



Universidade Federal do Ceará
Departamento de Tecnologia de Alimentos
Curso de Mestrado em Tecnologia de Alimentos

Soraya de Oliveira Sancho

**EFEITO DO PROCESSAMENTO SOBRE CARACTERÍSTICAS DE
QUALIDADE DO SUCO DE CAJU (*Anacardium occidentale* L.).**

Fortaleza-Ceará
2006

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
CURSO DE MESTRADO EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

SORAYA DE OLIVEIRA SANCHO

**EFEITO DO PROCESSAMENTO SOBRE CARACTERÍSTICAS DE
QUALIDADE DO SUCO DE CAJU (*Anacardium occidentale* L.).**

**FORTALEZA
2006**

SORAYA DE OLIVEIRA SANCHO

**EFEITO DO PROCESSAMENTO SOBRE CARACTERÍSTICAS DE
QUALIDADE DO SUCO DE CAJU (*Anacardium occidentale* L.).**

Dissertação submetida à Coordenação
do Curso de Pós-graduação em
Tecnologia de Alimentos, da
Universidade Federal do Ceará, como
requisito parcial para obtenção do grau
de Mestre em Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Geraldo Arraes
Maia

**FORTALEZA
2006**

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-graduação em Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Tecnologia de Alimentos.

A citação de qualquer trecho desta Dissertação é permitida, desde que seja feita de conformidade com as normas da ética científica.

Soraya de Oliveira Sancho

Dissertação aprovada em 31 de agosto de 2006.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Geraldo Arraes Maia
(Orientador)

Prof. Dr. Raimundo Wilane de Figueiredo

Profa. Dra. Sueli Rodrigues.

*Dedico este trabalho de pesquisa aos meus pais **Manoel** e **Francilda Sancho**, pelo carinho, incentivo e apoio ao longo dos meus estudos.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pela oportunidade de estar no mundo e à Sagrada Família pela orientação nos caminhos da vida.

Agradeço aos meus pais Manoel e Francilda pelo apoio afetivo sem o qual não teria sido possível este trabalho, aos meus irmãos Emmanuelle e Daniel que sempre me inspiraram pela retidão da postura de sempre lutar pelo melhor possível.

A todos os meus familiares, especialmente a tia Ana e as vovós Necília e Cesarina (*in memoriam*), pelas orações e carinho que sempre me acompanharam desde os tempos de criança.

Agradeço imensamente meu orientador, Prof. Dr. Geraldo Arraes Maia, pelos ensinamentos e constante incentivo, além da confiança depositada neste trabalho de dissertação.

Àquele que foi meu primeiro orientador, Prof. Dr. Raimundo Wilane de Figueiredo pelo apoio e amizade, além da valiosa contribuição e esclarecimentos que permearam todo o texto.

A Profa. Dra. Sueli Rodrigues, que contribuiu com importantes apontamentos, me acolhendo com grande carinho e dedicação no Laboratório de Biotecnologia, ao qual me proporcionou significativos conhecimentos na área de cromatografia.

Ao Prof. Dr. Fabiano André Narciso Fernandes, que gentilmente aceitou participar como suplente da banca examinadora.

A todos os colegas de curso de mestrado, especialmente a Vanessa, Robson, Kelen, Rita, Antônia, Jussára, Ana Maria, Cristiane, Fernanda, Alex-Sandra, Williams, Franzé, Leda, Gilmara e tantos outros que sempre guardavam palavras amigas nos momentos difíceis e proporcionaram momentos inesquecíveis durante o decorrer do curso.

Aos colegas do Laboratório de Frutos, sempre presentes e disponíveis, D. Vandira, D. Hilda, Bárbara, Ilane, Giovana, Valquíria, Aline, Andréa, Gerusa, Anália, Ana Paula, Ana Maria, Paulo Henrique, Everaldo, Joélia, especialmente à Daniele, pela valiosa contribuição nas análises físico-químicas e químicas realizadas.

Aos colegas do Laboratório de Biotecnologia, Carla, Rosane, Alexandre, Anita, Anaísa, Talita, Christiane, Hélder e em especial a Cristiane Rabelo, pela amizade e inestimável colaboração durante as análises cromatográficas.

A todos os professores e funcionários do Departamento de Tecnologia de Alimentos, em especial aos secretários Pereira e Paulo Mendes, pelo carinho, colaboração e amizade durante o decorrer da minha vida acadêmica.

À Universidade Federal do Ceará, pela oportunidade de avançar mais um passo em busca de minha realização profissional.

À Jandaia agroindústria Itda. que forneceu as amostras de suco de caju utilizadas neste experimento, especialmente ao Sr. Xavier, que gentilmente me recebeu nesta empresa.

A FUNCAP pela concessão da bolsa de estudos que muito contribuiu para a realização deste trabalho.

A todos que colaboraram direta ou indiretamente para a concretização deste sonho.

“O único modo de evitar os erros é adquirindo experiência; mas a única maneira de adquirir experiência é cometendo erros.”

(Autor desconhecido)

RESUMO

Durante o processamento industrial ocorrem modificações nos componentes dos frutos que afetam sensivelmente suas propriedades, tais como sabor, aroma e também o valor nutritivo. Deste modo, torna-se importante verificar suas variações sob influência das operações durante o processamento de sucos. Com o objetivo de determinar estas alterações, foi realizada uma caracterização química e físico-química do suco de caju com alto teor de polpa, em várias etapas do seu processamento industrial. Foram analisados três lotes de suco de caju após as etapas de formulação, homogeneização e pasteurização, realizando-se em cada uma delas as determinações de acidez, pH, sólidos solúveis totais, açúcares redutores, não-redutores e totais, atividade de água (A_w), carotenóides, antocianinas, ácido ascórbico e ácido fólico, sendo que, para este último, foi necessário desenvolver uma metodologia analítica específica, tendo em vista sua ausência na literatura para o suco em estudo. Ao final do experimento, constatou-se que os parâmetros de sólidos solúveis totais, acidez, atividade de água, vitaminas e pigmentos apresentaram variações significativas durante as etapas do processamento. As perdas de ácido ascórbico, carotenóides e antocianinas foram mais elevadas na etapa de pasteurização. O ácido fólico apresentou um comportamento diferenciado, apresentando variação significativa entre as etapas de formulação e homogeneização. Estes resultados demonstram que as vitaminas e os pigmentos presentes nos frutos podem ser comprometidos durante a fabricação de sucos, naturalmente devido à sua instabilidade frente a altas temperaturas e interação com o oxigênio, de modo que devem ser determinadas quais as melhores condições a serem adotadas pela indústria de sucos a fim de minimizar estas perdas, tendo em vista que se tratam de substâncias que resultam em benefícios à saúde humana e, portanto, devem ser preservadas sempre que possível.

Palavras-chave: caju, suco, processamento industrial, ácido fólico, qualidade, valor nutritivo.

ABSTRACT

During the industrial processing modifications in the components of the fruits that affect sensitively their property, like taste, smell and nutrition's value usually occurs. Thus it is important to verify their variations under the influence of the operating conditions during the juice's processing. The objective of the present work was to determine these changes carrying out a chemical and physics- chemistry characterization of cashew's apple juice with high pulp content, in some stages of industrial processing. Three samples of cashew's juice, collected after the stages of formulation, homogenization and pasteurization, were analyzed I order quantify pH, total soluble solids, reducing sugars, total sugars, non reducing sugars, water activity (A_w), carotenoids, anthocyanins, ascorbic acid and folic acid. To folic acid determination it was necessary to develop a specific analytical methodology due to the absence of literature about this juice. According to the results total soluble solids water activity, vitamins and pigments showed significant variations during the processing. The losses of ascorbic acid, carotenoids and anthocyanins were higher in the pasteurization stage. The folic acid showed a different behavior, significant variations were observed only between the stages of formulation and homogenization. These results shows that the vitamins and the pigments present in the fruits are changed during the manufacture of the juices due to their instability at high temperatures in presence of oxygen. The presented results can be useful to improve the industrial processing of fruits juices in order to minimize these losses since the substances related to the human health benefits that should be preserved always it is possible.

Key- words: cashew, juice, industrial processing, folic acid, quality, nutritional value.

