação (%)		6,50	6,86	9,545	1,13	10,23	61,70	12,13

** = F significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 3A – Quadrados médios das análises de variância para as característicaspectina total – PT (mg/100 g), pectina solúvel – PS (mg/ 100 g), percentual de solubilização – PES, clorofila total – CLT (mg/100 g), antocianinas totais – AT (mg/100 g), carotenóides totais – CAT (mg/100 g) e vitamina C total – VCT (mg/100 g) de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP 76 durante o desenvolvimento e maturação.

Causas de variação	Graus de Liberdade	Quadrados Médios						
		PT	PS	PES	CLT	AT	CAT	VCT
Tratamentos	6	0,0014**	0,9707*	2,1041**	1158,9812**	226,9540**	7,2756**	0,0101**
Resíduos	21	0,0000	0,2640	0,3193	30,9651	1,2653	0,0575	0,0002
Coefficiente de Variação (%)		4,37	5,45	7,67	23,47	8,19	12,50	10,55

* **, ns = F significativo ao nível de 5 e 1%, respectivamente.

Tabela 4A – Quadrados médios das análises de variância para as características fenólicos poliméricos – FP (%), fenólicos oligoméricos – FO (%), fenólicos dímeros – FD (%), cálcio total – CT (mg/100 g), cálcio solúvel – CS (mg/100 g) e % CS/CT – CST de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP 76 durante o desenvolvimento e maturação.

Causas de variação	Graus de Liberdade	Quadrados Médios					
		FP	FO	FD	CT	CS	CST
Tratamentos	6	0,0210**	0,0027**	0,0006**	169,7410**	0,7348 ^{ns}	711,7779**
Resíduos	21	0,0000	0,0000	0,0000	2,9146	0,9084	39,0999
Coefficiente de Variação (%)		2,29	1,82	1,16	10,58	14,55	13,86

** , ^{ns} = F significativo ao nível de 1% e não significativo, respectivamente.

Tabela 5A – Quadrados médios das análises de variância para as características rendimento – RE (%), celulose – CL (% MPC), hemicelulose – HC (% MPC), cálcio ligado – CLI (mg/100 g MPC), grau de esterificação – GE (% MPC), uronídeos totais – UT (% MPC) de material de parede celular (MPC) de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP 76 durante o desenvolvimento e maturação.

Causas de variação	Graus de Liberdade	Quadrados Médios					
		RE	CL	HC	CLI	GE	UT
Tratamentos	6	494,0974**	3,6856 ^{ns}	19,9786**	52,8326*	3,9642 ^{ns}	145,6962**
Resíduos	21	1,8143	5,1861	4,8633	15,0943	2,45551	7,5698
Coefficiente de Variação (%)		6,27	8,15	10,53	8,50	5,97	7,23

* **, e^{ns} = F significativo a 5, 1% e não significativo, respectivamente.

Tabela 6A – Quadrados médios das análises de variância para as características pectinametilesterase – PME (UAE/min/g), poligalacturonase – PG (UAE/min/g), polifenoloxidase – PPO (UAE/min/g) e peroxidase – POD (UAE/min/g) de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP 76 durante o desenvolvimento e maturação.

Causas de variação	Graus de Liberdade	Quadrados Médios			
		PME	PG	PPO	POD
Tratamentos	6	9614,0731**	47,5041**	7287,3739**	147,5389**
Resíduos	21	876,0510	0,5432	23,9655	2,0827
Coefficiente de Variação (%)		8,44	5,50	4,98	8,19

** = F significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 7A – Valores médios obtidos para as características peso total – PT (g), peso do pedúnculo – PP (g), peso da castanha – PC (g), diâmetro basal – DB (cm), diâmetro apical – DA (cm), comprimento – CP (cm) e firmeza da polpa – FP (N) de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP 76 durante o desenvolvimento e maturação.

Estádios	PT	PP	PC	DB	DA	CP	FP
1	46,57 e	30,97 e	14,35 a	3,31 e	2,65 e	6,61 c	65,63 a
2	64,22 d	54,72 d	9,50 b	4,25 d	3,25 d	6,61 c	33,80 b
3	77,12 d	67,95 d	9,47 b	4,71 c	3,62 cd	6,63 c	24,10 c
4	95,23 c	88,93 c	9,00 b	5,26 b	3,82 c	7,21 bc	16,79 cd
5	108,96 c	100,64 c	8,32 b	5,51 b	4,05 bc	7,49 b	15,00 de
6	142,35 b	133,51 b	8,84 b	6,05 a	4,48 ab	7,83 ab	11,87 de
7	178,64 a	169,79 a	8,82 b	6,41 a	4,90 a	8,24 a	8,51 e

Tabela 8A – Valores médios obtidos para as características sólidos solúveis totais – SST (°Brix), acidez total titulável – ATT (% ácido málico), relação SST/ATT – RSA, pH, açúcares redutores – AR (%), sacarose – SC (%) e amido – AD (%) de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP 76 durante o desenvolvimento e maturação.