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
1	Valores médios das características químicas e físico-químicas do pedúnculo de caju de diferentes clones de cajueiro anão.....	19
2	Composição média de vitaminas no pedúnculo do caju.....	20
3	Composição média de vitaminas em diversas frutas.....	20
4	Padrões de identidade e qualidade do suco de caju com alto teor de polpa.....	23
5	Exemplos de algumas frutas que contêm folatos.....	36
6	Distribuição de carotenóides em diversos frutos.....	44
7	Concentração de carotenóides em caju das variedades vermelha e amarela.....	46
8	Carotenóides encontrados em suco concentrado de caju ..	46
9	Teores de β -caroteno em algumas frutas.....	47
10	Composição da fase móvel com gradiente, em comprimento de onda de 285nm.....	74
11	Valores dos quadrados médios (QM) das análises realizadas em diferentes etapas do processamento do suco de caju	76
12	Valores médios de sólidos solúveis totais ($^{\circ}$ Brix) em diferentes etapas do processamento do suco de caju	77
13	Valores médios de pH em diferentes etapas do processamento do suco de caju.....	79
14	Valores médios de acidez (% de ácido cítrico) em diferentes etapas do processamento do suco de caju	81
15	Valores médios de açúcares redutores (% em glicose) em diferentes etapas do processamento do suco de caju.....	82
16	Valores médios de açúcares não-redutores (% em sacarose) em diferentes etapas do processamento do suco de caju.....	84
17	Valores médios de açúcares totais em diferentes etapas do processamento do suco de caju	86
18	Valores médios de atividade de água (Aw) em diferentes etapas do processamento do suco de caju.....	87
19	Valores médios de ácido ascórbico (vitamina C) em diferentes etapas do processamento do suco de caju.....	88
20	Valores médios de ácido fólico (vitamina B ₉) em diferentes etapas do processamento do suco de caju.....	91
21	Valores médios de carotenóides totais em diferentes etapas do processamento do suco de caju.....	95
22	Valores médios de antocianinas totais em diferentes etapas do processamento do suco de caju.....	96

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Fluxograma das operações seguidas para obtenção do suco de caju com alto teor de polpa pelo processo <i>hot fill</i> . .	24
2	Estrutura molecular do ácido <i>L</i> -ascórbico	29
3	Estrutura molecular do ácido <i>L</i> -dehidroascórbico.	29
4	Estrutura molecular do 3,4 enediol.	34
5	Estrutura do retinol.	48
6	Estrutura básica dos flavonóides.	56
7	Estrutura do α -tocoferol.	57
8	Estrutura do íon flavílum ou 2-fenil-benzopirílum.	59
9	Fluxograma reduzido das operações seguidas para obtenção do suco de caju com alto teor de polpa pelo processo <i>hot fill</i> , indicando os pontos de amostragem.	65
10	Cartucho típico empregado para extração em fase sólida. .	71
11	Etapas de extração em fase sólida para isolamento de um composto	71
12	Perfis cromatográficos da amostra de suco de caju sem extração em cartuchos (A), com extração em cartuchos (B) e sobreposição dos cromatogramas anteriores (C).	93

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	REVISÃO DA LITERATURA	17
2.1	Caju	17
2.2	Composição química do caju	19
2.3	Sucos de frutas	21
2.3.1	Suco de caju	22
2.3.2	Processamento industrial	23
2.3.3	Efeito do processamento sobre os constituintes do suco	27
2.3.3.1	Ácido ascórbico (vitamina C)	27
2.3.3.1.1	Significado nutricional	29
2.3.3.1.2	Biossíntese do ácido ascórbico	31
2.3.3.1.3	Efeito do processamento sobre o ácido ascórbico	32
2.3.3.2	Ácido fólico (vitamina B₉)	35
2.3.3.2.1	Significado nutricional	36
2.3.3.2.2	Aspectos bioquímicos do ácido fólico	40
2.3.3.2.3	Efeito do processamento sobre o ácido fólico	42
2.3.3.3	Carotenóides	44
2.3.3.3.1	Significado nutricional	47
2.3.3.3.2	Estrutura e nomenclatura	50
2.3.3.3.3	Biossíntese dos carotenóides	51
2.3.3.3.4	Efeito do processamento sobre os carotenóides	52
2.3.3.4	Antocianinas	53
2.3.3.4.1	Significado nutricional	56
2.3.3.4.2	Estrutura e nomenclatura	59
2.3.3.4.3	Biossíntese das antocianinas	60
2.3.3.4.4	Efeito do processamento sobre as antocianinas	61
3	MATERIAL E MÉTODOS	64
3.1	Matéria-prima	64
3.1.1	Coleta das amostras	64
3.1.2	Armazenagem das amostras	65
3.2	Determinações químicas e físico-químicas	66
3.2.1	Sólidos solúveis totais (°Brix)	66
3.2.2	pH	66
3.2.3	Acidez total titulável	66
3.2.4	Açúcares redutores	66
3.2.5	Açúcares não-redutores	67
3.2.6	Açúcares totais	67
3.2.7	Atividade de água (A_w)	67
3.2.8	Ácido ascórbico (vitamina C)	67
3.2.9	Ácido fólico (vitamina B₉)	68
3.2.9.1	Determinação de ácido fólico por CLAE	68
3.2.9.2	Reagentes	69
3.2.9.3	Equipamento	69
3.2.9.4	Método	70
3.2.9.5	Extração em fase sólida	70
3.2.9.5.1	Técnica de extração em fase sólida utilizada	72

3.2.9.6	Preparação dos padrões de ácido fólico	73
3.2.9.7	Condições de separação	73
3.2.9.8	Curva de calibração	75
3.2.10	Carotenóides totais	75
3.2.11	Antocianinas totais	75
3.3	Delineamento experimental	75
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	76
4.1	Sólidos solúveis totais (°Brix)	76
4.2	pH	78
4.3	Acidez total titulável	80
4.4	Açúcares redutores	82
4.5	Açúcares não-redutores	84
4.6	Açúcares totais	85
4.7	Atividade de água (A_w)	87
4.8	Ácido ascórbico (vitamina C)	88
4.9	Ácido fólico (vitamina B₉)	91
4.10	Carotenóides totais	94
4.11	Antocianinas totais	96
5	CONCLUSÕES	98
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	99
	ANEXOS	121

1 INTRODUÇÃO

A importância do consumo de frutas na alimentação está amplamente documentada na literatura, tendo sido um dos principais aspectos na diferenciação das dietas de populações com menor risco/incidência de doenças crônicas (PAPAS, 1999).

De acordo com NESS & POWLES (1997), os benefícios da ingestão de frutas para a saúde são conhecidos através dos séculos e estudos epidemiológicos demonstraram claramente suas ações como protetores em estados severos de doenças crônicas, incluindo doenças cardiovasculares.

O Brasil, maior produtor mundial de frutas, produz 32 milhões de toneladas em 2,2 milhões de hectares, gerando 4 milhões de empregos diretos e indiretos. Entretanto, tem pouca participação na exportação mundial com receita de US\$ 1,1 bilhão/ano, dos quais 90% são representados pelos frutos cítricos (GRANADA, 2004).

De acordo com a SEAGRI (Secretaria da Agricultura e Pecuária do Estado do Ceará) (2003) de 18 mil hectares cultivados em 1999, o Ceará passou para 26,7 mil hectares em 2003 (incremento de 48 %) ampliando em 8,7 mil hectares a área irrigada de frutas no Estado, projetando uma área de 46 mil hectares em 2007 e 50,8 mil hectares até 2010, correspondendo a um aumento de 182 % no período ou cerca de 15 % ao ano.

Dentre as frutas cultivadas no Nordeste, o caju merece destaque tendo em vista sua importância sócio-econômica para o país, em função da exploração de quase 1 milhão de hectares de cajueiros, que mobilizam no campo cerca de 280 mil pessoas e proporcionam uma produção de 217.062 toneladas de castanha e 2 milhões de toneladas de pedúnculo por ano. No entanto, há uma sub-utilização do pedúnculo, pois o principal produto de comercialização é a castanha (OLIVEIRA & ANDRADE, 2004).

Deste modo, estima-se que o aproveitamento do pedúnculo para industrialização esteja em torno de apenas 5 %, o que significa uma perda de 95 % do total da produção anual. Dentre os fatores de influência estão a alta perecibilidade do pedúnculo do caju, associada ao curto período de safra e a inexistência de métodos econômicos de preservação da matéria-prima (COSTA, 1999).

Vale ressaltar, contudo, que a utilização do pedúnculo torna-se também uma fonte de renda, principalmente quando aproveitado industrialmente para a produção de sucos, doces, cajuína, bebidas alcoólicas, sorvetes, mocororó e outros produtos alimentícios, além de usos medicinais (SILVA, 1999; AGUIAR, 2001).

De acordo com COSTA *et al.* (2000), o segmento de sucos é considerado da maior importância na industrialização do pedúnculo de caju, com grande potencial no mercado nacional e internacional. Estudos realizados por SKLIUTAS *et al.* (2000), relatam que o suco de caju é o segundo suco de frutas mais consumido no Brasil.

Segundo dados da ACNielsen¹, o mercado de sucos movimentou, no ano passado, cerca de R\$ 707 milhões de reais, o que corresponde a um aumento de 27% sobre 2004. Enquanto os refrigerantes, as águas minerais e as cervejas oferecem uma margem líquida de 2% a 3%, os sucos prontos e a água de coco geraram um retorno de 10% de lucro (EMPRESAS, 2006).

A produção de suco de caju, principalmente para o Nordeste, representa além da geração de emprego e renda, uma das formas bastante apreciadas de utilização do pedúnculo, contribuindo inclusive no aspecto nutricional da dieta do nordestino, considerada pobre e desequilibrada (AGUIAR, 2001).

¹ Empresa de pesquisa de mercado. Através das informações e análises realizadas pela ACNielsen, os fabricantes acompanham as movimentações do mercado, bem como a participação de suas marcas, e os varejistas avaliam a rentabilidade de marcas e categorias de produtos.

O suco de caju é extraído do pseudofruto do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) que é originário das regiões Norte e Nordeste do Brasil, sendo a cajucultura uma atividade de grande relevância sócio-econômica para estas regiões do país (SKLIUTAS *et al.*, 2000).

Entretanto, é importante ressaltar que, embora o caju apresente elevados percentuais de vitaminas e outros nutrientes importantes para a saúde, estes poderão sofrer significativa redução por influência das operações a que será submetido. Notadamente, apesar do elevado consumo de sucos prontos, que em 2004 chegou a 300 milhões de litros anuais (SOUZA, 2004), observa-se que não existem na literatura dados quantitativos que mostrem os efeitos dessas operações sobre os seus constituintes, tornando-se importante o conhecimento de tais informações a fim de que seja preservada sua qualidade final.

Deste modo, o presente trabalho teve como objetivo avaliar as características químicas e físico-químicas do suco de caju com alto teor de polpa, em várias etapas do processamento industrial, comparando-o com outros sucos de frutas. Estas informações permitirão entender melhor as alterações que ocorrem durante a transformação da fruta *in natura* em produtos derivados, neste caso, do suco de caju, que é considerado um dos sucos mais importantes do Nordeste brasileiro.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Caju

O nome caju é oriundo da palavra indígena “acaiu”, que, em tupi, quer dizer “noz que se produz”. Entre suas diversas denominações podem ser citadas: Cashu, Casho, Acajuiba, Caju, Acajou, Acaju, Acajaiba, Alcayoiba, Anacarde, Anacardier, Anacardo, Cacajuil, Cajou, Gajus, Jocote Maranon, Maranon, Merey, Noix D’Acajou, Pomme Cajou, Pomme, Jambu, Jambu golok, Jambu mete, Jambu monyet e Jambu terong, (LIMA *et al*, 2001; AGOSTINI-COSTA, 2006; SANTHANAM, 2006).

O cajueiro é uma planta rústica, originária do Brasil, sendo típica de regiões de clima tropical. Na amazônia tropical, as árvores apresentam porte bastante elevado; nos Estados do Nordeste brasileiro, a principal espécie de ocorrência é o *Anacardium occidentale* L., cujas árvores apresentam pequeno e médio porte, sendo a única espécie do gênero que é cultivada com finalidade comercial, enquanto que as demais espécies são exploradas apenas por extrativismo (AGOSTINI-COSTA, 2006; BARROS, 2006).

Trata-se de uma árvore popular na América do Sul, sendo especialmente encontrada nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, representando, neste último, grande importância econômica, sendo responsável pela geração de emprego, renda e impostos, em decorrência dos produtos industrializados oriundos do seu fruto e pseudofruto, principalmente para os Estados do Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte (ASSUNÇÃO & MERCADANTE, 2000a, MAIA, 2000b; MAIA, 2001; MOURA *et al.*, 2001; PETINARI & TARSITANO, 2002).

O verdadeiro fruto do cajueiro é a castanha de caju que apresenta grande valor comercial tanto no Brasil como no exterior, desta forma, o pseudofruto ou pedúnculo acaba por ser sub-utilizado. Este, que apresenta cerca de 10 vezes o peso da castanha, representa uma quantidade enorme de matéria-prima perdida anualmente, valores que chegam a quase um milhão de toneladas anuais no Estado do Ceará, que detém 54,4 % de quase um milhão de hectares plantados no país com esse tipo de lavoura (AGUIAR et al., 2000; ASSUNÇÃO & MERCADANTE, 2000a; MAIA & ALBUQUERQUE, 2000a).

A produção mundial da maioria dos frutos tropicais de importância econômica encontra-se quase que totalmente distribuída nas zonas tropicais e subtropicais dos países menos desenvolvidos. Nessas regiões, os frutos apresentam-se como importante componente da dieta, contribuindo principalmente como fontes de vitaminas e outros nutrientes (SOUZA FILHO et al., 1999).

A utilização do pedúnculo do caju é considerada como uma boa fonte de renda, além de apresentar várias opções tecnológicas de industrialização, principalmente quando aproveitado na elaboração de sucos, doces, refrigerantes, vinhos, polpas e outros produtos alimentícios e no consumo in natura, sendo bastante consumidos nos mercados interno e externo (AGUIAR et al., 2000; ASSUNÇÃO & MERCADANTE, 2000a; BORGES et al., 2000; PETINARI & TARSITANO, 2002; BARROS, 2006).

Segundo COSTA (2003), o Brasil é pioneiro e líder no aproveitamento de pedúnculo do caju, sendo o Estado do Ceará responsável por metade de toda a área de cajueiros nativos do Brasil – cerca de 364 mil hectares (CARDOSO, 2005).

2.2 Composição química do caju

O valor nutritivo do pedúnculo de caju revela-se sob a forma de vitaminas e sais minerais (SOUZA *et al.*, 2002), possuindo cerca de 156 mg a 387 mg de vitamina C, além de minerais como cálcio, ferro e fósforo (AGUIAR *et al.*, 2000), tornando-o matéria-prima adequada para o desenvolvimento de produtos alimentícios diversos, contribuindo na melhoria da saúde e bem-estar da população. A TABELA 1 mostra a composição química média do pedúnculo do caju de três diferentes clones.

TABELA 1 - Valores médios das características químicas e físico-químicas do pedúnculo de caju de diferentes clones de cajueiro anão

Determinações	Valores médios		
	CP - 76	CP - 1001	CP - 06
Açúcares redutores (%)	8,30	8,08	8,24
Vitamina C (mg/100 mL)	158,26	157,64	153,20
Acidez Total (em % ácido cítrico)	0,49	0,47	0,47
Sólidos solúveis (°Brix)	10,76	10,04	9,74
Tanino (%)	0,27	0,31	0,30
pH	4,25	4,21	4,34
Umidade (%)	85,98	86,23	87,20
Fibra (%)	0,06	0,14	0,20
Cálcio (mg/100 g)	16,75	13,65	16,00
Ferro (mg Fe / 100 g)	0,31	0,28	0,34
Fósforo (P_2O_5) (mg/100 g)	30,55	25,85	26,80
Proteína (%)	0,92	0,75	0,64

Fonte: SOUZA FILHO (1987).

SILVA & NAVES (2001) salientam que o caju é considerado uma ótima fonte de vitamina C e boa fonte de vitaminas do complexo B, como riboflavina e tiamina (TABELA 2). Comparando-se com os teores encontrados em outras frutas, é possível verificar que o caju apresenta quantidades superiores de várias vitaminas, com exceção da niacina presente no abacaxi (0,7 mg/100 g), banana (0,6 mg/100 g), mamão (1,0 mg/100 g) e manga (1,2 mg/100 g) conforme mostrado na TABELA 3 (USDA, 2002).

GRANADA (2004) em seu estudo com abacaxi, encontrou resultados superiores para vitamina C, niacina e riboflavina (27,20 mg/100 g, 0,82 mg/100 g e 0,128 mg/100 g, respectivamente) e inferior apenas para tiamina (0,8 mg/100 g), sendo estes resultados inferiores aos encontrados no caju, com exceção da niacina e tiamina.

TABELA 2 – Composição média de vitaminas no pedúnculo do caju

Parâmetros	Concentração
Ácido ascórbico (mg/100 g)	230,80
Tiamina (mg/100 g)	0,20
Riboflavina (mg/100 g)	0,20
Niacina (mg/100 g)	0,50

Fonte: IBGE (2006); FRANCO (1998).

TABELA 3 – Composição média de vitaminas em diversas frutas

Frutas	Vitaminas (mg/100 g)			
	Tiamina	Riboflavina	Niacina	Vitamina C
Abacate	0,03	0,03	0,5	2
Abacaxi	0,14	0,06	0,7	24
Banana	0,05	0,12	0,6	11
Carambola	0,03	0,02	0,04	19
Mamão	0,08	0,10	1	188
Manga	0,12	0,12	1,2	57
Melão	0,02	0,01	0,4	29

Fonte: USDA (2002).

Além de vitaminas, vale ressaltar que, o caju também apresenta em sua composição carotenóides e antocianinas, pigmentos naturais responsáveis por sua coloração característica, que também exercem funções benéficas ao organismo.

AGUIAR *et al.* (2000), encontraram teores médios de carotenóides totais variando de 0,305 mg/100 g a 0,721 mg/100 g em pedúnculos de clone de cajueiro anão-precoce.

MOURA (1998) encontrou teores de antocianinas da ordem de 17,58 mg/100 g em pedúnculos do clone CCP 09, 59,08 mg/100 g para o clone END 157, 17,56 mg/100 g para o clone END 183 e 76,07 mg/100 g para o clone END 189.