Estádios	SST	ATT	RSA	pH	AR	SC	AD
1	6,49 e	0,23 c	28,27 c	4,94 a	4,07 c	0,01 c	5,43 a
2	7,41 de	0,27 abc	27,78 c	4,77 b	5,06 c	0,01 c	4,22 b
3	8,35 cd	0,26 bc	32,47 bc	4,65 bc	6,74 b	0,32 ab	3,39 bc
4	9,72 bc	0,30 ab	32,44 bc	4,55 cd	7,88 ab	0,12 bc	2,89 cd
5	11,11 ab	0,31 a	36,36 ab	4,36 e	8,25 ab	0,40 ab	2,24 de
6	12,22 a	0,29 ab	42,63 a	4,50 d	8,52 a	0,13 bc	1,79 e
7	12,44 a	0,29 ab	43,61 a	4,53 d	9,23 a	0,50 a	1,50 e

Tabela 9A – Valores médios obtidos para as características pectina total – PT (mg/100 g), pectina solúvel – PS (mg/100 g), percentual de solubilização – PES, clorofila total – CLT (mg/100 g), antocianinas totais – AT (mg/100 g), carotenóides totais – CAT (mg/100 g) e vitamina C total – VCT (mg/100 g) de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP 76 durante o desenvolvimento e maturação.

Estádios	PT	PS	PES	CLT	AT	CAT	VCT
1	157,50 a	10,15 a	6,46 d	53,26 a	4,49 d	1,25 d	36,44 d
2	147,50 ab	9,77 ab	6,64 cd	36,95 b	4,80 d	2,50 d	73,76 c
3	140,00 b	9,35 ab	6,70 bcd	28,62 bc	8,78 c	14,00 c	110,36 b
4	125,00 c	9,81 ab	7,87 abc	18,84 cd	16,04 b	22,00 b	185,13 b
5	112,50 c	8,93 b	7,95 ab	13,76 d	20,26 a	30,550 a	203,47 ab
6	112,50 c	8,94 b	7,96 ab	7,97 d	20,28 a	32,00 a	227,87 a
7	112,50 c	9,00 ab	8,01 a	6,52 d	21,48 a	32,00 a	229,10 a

Tabela 10A – Valores médios obtidos para as características fenólicos poliméricos – FP (%), fenólicos oligoméricos – FO (%), fenólicos dímeros – FD (%), cálcio total – CT (mg/100 g), cálcio solúvel – CS (mg/100 g) e % CS/CT – CST de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP 76 durante o desenvolvimento e maturação.

Estádios	FP	FO	FD	CT	CS	CST
1	0,07 f	0,29 b	0,32 a	28,34 a	7,34 a	26,08 c
2	0,09 e	0,24 d	0,29 bc	20,98 b	6,31 a	30,54 c
3	0,11 d	0,24 d	0,28 d	16,81 c	6,55 a	38,95 bc
4	0,19 c	0,26 c	0,30 b	12,74 d	6,28 a	49,63 ab
5	0,22 b	0,29 ab	0,29 cd	12,36 d	6,81 a	54,78 a
6	0,23 b	0,30 ab	0,30 b	10,90 d	6,02 a	55,17 a
7	0,24 a	0,30 a	0,29 cd	10,79 d	6,52 a	60,60 a

Tabela 11A – Valores médios obtidos para as características rendimento – RE (%), celulose – CL (% MPC), hemicelulose – HC (% MPC), cálcio ligado – CLI (mg/100 g MPC), grau de esterificação – GE (% MPC), uronídeos totais – UT (% MPC) de material de parede celular (MPC) de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP 76 durante o desenvolvimento e maturação.