2.3 Sucos de frutas

Dentre os diversos produtos que podem ser obtidos das frutas, destacam-se os sucos, que são considerados produtos de primeira linha nas indústrias e de larga aceitação pelos consumidores em todos os continentes, sendo apreciados não só pelo seu sabor, mas, também, por serem fontes de minerais e vitaminas, sendo importantes componentes da dieta humana (MORGANO, 1999).

Em todos os países, os levantamentos estatísticos revelam números crescentes de consumo, tanto *per capita* quanto global (SOARES *et al.*, 2001). De acordo com a EMBRAPA (Empresa brasileira de pesquisa agropecuária) (2006), a comercialização de sucos de frutas tem crescido nos últimos quinze anos, sendo o Brasil o maior produtor e exportador dos países em desenvolvimento. Além das características aromáticas, os frutos ou sucos de frutas, representam excelentes fontes de provitamina A e vitamina C, contribuindo com a saúde e bem-estar da população.

Segundo o Instituto Brasileiro de Frutas, o mercado de sucos e néctares tem crescido a uma média de 14 % ao ano, de 1994 a 2004, sendo que em 2003 o Brasil consumiu aproximadamente 2,2 bilhões de litros de sucos, nas mais diferentes formas. Destes, 579 mil litros eram de sucos integrais, com destaque para caju (51 %) e maracujá (24 %) (AMAYA-FARFAN *et al.*, 2001; EMPRESAS, 2006; PINHEIRO *et al.*, 2006).

A própria falta de tempo da população em preparar sucos de frutas in natura, a praticidade oferecida pelos produtos e principalmente a busca por alimentos mais nutritivos e saudáveis, têm contribuído para o aumento do consumo de sucos de frutas processadas, em substituição ao consumo de outras bebidas, como as carbonatadas. Estes alimentos contêm diferentes fitoquímicos, muitos dos quais possuem propriedade antioxidante que pode estar relacionada com o retardamento do envelhecimento, reduções na ocorrência de mutações e doenças degenerativas, tais como câncer e doenças cardiovasculares (LINDLEY, 1998; MATSUURA & ROLIM, 2002; LIMA, 2002a).

No entanto, SANDI *et al.* (2003) relatam que a participação do Brasil na exportação de sucos vem caindo dada a forte concorrência com países como a Colômbia, Peru e Equador, razão pela qual, o investimento em tecnologia são justificados, para melhorar a produtividade, e os sistemas de produção da fruta.

Estes produtos são definidos pela legislação brasileira, normativa nº 136, em que estabelece os padrões de identidade e qualidade, como sendo suco de fruta límpido ou turvo extraído da fruta, através de processos tecnológicos adequados, não fermentados, de cor, aroma e sabor característicos, submetidos a tratamentos que assegurem a sua apresentação e conservação até o momento do consumo (BRASIL, 2000).

2.3.1 Suco de caju

De acordo com CIANCI *et al* (2005), o mercado interno consome em torno de 40 mil toneladas de suco de caju, o que ainda é muito pouco em relação à produção e a ampliação do mercado exportador, que depende de fatores como a melhoria tecnológica dos processos industriais, além de uma política mercadológica adequada.

Segundo BRASIL (2000a), o suco de caju com alto teor de polpa é definido como sendo a bebida não fermentada e não diluída, obtida da parte comestível do pedúnculo do caju (*Anacardium occidentale* L.), através de processo tecnológico adequado e deverá obedecer à composição (TABELA 4) e características abaixo:

- Cor: variando de branco a amarelado;
- Sabor: próprio, levemente ácido e adstringente;
- Aroma: próprio.

TABELA 4– Padrões de identidade e qualidade do suco de caju com alto teor de polpa

Parâmetros	mín.	máx.
Sólidos solúveis em °Brix, a 20 °C	10,00	-
Acidez total expressa em ácido cítrico (g/100 g)	0,30	-
Ácido ascórbico (mg/100 g)	80	-
Açúcares totais, naturais do caju (g/100 g)	-	15,00
Sólidos totais (g/100 g)	10,5	-

FONTE: BRASIL (2000).

2.3.2 Processamento industrial

Os consumidores de alimentos industrializados têm se preocupado cada vez mais com a qualidade nutricional e sensorial dos mesmos, demandando produtos nutritivos, saborosos e que não contenham conservadores químicos. Os sucos de frutas tropicais atendem a estes requisitos por serem ricos em vitaminas, sais minerais, açúcares e substâncias antioxidantes, além de proporcionarem sabor e aroma agradáveis. Assim, é necessário que as técnicas de processamento e conservação de sucos sejam eficazes em manter nos produtos processados, as características originais das frutas (CIANCI *et al.*, 2005).

Para a obtenção do suco de caju com alto teor de polpa, envasado pelo processo *hot fill*, o fruto deverá ser submetido a várias operações, como pode ser observado através da FIGURA 19.

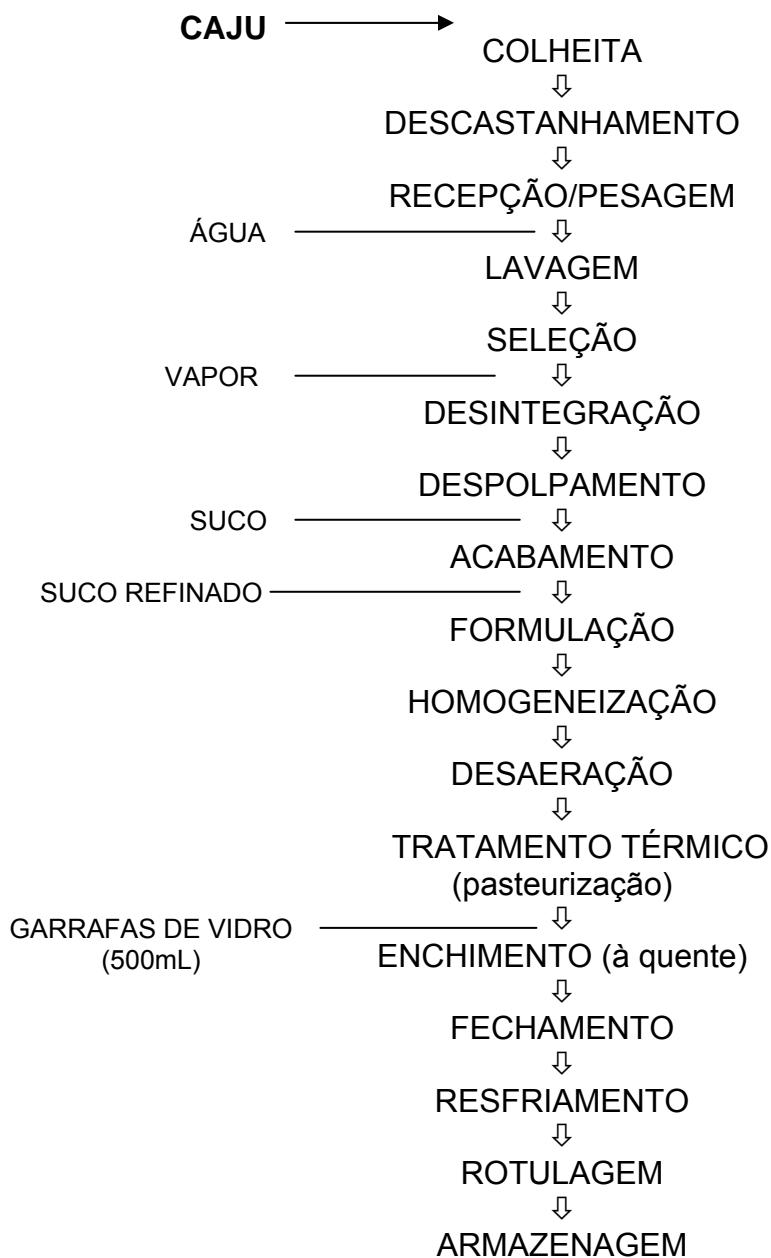


FIGURA 1 – Fluxograma das operações seguidas para obtenção do suco de caju com alto teor de polpa pelo processo *hot fill*.

A seguir, observam-se as etapas descritas por COSTA (1999), para a obtenção do referido suco:

Inicialmente, os cajus são colhidos manualmente, descastanhados e acondicionados em caixas plásticas que são colocadas em caminhões e transportadas para a unidade de processamento, onde são recebidas e pesadas. Em seguida, os pedúnculos são lavados em água corrente, sanitizados e selecionados em esteiras, com a eliminação dos cajus danificados. O material selecionado é então desintegrado, ocasião em que há injeção de vapor, visando inativação enzimática. Em seguida ocorre a despolpa que é efetuada por meio de despolpadeiras com telas de 2 mm e 1 mm, respectivamente. O suco refinado é então bombeado ao tanque de formulação, também conhecido como tanque de equilíbrio.

Nesta etapa ocorre a formulação do produto a fim de se obter uma uniformidade e padronização, que proporcionará um produto final com características desejáveis. Nesta etapa ocorre, basicamente, a mistura dos ingredientes, ajuste do pH (com adição de acidulantes como o ácido cítrico) e conservantes, como benzoato de sódio ($C_7H_5NaO_2$) e dióxido de enxofre (SO_2), geralmente na forma de metabissulfito de sódio ($Na_2S_2O_5$).

A legislação brasileira permite a adição de até 0,2 % de ácido cítrico e os teores de dióxido de enxofre não devem exceder, no suco de caju com alto teor de polpa, a 0,03 g/100 mL (BRASIL, 1998a; COELHO & FERREIRA NETO, 2002).

Em seguida ocorre uma homogeneização à pressão de 10 atm, que tem como finalidade reduzir as partículas a um tamanho uniforme, tendo em vista a estabilidade do produto (SOLER *et al.*, 1991; MAIA, 2001).

Após a homogeneização, o produto segue para um desaerador à vácuo, que tem como objetivo remover o oxigênio dissolvido no suco, a fim de minimizar as reações químicas, tais como a oxidação de vitaminas e o escurecimento do suco (*browning*) (JACKIX, 1988).

Dando continuidade ao processo, o produto é submetido a um tratamento térmico (pasteurização) com a finalidade de completar a estabilização do suco, do ponto de vista microbiológico e enzimático. Este é efetuado em trocador de calor de tubos a 90 °C por 60 segundos (SOLER *et al.*, 1991; PAIVA, 2000).

De acordo com JACKIX (1998), esta operação torna o produto "comercialmente estéril". Este termo significa que o produto apresenta grande esterilidade, no qual todos os organismos patogênicos e formadores de toxina tenham sido destruídos, assim como outros tipos mais resistentes que, se presentes, poderiam desenvolver-se no produto e causar deterioração, sob as condições normais de armazenamento.

Após a pasteurização, o produto é acondicionado ainda quente (85°C) em garrafas seguindo-se de fechamento imediato por cápsulas plásticas (*roll-on*). Após o fechamento, as garrafas são resfriadas em resfriador contínuo de esteiras, rotuladas e acondicionadas em caixas de papelão e armazenadas.

De acordo com COSTA (1999), os sucos integrais, normalmente são acondicionados em embalagens de vidro e para o uso é recomendada a diluição na hora do preparo. Sua vida útil é de doze meses, em média, dependendo do tipo da fruta. ALVES & GARCIA (1993) relatam que entre os sucos estáveis à temperatura ambiente, os de frutas integrais representam cerca de 55 % do consumo interno, sendo o suco de caju o mais popular entre estes.

2.3.3 Efeito do processamento sobre os constituintes do suco

A qualidade de um produto alimentício é um fator que merece atenção, já que, devido a sua ampla natureza, são susceptíveis a perdas de nutrientes, além de mudanças de cor, sabor e aroma, dentre outras (MAIA, 2001).

COSTA (1999) relata que durante o processamento industrial, ocorrem modificações nos componentes dos frutos que afetam sensivelmente suas propriedades sensoriais, tais como: textura, sabor, aroma, e também o valor nutritivo; no entanto, quando as frutas são processadas adequadamente, as perdas em geral são pequenas.

Segundo VINÃS *et al.* (2003), perdas de vitaminas podem ocorrer durante o processamento e armazenamento de alimentos, de modo que estas perdas devem ser repostas por fortificação vitamínica posterior.

2.3.3.1 Ácido ascórbico (vitamina C)

A vitamina C ou ácido ascórbico está distribuído na natureza principalmente em frutos e hortaliças. Sua quantidade em produtos naturais é influenciada por vários fatores, tais como: tipo de solo, forma de cultivo, condições climáticas, procedimentos agrícolas para colheita e armazenamento (BADOLATO *et al.*, 1996).

O pedúnculo de caju é de interesse nutricional e recomendado como alimento por apresentar, principalmente, um elevado teor desta vitamina, ocupando um lugar de destaque entre as frutas tropicais do Nordeste (ASSUNÇÃO & MERCADANTE, 2000a; FIGUEIREDO, 2000).

As fontes de ácido ascórbico são classificadas em diferentes níveis: fontes elevadas contêm de 100 mg/100 g a 300 mg/100 g, como por exemplo morango, goiaba e abacaxi; fontes médias contêm de 50 mg/100 g a 100 mg/100 g, por exemplo laranja, limão e mamão e fontes baixas contêm de 25 mg/100 g a 50 mg/100 g, por exemplo lima, pêra e manga (ANDRADE *et al.*, 2002).

De acordo com LIRA & ALDRIGUE (2000), o caju apresenta um teor máximo de vitamina C no estádio maduro, igual a 293,8 mg/100 g para a variedade amarela e 303,04 mg/100 g para a variedade vermelha. Em seu estudo com cajus da safra de 1999, foram encontrados valores de vitamina C da ordem de 244,8 mg/100 g para a variedade amarela e 211,1 mg/100 g para a variedade vermelha, sendo considerado uma fonte elevada de vitamina C.

MAIA *et al.* (2004) acompanhando durante cinco quinzenas clones de cajueiro anão-precoce, encontraram médias de vitamina C iguais a 158,26 mg/100g para o clone CCP-76, 157,64 mg/100g para o clone CCP-1001 e 153,20 mg/100g para o clone CCP-06. Estes resultados são superiores aos encontrados por HERNÁNDEZ & LOBO (2006) em seu estudo com várias frutas tropicais.

ASSUNÇÃO & MERCADANTE (2000a), encontrou concentrações de vitamina C que variaram de 94,60 mg/100 g a 165,56 mg/100 g para a variedade vermelha e de 101,11 mg/100 g a 144,28 mg/100 g para a amarela, estando estes resultados de acordo com os relatados na literatura e considerados altos quando comparados às doses recomendadas para ingestão diária, que variam de 30 a 60 mg/dia (LEISTNER, 1985; BRASIL, 1998).

Muitos estudos foram realizados no intuito de quantificar esta vitamina. No ANEXO A é possível verificar os resultados encontrados em diversas frutas em diferentes estádios de maturação.

2.3.3.1.1 Significado nutricional

Vitamina C é o termo freqüentemente usado para referir-se ao ácido *L*-ascórbico (FIGURA 2), esta é a forma reduzida e ativa. O seu produto de oxidação inicial, o ácido *L*-dehidroascórbico (FIGURA 3), também apresenta atividade vitamínica, embora possuindo menor atividade. O ácido ascórbico é o mais largamente encontrado nos alimentos e possui maior poder antioxidante (FORNARO & COICHEV, 1998; SILVA & NAVES, 2001; ALMEIDA, 2003).

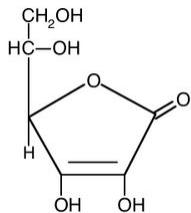


FIGURA 2 – Estrutura molecular do ácido *L*-ascórbico.

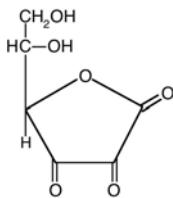


FIGURA 3 – Estrutura molecular do ácido *L*-dehidroascórbico.

De acordo com ASSUNÇÃO & MERCADANTE (2003), a vitamina C presente nos alimentos possui importantes funções, uma vez que está envolvida em processos de hidroxilação, biossíntese de corticóides e formação dos ossos e do sangue.

Estudos bioquímicos relacionados ao ácido ascórbico abordam aspectos imunológicos, oncológicos, endocrinológicos, neurológicos e digestivos. Sua deficiência no organismo aumenta a propensão a doenças, além de alterações na pele e gengivas. A carência severa torna o organismo vulnerável a doenças mais graves, como por exemplo, o escorbuto. (MAHAN & MARIAN, 1994; JUSTI *et al.*, 2000; ANDRADE *et al.*, 2002).

De acordo com ALMEIDA (2003), o ácido ascórbico atua no organismo como agente redutor no transporte de hidrogênio no interior das células. Ele está envolvido na desintoxicação de drogas aromáticas, síntese de hormônios esteróides, participa de vários sistemas enzimáticos de hidroxilação, entre os quais de transferência de proteína em hidroxiprolina (um dos componentes do colágeno e da matriz extracelular), na síntese de carnitina (relacionada ao metabolismo de lipídios), na utilização do ácido fólico e no metabolismo do ferro.

SILVA & NAVES (2001) relatam que os possíveis efeitos anticarcinogênicos da vitamina C estão relacionados com sua habilidade em detoxicar substâncias carcinogênicas e na sua atividade antioxidante. Além disso, tem-se constatado que a vitamina C pode inibir a formação de nitrosaminas *in vivo* a partir de nitratos e nitritos usados como conservantes, sendo, portanto, adicionada a muitos produtos alimentares industrializados para prevenir a formação desses compostos reconhecidamente carcinogênicos (KUHN, 1991; BIANCHI & ANTUNES, 1999).

Estudos indicam que a ingestão de 80 mg/dia a 120 mg/dia de vitamina C pode reduzir o risco de doenças crônicas não-infecciosas, incluindo o câncer, e que fumantes necessitam de um aporte mais elevado, de até 140 mg/dia (SILVA & NAVES, 2001).