Estádios	RE	CL	HC	CLI	GE	UT
1	41,31 a	28,00 a	19,81 b	52,12 a	24,44 a	28,11 d
2	31,24 b	28,45 a	19,11 b	41,71 b	25,50 a	32,76 cd
3	22,46 c	28,79 a	24,51 a	43,34 ab	27,03 a	36,44 bc
4	16,88 d	27,87 a	22,45 ab	42,25 b	26,25 a	39,30 ab
5	14,31 de	26,02 a	21,12 ab	46,68 ab	26,48 a	41,89 ab
6	12,92 ef	28,80 a	21,96 ab	46,10 ab	26,78 a	42,59 ab
7	11,20 f	27,62 a	18,22 b	47,59 ab	27,32 a	45,28 a

Tabela 12A - Valores médios obtidos para as características pectinametilesterase – PME (UAE/min/g), poligalacturonase – PG (UAE/min/g), polifenoloxidase – PPO (UAE/min/g) e peroxidase – POD (UAE/min/g) de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP 76 durante o desenvolvimento e maturação.

Estádios	PME	PG	PPO	POD
1	279,00 b	9,22 b	53,32 e	26,39 a
2	279,00 b	9,95 b	61,10 de	25,99 a
3	374,40 a	10,08 b	67,25 d	17,68 b
4	381,85 a	15,37 a	81,86 c	13,27 c
5	377,41 a	15,98 a	127,74 b	13,15 c
6	380,40 a	16,59 a	132,87 b	13,13 c
7	382,50 a	16,59 a	163,33 a	13,72 c

Tabela 13A – Quadrados médios das análises de variância para as características firmeza da polpa – FP (N), perda de peso – PP (%), pH, acidez total titulável – ATT (% ácido málico), relação SST/ATT – RSA de pedúnculos de cajuero anão precoce CCP 76 submetidos a tratamento pós-colheita com cálcio e armazenados durante 25 dias sob atmosfera modificada em temperatura de 5°C ± 1°C e umidade relativa de 88% ± 3%.

Causas de variação	Graus de Liberdade	Quadrados Médios				
		FP	PP	pH	ATT	RSA
Doses de cálcio	(3)	2,5620**	0,0002 ^{ns}	0,0094 ^{ns}	0,0009 ^{ns}	7,7011 ^{ns}
Regressão linear	1	3,7314**				
Regressão quadrática	1	3,5407**				
Regressão cúbica	1	0,4140 ^{ns}				
Tempo	(5)	1,5745**	2,4466**	0,1014**	0,0039**	89,9498**
Regressão linear	1	5,6498**	11,9453**	0,5037**	0,0057**	6,2885 ^{ns}
Regressão quadrática	1	1,5494**	0,2012**	0,0027 ^{ns}	0,0012 ^{ns}	2,2705 ^{ns}
Regressão cúbica	1	0,3217 ^{ns}	0,029**	0,0000 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	38,8761 ^{ns}
Desvio de regressão	2	0,1758 ^{ns}	0,0286**	0,0003 ^{ns}	0,0062 ^{ns}	201,1569 ^{ns}
Doses x Tempo	15	0,1409 ^{ns}	0,0068 ^{ns}	0,0080 ^{ns}	0,0010 ^{ns}	13,6360 ^{ns}
Resíduo	48	0,1124	0,0038	0,0067	0,0006	16,2908
Coeficiente de						
Variação (%)		9,6267	2,0015	1,7863	9,0725	10,0926

**, ^{ns} = F significativo ao nível de 1% e não significativo, respectivamente.

**^{ns} = F significativo ao nível de 1% e não significativo, respectivamente.

Tabela 14A – Quadrados médios das análises de variância para as características % de cálcio solúvel/cálcio total – CST, antocianinas totais – AT (mg/100 g), vitamina C – VC (mg/100 g), pectina total – PT (mg/100 g), pectinametilesterase – PME (UAE/min/g) e poligalacturonase – PG (UAE/min/g) de pedúnculos de cajeiro anão precoce CCP 76 submetidos a tratamento pós-colheita com cálcio e armazenados durante 25 dias sob atmosfera modificada em temperatura de 5°C ± 1°C e umidade relativa de 88% ± 3%.