Entretanto BLUMBERG (1995) sugere o consumo de cerca de 150 mg, ou seja, 2 ½ vezes a dose diária recomendada para indivíduos adultos de acordo com a RDA (SILVA & NAVES, 1998), para se alcançar concentrações plasmáticas de vitamina C associadas com um menor risco de doenças crônicas. Ao contrário, o consumo de vitamina C em doses mais elevadas pode ser deletério para o organismo, conforme observado através do aumento de lesões potencialmente mutagênicas em indivíduos saudáveis suplementados com 500 mg/dia durante seis meses (PODMORE *et al.*, 1998).

O ácido ascórbico interage ainda com a vitamina E e o selênio na manutenção da atividade das enzimas glutatona peroxidase e superóxido dismutase, importantes na eliminação de radicais oxidantes produzidos no metabolismo. No sangue, está envolvido na maturação de eritrócitos, na coagulação e na maturação da hemoglobina em níveis normais (DE SILVA & ANDERSON, 1995; COMBS JR., 1998; NELSON & COX, 2000; ALMEIDA, 2003).

2.3.3.1.2 Biossíntese do ácido ascórbico

As rotas bioquímicas mais comuns para a síntese de ácido ascórbico são as originadas de açúcares como a *D*-glicose e a *D*-galactose, sendo este primeiro o mais importante devido à quantidade de carbonos de sua cadeia (AGUIAR, 2001).

Esta rota inicia-se então com a *D*-glicose-1-fosfato, a qual é ativada mediante a união de um nucleotídeo (uridinadifosfato-UDP) e é catalisada pela enzima glicose-1-fosfato uridil transferase. A UDP-glicose sofre depois uma oxidação no carbono 6 (C-6) para formar o ácido glicurônico (UDP-*D*-glicuronato), a qual é catalisada pela enzima UDP-glicose desidrogenase. Em seguida o ácido glicurônico pode entrar na rota da síntese do ácido ascórbico (NELSON & COX, 2000).

O *D*-glicuronato, formado a partir da hidrólise do UDP-*D*-glicuronato, é o precursor do ácido *L*-ascórbico. Nesta rota, *D*-glicuronato é reduzido para o açúcar ácido *L*-gulonato, o qual é convertido para lactona, a *L*-gulonolactona, que então sofre desidrogenação pela flavoproteína *L*-gulonolactona oxidase para produzir ácido *L*-ascórbico, como pode ser visto no ANEXO B (ROTTA, 2003).

Já o ácido ascórbico da dieta é oxidado a ácido dehidroascórbico, o qual pode ser revertido a ácido *L*-ascórbico pela enzima dehidroascorbato redutase, conservando assim o ascorbato nos tecidos (ALMEIDA, 2003).

2.3.3.1.3 Efeito do processamento sobre o ácido ascórbico

Sabendo-se dos vários fatores que podem interferir nos teores de vitamina C, como a influência da luz, armazenagem, condições de conservação, dentre outros (LIRA & ALDRIGUE, 2000), torna-se importante verificar suas variações sob influência das operações durante o processamento de sucos.

Segundo SIQUEIRA (1997), o alimento pode perder parte de seu teor de vitamina C original entre o tempo de colheita e o de consumo. As frutas frescas, armazenadas durante qualquer período de tempo em locais quentes, perdem quantidades apreciáveis desta vitamina.

Segundo ASSUNÇÃO & MERCADANTE (2000a), a vitamina C também apresenta papel importante no organismo, e na indústria de alimentos fornece parâmetros de qualidade dos produtos processados.

A vitamina C é a mais facilmente degradável de todas as vitaminas. É estável apenas em meio ácido e na ausência de luz, de oxigênio e de calor. Os principais fatores capazes de degradar o ácido ascórbico são: meio alcalino, oxigênio, calor, ação da luz, metais (Fe, Cu, Zn) e a enzima oxidase do ácido ascórbico (SGARBIERE, 1987).

De acordo com ALMEIDA (2003), microminerais como cobre, ferro e outros catalisadores metálicos são fortes agentes oxidantes e juntamente com o calor, causam a inativação da vitamina C.

Segundo GABAS (2003) num alimento de umidade intermediária as taxas de degradação de vitamina C aumentam em atividades de água mais altas, supostamente devido ao fato da reação ocorrer mais facilmente quando a fase aquosa do produto é menos viscosa.

BADOLATO *et al.* (1996) relatam que perdas no teor de vitamina C, alterações sensoriais e reações de escurecimento devido à degradação do ácido ascórbico têm sido freqüentemente detectadas em frutos durante o processamento e o armazenamento.

O ácido ascórbico é uma g-lactona que apresenta grande importância para sistemas bioquímicos, farmacológicos, eletroquímicos, processamento de alimentos e outros, sendo suas propriedades redox uma das características químicas de maior interesse. A reação de decomposição do ácido dehidroascórbico ocorre através da abertura do anel por hidrólise com a formação do ácido 2,3-diceto-*L*-gulônico que é considerada irreversível, conforme mostrado no ANEXO C (FORNARO & COICHEV, 1998).

A degradação do ácido ascórbico pode ocorrer sob ambas condições aeróbica ou anaeróbica. Embora os níveis de ar no suco sejam mantidos tão baixos quanto possíveis, pelo uso de desaeração a vácuo e injeção de vapor, ainda resta algum oxigênio no suco (0,05 %). Somente após este oxigênio ter sido usado é que a degradação anaeróbica da vitamina C ocorre, mas numa taxa muito mais lenta (BONNAS, 2006).

A oxidação aeróbica do ácido ascórbico depende do pH, exibindo máximos em pH 5 e pH 11,5. Essa reação é mais rápida e sua degradação mais extensiva em meio alcalino. Oxidação degradativa também ocorre em condições anaeróbicas, porém em menor extensão (ANDRADE *et al.* 2002).

Durante a degradação do ácido ascórbico foi detectado o produto ácido 2, 3 – dicetogulônico. A estrutura desse componente assemelha-se a forma 3,4 – enediol (FIGURA 4) que é extremamente instável e desenvolve intensa coloração marrom sob condições de temperatura brandas (BONNAS, 2006).

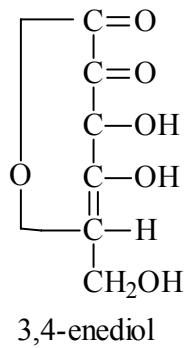


FIGURA 4 – Estrutura molecular do 3,4 enediol.

Vale ressaltar que a retenção de ácido ascórbico é normalmente usada como índice de processamento adequado. PIMENTEL (1996), relata que em alguns produtos como citrus, esta vitamina é relativamente mais estável, só se verificando perdas consideráveis em condições de oxidação, principalmente em contato com ferro, cobre ou zinco. Por outro lado, no caso do suco de tomate, a quantidade desta vitamina que pode ser perdida pode chegar a 50 %.

COSTA *et al.* (2000), verificaram perdas da ordem de 25,65 % e 26,74 % de vitamina C para o suco de caju integral industrializado preservado pelos processos *hot fill* e asséptico, respectivamente.

Uma das formas de se minimizar estas perdas refere-se à própria constituição dos equipamentos. SGARBIERE (1987) relata que devem ser usados equipamentos de aço inoxidável, níquel e em alguns casos alumínio, bem como tubulações de plástico inertes.

Estudos sobre a cinética de degradação da vitamina C em função das condições de processamento permitem escolher processos alternativos ou operações mais eficientes para minimizar perdas de qualidade, fornecendo ainda informações sobre a degradação ao longo da armazenagem, permitindo estimar o teor de vitamina ao fim da vida-de-prateleira do produto, em seguida adequá-lo à sua rotulagem (GABAS, 2003).

O ácido ascórbico exerce um papel central no escurecimento de sucos cítricos e concentrados, como por exemplo: limão e *grapefruit*. A reação do ácido ascórbico em sucos de frutas depende do pH, sendo que o processo de escurecimento é inversamente proporcional ao pH acima de uma faixa de 2,0 a 3,5. Sucos com pH alto são muitos menos susceptíveis ao escurecimento, por exemplo, suco de laranja a pH 3,4. Abaixo de pH 4,0, escurecimento devido primariamente à decomposição do ácido ascórbico e furfural.

2.3.3.2 Ácido fólico (vitamina B₉)

As vitaminas são substâncias orgânicas indispensáveis a manutenção das funções metabólicas do organismo e da saúde. De acordo com MEDEIROS (2005), além de vitamina C, estudos indicam que o caju, assim como a pitanga e o tomate, também contêm ácido fólico, vitamina hidrossolúvel do complexo B, muito importante para a manutenção do organismo humano.

Folato ou folacina é o nome genérico para uma família de compostos, que exibem atividade biológica derivados do ácido fólico (ácido pteroilglutâmico), a forma mais estável da vitamina. O ácido fólico é também conhecido como vitamina B₉ e vitamina M. O folato é sintetizado por microorganismos e plantas superiores, mas não por mamíferos, para os quais é um nutriente essencial, necessitando ser ingerido através dos alimentos. O ANEXO D traz os principais folatos encontrados naturalmente nos alimentos e seus congêneres (BAILEY, 2000; BROWNE *et al.*, 2001; McKEVITH, 2004; McNULTHY & PENTIEVA, 2004; MELO, 2004; CREPALDI, 2006).

Na natureza, os folatos estão amplamente distribuídos sendo sua principal fonte o levedo de cerveja. Os folatos são encontrados em diversas fontes alimentares, principalmente nas verduras verdes e frescas, repolho, carnes, ovos, fígado, ervilhas, legumes, feijão e algumas frutas. Para se ter uma idéia, cada 100 g de rúcula contém 201 µg da vitamina e o cogumelo (*champignon*) contém 1.014 µg. Alimentos como espargos, amendoim, repolho e espinafre também contêm boas quantidades de ácido fólico. O ANEXO E apresenta a quantidade de ácido fólico presente em alguns alimentos (RIBEIRO *et al.*, 2002; MEDEIROS, 2005).

CATHARINO (2004) encontrou teores elevadíssimos de folatos em frutas como o murici e o jenipapo, apresentando respectivamente 146,5 mg/100 g e 80,4 mg/100 g. Diversas frutas também contêm esta vitamina, como pode ser visto na TABELA 5.

TABELA 5 - Exemplos de algumas frutas que contêm folatos

Frutas	Quantidade de folatos ($\mu\text{g}/100 \text{ g}$)
Pitanga	43,2
Caju	38,4
Camu-camu	37,5
Graviola	25,5
Goiaba	24,1
Carambola	17,8
Araçá	17,5
Pitomba	14,3
Laranja	13,2
Maracujá	13,2
Banana	12,0
Mangostão	8,6
Melão	6,0
Uva	5,2
Cupuaçu	4,3
Jambo	4,1

Fonte: GODOY (2006).

2.3.3.2.1 Significado nutricional

O ácido fólico é requerido para o crescimento normal, na fase reprodutiva e na formação de anticorpos. Atua como coenzima no metabolismo de aminoácidos (glicina) e síntese de purinas e pirimidinas, síntese de ácidos nucléicos (DNA e RNA) e é vital para a divisão celular e síntese protéica. Conseqüentemente sua deficiência pode ocasionar alterações na síntese de DNA e alterações cromossomiais (LIMA, 2002; FONSECA *et al*, 2003).

A baixa ingestão de ácido fólico tem sido apontada como possível causa de doenças graves que atingem o homem, como anemia macrocítica e câncer; no sistema digestivo, está associada à diarréia, refluxo gástrico e vermelhidão lingual; no sistema imunológico, há indicações de associação com depressão e fadiga. Além disso, o ácido fólico, assim como o ferro, é necessário para o desenvolvimento normal do sistema hematopoiético, uma das fontes de células-tronco (ANGELIS, 2001; NOGUEIRA, 2003; LIMA, 2004; PARAGUASSÚ-BRAGA & BONOMO, 2004).

NERBASS (2005) ressalta que, aproximadamente dois terços de todos os casos de hiperhomocisteinemia, causada pelo acúmulo anormal, no plasma, do aminoácido homocisteína², estão associados a deficiências dietéticas de folato, vitamina B₆ e/ou vitamina B₁₂. Isto sugere que, do ponto de vista de saúde pública, esta deficiência nutricional é a causa mais importante de níveis elevados de homocisteína na população em geral. De acordo com DAWSON *et al.* (2004), estas vitaminas são importantes, pois, atuam como cofatores necessários para a atividade das enzimas envolvidas no metabolismo da homocisteína, a metileno-tetrahidrofolato redutase e cistationina β-sintase.

Segundo HOOGEVEEN *et al.* (2000), a hiperhomocisteinemia é um fator de risco recentemente reconhecido para doença cardiovascular que é independente de fatores de risco maiores, tais como diabetes, hipertensão, hipercolesterolemia e hábito de fumar. Estudos mostraram que um tratamento com 0,5 a 5,0 mg de ácido fólico, diariamente, pode baixar a homocisteína total sérica em 15 a 40 % dentro de aproximadamente seis semanas, reduzindo o risco de morte cardiovascular.

² Aminoácido sulfurado proveniente do metabolismo da metionina, cujo acúmulo anormal no plasma é um fator de risco para doenças vasculares, tanto na população em geral como nos pacientes com insuficiência renal crônica (BOSTOM & LATHROP, 1997).

Pesquisas realizadas com pacientes que apresentavam psoríase³ obtiveram melhora significativa quando tratados com um medicamento análogo ao ácido fólico, o metotrexato, um antimetabólico, que atua inibindo a diidrofolato redutase, enzima necessária para a síntese de nucleotídeos e aminoácidos. Assim, houve uma redução da síntese de DNA, com inibição da mitose e da proliferação de células de divisão rápida, como são as da epiderme e da medula óssea. Tais pacientes receberam ácido fólico na dose de 5 mg/dia e cefazolina 3 g/dia, apresentando melhora plena da psoríase, bem como da supressão medular (ATAÍDE *et al.*, 2003).

Atualmente, a Organização Mundial de Saúde (OMS) preconiza a ingestão diária de 180 µg e 400 µg de ácido fólico, respectivamente, para crianças e adultos (MEDEIROS, 2005). De acordo com BAILEY (2000) estudos metabólicos apontam que a ingestão dietética de 600 µg/dia de folato mantém uma concentração normal de folato nas células vermelhas, sendo portanto adequado para garantir um nível normal de folato em mulheres grávidas.

Embora haja falta de informação no que diz respeito ao folato ingerido durante a gravidez em mulheres brasileiras, sabe-se que uma significante proporção de mulheres em idade reprodutiva e em condições sociais semelhantes consome dietas com baixos níveis de folato e não usa suplementos contendo ácido fólico (SCHOLL & JOHNSON, 2000).

No Brasil, em estudo realizado no Rio de Janeiro com 74 gestantes e nutrizes, observou-se uma prevalência de 80 % de mulheres com ingestão abaixo da recomendada (TRUGO, 1997).

³ Doença inflamatória da pele, crônica, não contagiosa, multigênica (vários genes envolvidos), com incidência genética em cerca de 30 % dos casos. Caracteriza-se por lesões avermelhadas e descamativas, normalmente em placas, que aparecem, em geral, no couro cabeludo, cotovelos e joelhos. Surge principalmente antes dos 30 e após os 50 anos, mas em 15 % dos casos pode parecer ainda na infância (VARELLA, 2006).

Vale ressaltar que, a ingestão de ácido fólico torna-se mais eficiente na presença de ferro e zinco. Estudos realizados com adolescentes grávidas mostraram que o uso associado de ferro/ácido fólico e ferro/ácido fólico/zinco promovem uma excelente resposta no estado nutricional referente ao ácido fólico, sendo esse efeito mais expressivo nos grupos que receberam ácido fólico associado ao zinco, sugerindo a possível participação do zinco no aproveitamento desta vitamina (NOGUEIRA, 2003).

Durante a gravidez, o folato interfere com o aumento dos eritrócitos, o alargamento do útero e o crescimento da placenta e do feto. Baixa ingestão de folato na gravidez e baixas concentrações de folato materno podem acarretar desde malformações congênitas no feto (espinha bífida, encefalocele, fenda palatina e hidrocefalia) e parto prematuro (CATHARINO & GODOY, 2001; FONSECA *et al.*, 2003).

LIMA (2002) ressalta que os achados descritos em relação ao papel do folato no processo reprodutivo, sugerem que o estoque corporal adequado desta vitamina no período de periconcepção e no período crítico de desenvolvimento embrionário (da quarta a oitava semana) está associado à redução de malformações do sistema nervoso central, principalmente de defeitos do tubo neural (DTN), abortos espontâneos e baixo peso ao nascer, contribuindo, dessa forma, para o adequado desenvolvimento fetal.

No entanto, o mecanismo de prevenção dos defeitos do tubo neural (DTN) pelo uso do ácido fólico ainda não é totalmente conhecido. As evidências epidemiológicas e bioquímicas sugerem que o problema primário não esteja relacionado com a falta de folato na dieta, mas sim com a sua reabsorção e/ou metabolismo, pois no estado pré-gravídico a concentração sérica de folato cai de 6 ng/mL para 4,5 ng/mL durante a gestação, necessitando a gestante de um adicional desta vitamina (CHA, 1996).

De acordo com RIBEIRO *et al.* (2002) a deficiência prolongada de folato produz uma anemia macrocítica ou megaloblástica com alterações tanto no sangue periférico como na medula óssea. As manifestações da carência de folato assemelham-se às características hematológicas da deficiência de vitamina B₁₂ e derivam-se fundamentalmente de uma diminuição da síntese de ácidos nucléicos, que leva a uma anomalia da maturação nuclear e afeta especialmente as células dos tecidos de rápida proliferação. Alterações funcionais e estruturais da medula óssea e do intestino delgado, bem como atraso do crescimento e da maturação cerebral em crianças, são características desta deficiência (OLIVARES *et al.*, 1989; SELHUB & ROSENBERG, 1997).