Causas de variação	Graus de Liberdade	Quadrados Médios					
		CST	AT	VC	PT	PME	PG
Doses de cálcio	(3)	347,4751**	8,4629**	232,5816 ^{ns}	26,00956 ^{ns}	163,3149 ^{ns}	5,59394 ^{ns}
Regressão linear	1	9,7963 ^{ns}	13,7788**				5,55786 ^{ns}
Regressão quadrática	1	1031,7540**	6,8323*				
Regressão cúbica	1	0,8749 ^{ns}	4,7775 ^{ns}				
Tempo	(5)	242,3057**	1756,7173**	11006,4386**	518,09306*	11875,7120**	
Regressão linear	1	621,6080**	806,5792**	45856,1342**	1438,957543*	23670,3892**	
Regressão quadrática	1	471,5551**	0,2840 ^{ns}	7827,6909**	95,694381 ^{ns}	6891,7802**	
Regressão cúbica	1	2,8239 ^{ns}	53,8275**	38,9540 ^{ns}	595,581022 ^{ns}	23755,2936**	
Desvio de regressão	2	57,7706 ^{ns}	11,4479**	654,7069 ^{ns}	230,116174 ^{ns}	2530,5484**	
Doses x Tempo	15	65,4604 ^{ns}	2,6067 ^{ns}	200,6652 ^{ns}	99,35996 ^{ns}	311,9803 ^{ns}	0,88087 ^{ns}
Resíduo	48	50,1179	1,4302	243,0052	187,02992	574,0575	2,75146
Coeficiente de Variação (%)		12,9883	9,3341	6,7697	9,6002	5,3242	10,51

** , * e ^{ns} = F significativo ao nível de 1%, 5% e não significativo, respectivamente.

Tabela 15A – Quadrados médios das análises de variância para as características sólidos solúveis totais – SST (°Brix), fenólicos poliméricos – FP (%), fenólicos dímeros – FD (%), fenólicos oligoméricos – FO (%), senescência – SC (escala 0 - 4) de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP 76 submetidos a tratamento pós-colheita com cálcio e armazenados durante 25 dias sob atmosfera modificada em temperatura de $5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $88\% \pm 3\%$.

Causas de variação	Graus de Liberdade	Quadrados Médios				
		SST	FP	FD	FO	SC
Doses de cálcio	3	1,6495**	0,0030**	0,0025**	0,0021*	0,2800**
Tempo	5	3,9141**	0,0418**	0,0129**	0,0187**	7,6250**
Doses x Tempo	(15)	(0,5029*)	(0,00111*)	(0,0009*)	(0,0013*)	(0,1218**)
Tempo dentro de dose 1						
1º grau	1	7,6190**	0,0452**	0,0254**	0,0312**	8,1027**
2º grau	1	5,4767**	0,0000 ^{ns}	0,0004 ^{ns}	0,0047*	0,9229**
3º grau	1	1,8668**	0,0023*	0,0006 ^{ns}	0,0019 ^{ns}	0,0028 ^{ns}
desvio de regressão	2	0,4209 ^{ns}	0,0008 ^{ns}	0,0006 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,4111 ^{ns}
Tempo dentro de dose 2						
1º grau	1	4,8914**	0,0484**	0,0066**	0,0084 ^{ns}	7,241**
2º grau	1	0,3359 ^{ns}	0,0069**	0,0041**	0,0015 ^{ns}	0,0300*
3º grau	1	0,3276 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0009 ^{ns}	0,0016 ^{ns}	0,0973**
desvio de regressão	2	0,2187 ^{ns}	0,0006 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,0018 ^{ns}	0,4746v
Tempo dentro de dose 3						
1º grau	1	0,6914 ^{ns}	0,0437**	0,0096**	0,0110**	9,6429**
2º grau	1	0,0121 ^{ns}	0,0004 ^{ns}	0,0055**	0,0089**	0,1428**
3º grau	1	0,7444 ^{ns}	0,0006 ^{ns}	0,0007 ^{ns}	0,0006 ^{ns}	0,1041**
desvio de regressão	2	0,5755 ^{ns}	0,0010 ^{ns}	0,0009 ^{ns}	0,0042**	0,4300 ^{ns}
Tempo dentro de dose 4						
1º grau	1	1,7281*	0,0669**	0,0158**	0,0208**	9,6429**
2º grau	1	0,3286 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,0019*	0,0051**	0,1429**
3º grau	1	0,0500 ^{ns}	0,0050 ^{ns}	0,0025*	0,0008 ^{ns}	0,1042**
desvio de regressão	2	0,3061 ^{ns}	0,0004 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	0,0021*	0,4300 ^{ns}
Resíduo	48	0,2485	0,0005	0,0004	0,0007	0,0069
Coefficiente de Variação (%)		4,5511	8,9023	7,0539	8,3969	10,00

**, * e ^{ns} = F significativo ao nível de 1%, 5% e não significativo, respectivamente.

Tabela 16A – Quadrados médios das análises de variância para as características açúcares solúveis totais – AST (%), pectina solúvel – PS (mg/100 g), cálcio total – CT (mg/100 g MS), cálcio solúvel – CS (mg/100 g MS) e cálcio insolúvel – CI (mg/100 g MS) de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP 76 submetidos a tratamento pós-colheita com cálcio e armazenados durante 25 dias sob atmosfera modificada em temperatura de 5°C $\pm$ 1°C e umidade relativa de 88% $\pm$ 3%.

Causas de variação	Graus de Liberdade	Quadrados Médios			
		AST	PS	CT	CI
Doses de cálcio	3	1,9881**	0,36694 ^{ns}	769,8778**	176,2280**
Tempo	5	8,0795**	0,58136*	133,6914**	20,1012**
Doses x Tempo	(15)	1,5287**	0,84297**	58,2049**	13,3717**
Tempo dentro de dose 1					
1º grau	1	35,8773**	0,322538 ^{ns}	0,0840 ^{ns}	9,7158**
2º grau	1	4,7919**	0,584840 ^{ns}	0,0140 ^{ns}	2,1028 ^{ns}
3º grau	1	0,3202 ^{ns}	0,174960 ^{ns}	2,1407 ^{ns}	0,2373 ^{ns}
desvio de regressão	2	0,0997 ^{ns}	1,679679**	0,0430 ^{ns}	0,2797 ^{ns}
Tempo dentro de dose 2					
1º grau	1	8,4521**	3,167258**	8,2526*	0,2919 ^{ns}
2º grau	1	2,7741**	0,121353 ^{ns}	23,8036**	0,7968 ^{ns}
3º grau	1	2,4374**	0,363484 ^{ns}	3,2776 ^{ns}	1,1362 ^{ns}
desvio de regressão	2	0,1666 ^{ns}	0,075801 ^{ns}	10,3978**	4,3669**
Tempo dentro de dose 3					
1º grau	1	2,9643**	0,020602 ^{ns}	35,0309**	9,7675**
2º grau	1	0,0002 ^{ns}	1,215278*	56,3740**	12,9562**
3º grau	1	0,0063 ^{ns}	0,472890 ^{ns}	9,9851*	5,5734*
desvio de regressão	2	0,4919*	0,917471**	11,15503**	1,7379 ^{ns}
Tempo dentro de dose 4					
1º grau	1	0,8589*	0,053122 ^{ns}	464,5239**	104,1779**
2º grau	1	0,5469 ^{ns}	0,324292 ^{ns}	571,6595**	78,9264**
3º grau	1	0,1408 ^{ns}	1,384214**	11,2003*	9,5707**
desvio de regressão	2	1,3205**	1,000308**	156,0011 ^{ns}	26,5299 ^{ns}
Resíduo	48	0,1357	0,183125	1,6887	0,9788
Coeficiente de Variação (%)		4,0577	6,8408	7,2055	10,2577
					16,5344

** , * e ^{ns} = F significativo ao nível de 1%, 5% e não significativo, respectivamente.

Tabela 17A – Valores das médias estimadas pela análise de regressão de firmeza da polpa – FP (N), perda de peso – PP (%), pH, acidez total titulável – ATT (% ácido málico), antocianinas totais – AT (mg/100 g), vitamina C - (mg/100 g), pectina total – PT (mg/100 g) e pectinametilesterase – PME (UAE/min/g) de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP 76 submetidos a tratamento pós-colheita com cálcio e armazenados durante 25 dias sob atmosfera modificada em temperatura de $5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $88\% \pm 3\%$.

Tempo de armazenamento (dias)	FP	PP	pH	ATT	AT	VC	PT	PME
0	16,14	-0,007	4,48	0,29	17,00	253,28	130,59	426,98
5	16,54	0,271	4,53	0,28	16,84	255,22	145,59	413,49
10	16,83	0,563	4,58	0,28	14,35	248,80	143,67	441,89
15	16,99	0,831	4,63	0,27	11,13	234,03	132,43	479,04
20	17,04	1,038	4,68	0,27	8,75	210,89	119,455	491,76
25	16,97	1,148	4,72	0,26	8,79	179,39	112,32	446,90

Tabela 18A – Valores das médias estimadas pela análise de regressão de antocianinas totais – AT (mg/100 g), firmeza da polpa – FP (N) de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP 76 submetidos a tratamento pós-colheita com cálcio e armazenados durante 25 dias sob atmosfera modificada em temperatura de $5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $88\% \pm 3\%$.

Doses de cálcio (%)	AT	FP
0,0	13,68	16,23
0,5	12,84	16,78
1,0	12,34	17,08
2,0	12,39	16,92

Tabela 19A – Valores das médias estimadas pela análise de regressão de sólidos solúveis totais – SST (°Brix), fenólicos poliméricos – FP (%), fenólicos dímeros – FD (%), fenólicos oligoméricos – FO (%), açúcares solúveis totais – AST (%) de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP 76 submetidos a tratamento pós-colheita com cálcio e armazenados durante 25 dias sob atmosfera modificada em temperatura de $5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $88\% \pm 3\%$.

Tempo (dias)	Doses de cálcio (%)	SST	FP	FD	FO	AST
0	0,0	12,74	0,33	0,36	0,35	12,28
	0,5	12,07	0,32	0,32	0,35	11,00
	1,0	11,16	0,31	0,30	0,30	9,37
	2,0	11,47	0,33	0,33	0,34	9,19
5	0,0	10,77	0,28	0,33	0,35	10,62
	0,5	4,77	0,32	0,34	0,34	9,17
	1,0	10,50	0,28	0,32	0,32	9,13
	2,0	11,77	0,33	0,36	0,35	9,07
10	0,0	10,12	0,26	0,31	0,34	9,38
	0,5	11,47	0,30	0,34	0,33	8,65
	1,0	11,16	0,25	0,32	0,33	8,90
	2,0	11,40	0,28	0,34	0,35	8,94
15	0,0	10,22	0,24	0,29	0,32	8,56
	0,5	11,16	0,27	0,33	0,31	8,78
	1,0	11,14	0,22	0,30	0,31	8,66
	2,0	10,50	0,22	0,31	0,33	8,81
20	0,0	10,45	0,22	0,27	0,28	8,14
	0,5	10,86	0,23	0,30	0,30	8,90
	1,0	11,46	0,19	0,28	0,28	8,62
	2,0	11,16	0,18	0,28	0,29	8,68
25	0,0	10,25	0,16	0,25	0,23	8,14
	0,5	10,55	0,17	0,27	0,29	8,32
	1,0	10,25	0,17	0,23	0,23	8,18
	2,0	11,00	0,19	0,27	0,25	8,56

Tabela 20A – Valores das médias estimadas pela análise de regressão de senescência – SC (escala 0 – 4), pectina solúvel – PS (mg/100 g), cálcio total – CT (mg/100 g MS), cálcio solúvel – CS (mg/100 g MS) e cálcio insolúvel – CI (mg/100 g MS) de pedúnculos de cajueiro anão precoce CCP 76 submetidos a tratamento pós-colheita com cálcio e armazenados durante 25 dias sob atmosfera modificada em temperatura de $5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $88\% \pm 3\%$.

Tempo (dias)	Doses de cálcio (%)	SC	PS	CT	CS	CI
0	0,0	-0,0267	6,0600	12,6326	7,2782	5,1552
	0,5	-0,1117	6,8834	12,6115	8,4766	4,7748
	1,0	-0,1051	6,8411	13,5745	8,4687	4,9339
	2,0	-0,1051	5,5935	13,1123	7,9974	5,0579
5	0,0	0,0029	5,3400	12,6200	6,8481	5,5471
	0,5	0,3624	6,6378	14,8521	8,3933	5,2627
	1,0	0,3472	6,4047	15,5974	9,0414	6,7968
	2,0	0,3472	6,4481	23,3956	11,1664	12,3044
10	0,0	0,2143	6,8600	12,6405	6,4178	5,9390
	0,5	0,6679	6,3922	16,1706	9,1300	6,8574
	1,0	0,6627	6,1765	18,2412	10,4577	7,9210
	2,0	0,6627	6,4356	31,3207	14,6534	16,7109
15	0,0	0,6071	6,7000	12,6115	5,9877	6,3309
	0,5	0,9391	6,1466	16,5670	9,5966	8,3197
	1,0	0,9801	6,1567	20,1459	11,7018	8,3066
	2,0	0,9801	6,0624	35,4474	17,1270	18,2776
20	0,0	1,1815	6,0100	12,6464	5,5575	6,7229
	0,5	1,3101	5,9010	16,0415	7,0733	8,4099
	1,0	1,4385	6,3452	19,9518	11,7577	7,9534
	2,0	1,4385	5,8347	34,3356	17,2556	17,0044
25	0,0	1,9375	6,2400	12,6568	5,1273	7,1148
	0,5	1,9153	5,6553	14,5939	8,6533	5,8887
	1,0	2,1766	6,7421	16,2990	9,6094	6,8615
	2,0	2,1766	6,2588	26,5450	13,7094	12,8913