Contudo, observa-se nos dias atuais, uma ingestão insuficiente de folatos na dieta, fato que tem levado a deficiência dessa vitamina. Um dos prováveis fatores está relacionado ao tempo hoje dispendido pelo ser humano com a sua alimentação, que tem sido cada vez menor, além da falta de preocupação com a qualidade dos alimentos consumidos diariamente (CATHARINO & GODOY, 2000).

2.3.3.2.2 Aspectos bioquímicos do ácido fólico

A vitamina B₉ ou ácido fólico ou folacina, é o ácido pteroilglutâmico (APG). Sua principal coenzima é a THF, a forma tetraidrofólica, estrutura reduzida do ácido fólico, a qual constitui parte de um complexo enzimático que destina unidades de carbono nos processos metabólicos. Este processo ajuda a converter a vitamina B₁₂ (cobalamina) para uma forma de coenzima muito importante na síntese de DNA (ácido desoxiribonucléico) (ANGELIS, 2001).

De acordo com KELLY (1998), o ácido fólico também colabora indiretamente com o tRNA (RNA transportador) auxiliando no transporte de aminoácidos específicos para as localizações apropriadas na cadeia para a formação de moléculas de proteína, deste modo, os folatos e o ácido fólico são essenciais no metabolismo dos aminoácidos e na síntese do DNA e do RNA (CREPALDI, 2006).

Segundo RIBEIRO *et al.* (2002), o metabolismo das vitaminas do complexo B e dos folatos está intimamente relacionado. A vitamina B₁₂ atua como coenzima na conversão da homocisteína em metionina, recebendo o radical metila do metiltetraidrofolato, transformando-se então em metilcobalamina, e cedendo-o à homocisteína, que se transforma em metil-homocisteína ou metionina. A vitamina B₆ serve como co-fator na reação que converte irreversivelmente homocisteína em cistationina e a vitamina B₂ atua como co-fator na reação de restauração do folato (BREE *et al.*, 2001). No ANEXO F é possível observar uma representação simplificada da interação entre vitaminas do complexo B, folato e homocisteína.

O ácido pteroilglutâmico (APG), contido em alimentos, libera o folato combinado com o aminoácido, o ácido glutâmico, geralmente, na forma de poliglutamatos. Estes podem ser absorvidos ao longo de todo o intestino delgado, preferencialmente no jejuno. Mas, para sua absorção, os poliglutamatos necessitam ser hidrolisados a monoglutamatos pela enzima intestinal pteroilpoliglutamato hidrolase ou glutamil hidrolase, uma hexopeptidase zinco-dependente, que cliva a cadeia de poliglutamatos no primeiro resíduo e necessita um pH ótimo próximo à neutralidade (BRODY, 1994; McNULTY, 1995; MELO, 2004).

Uma vez absorvidos, os folatos monoglutamatos podem ser convertidos a 5- metil-tetrahidrofolato (5-metil THF), principal forma encontrada no plasma, onde via circulação é transportado para o fígado e tecidos periféricos. Os folatos monoglutamatos são convertidos a poliglutamatos pela ação da enzima pteroilpoliglutamato sintase, que reconhece tetrahidrofolato (THF), porém parece não reconhecer 5-metil THF que, ou sofre demetilação ou é utilizado antes da poliglutamação. Assim, parece que essa poliglutamação intracelular é de grande importância na regulação da homeostase de folato, pois essencialmente todo folato celular se encontra na forma de poliglutamatos para suas diversas funções de coenzimas, bem como para ser retido na célula (MELO, 2004).

Vale ressaltar que o grupo metila (-CH₃) deve ser removido do metil-THF, e esta ação depende da presença de cobalamina (vitamina B₁₂). Se as condições para o transporte dos grupos metila não forem satisfatórias, o folato permanecerá preso dentro das células em forma não-disponível para suportar a síntese de DNA (ANGELIS, 2001).

Estes grupos metílicos ligam-se em seções do código genético prevenindo danos ao DNA pela quebra do cromossomo. Deste modo o ácido fólico representa um papel crucial protegendo a integridade do nosso genoma (BLOUNT & AMES, 1995; FENECH, 2001).

As principais porções da molécula do ácido fólico incluem um anel de pteridina ligado por uma ponte de metileno ao ácido para-aminobenzóico, que é unido ao ácido glutâmico por uma ligação amídica (ANEXO G). Também conhecido como ácido pteroileglutâmico, o ácido fólico é a forma farmacêutica comum dessa vitamina e é comumente utilizado no enriquecimento alimentar, no entanto, não é o congênere do folato encontrado naturalmente nos alimentos nem a coenzima ativa para o metabolismo intracelular (CREPALDI, 2006).

O folato é estocado principalmente no fígado e secretado na bile, onde a circulação entero-hepática reabsorverá e reutilizará esses folatos, diminuindo as perdas orgânicas, tornando-se essencial para a manutenção do nível sérico. Além disso, estes também se concentram dentro de células vermelhas do sangue, onde se ligam com glutamatos e ferro para formar hemoglobina, sendo chamados de folatos das células vermelhas (LUCOCK *et al*, 1996; MELO, 2004).

2.3.3.2.3 Efeito do processamento sobre o ácido fólico

Quanto ao ácido fólico, pesquisas demonstraram que embora esta seja a forma mais estável dentre os folatos, durante os processos de fabricação, estocagem e cocção podem ocorrer perdas, até mesmo quando este é adicionado a alimentos com o intuito de fortificá-los (LIMA, 2002; LIMA, 2004a).

De acordo com McNULTY (1995) as perdas de ácido fólico pelo processamento dos alimentos chegam a ser substanciais, embora muito pouco se conhece a respeito da resistência desta vitamina frente às condições de processamento e estocagem. Acredita-se que fatores como temperatura, pH, presença de catalisadores e agentes oxidantes são responsáveis pela degradação do ácido fólico (CARVALHO, 1996; RANG, 1997). Além disso, CREPALDI (2006) ressalta que as soluções de ácido fólico são sensíveis à luz o que pode levar a fotodecomposição em ácido p-aminobenzoilglutâmico e pterina.

A estabilidade dos folatos, durante o período de estocagem dos alimentos, depende principalmente da quantidade de antioxidantes e de oxigênio presentes além da exposição direta do produto à luz (VIBERG *et al.*, 1997). Estudos com leites esterilizados deixados em atmosfera inerte e estocados no escuro e na presença de luz, não mostraram redução significativa dos folatos nas amostras estocadas na ausência de luz, porém nas amostras expostas à luz houve degradação de 10 % (CREPALDI, 2006).

LIMA (2004a) mostrou que a presença de oxigênio e ácido ascórbico, além da atividade de água, parece ter alguma importância na avaliação do comportamento de folatos. Estudos realizados em leites processados, indicaram que a estabilidade de folatos depende principalmente das quantidades de ácido ascórbico e oxigênio presentes, sendo o ácido ascórbico protetor e o oxigênio um agente que atua na degradação dos folatos.

De acordo com CREPALDI (2006), a instabilidade dos folatos expostos ao calor, na ausência e presença da vitamina C as perdas foram mais baixas. Já o contato com o oxigênio resultou em perdas mais acentuadas. Os principais produtos das reações de oxidação do ácido fólico são mostrados no ANEXO H.

No caso de alimentos fortificados, estudos realizados por ARCOT (2002) mostraram que durante a extração do ácido fólico nestes alimentos a presença do ácido ascórbico no meio oferece melhor proteção contra a oxidação da vitamina.

PHILLIPS *et al.* (2005) verificaram, durante 12 meses de armazenamento, a estabilidade do 5-metiltetraidrofolato em frutas e vegetais frescos congelados a -60°C e não detectaram nenhuma alteração nos níveis deste folato nesse período.

2.3.3.3 Carotenóides

Os carotenóides formam um dos grupos de pigmentos mais difundidos na natureza, sendo responsáveis pela coloração amarela, laranja e vermelha de grande número de frutas, folhas e algumas flores (BOBBIO & BOBBIO, 1995). Esses pigmentos podem exercer muitos papéis na natureza. Em mamíferos e células dos mesmos, atuam claramente como precursores da vitamina A (OLSON, 2003).

Segundo SIQUEIRA (1997) os carotenóides fazem parte de um grupo de substâncias com várias características estruturais e atividades biológicas no organismo, que além de atuar como precursores pró-vitamínicos A, são supressores do oxigênio singlete e antioxidantes.

De acordo com ZANATTA (2004) dos mais de 600 carotenóides isolados e identificados na natureza, somente cerca de 70 foram listados como presentes em frutas, mas ainda assim a sua composição é considerada complexa. A TABELA 6 apresenta a distribuição de carotenóides em diversos frutos.

TABELA 6 – Distribuição de carotenóides em diversos frutos

Frutos	Carotenóides majoritários
Laranja	Violaxantina, β -criptoxantina, luteína, zeaxantina
Manga	Violaxantina, β -caroteno
Tomate	Licopeno
Pêssego	β -criptoxantina, luteína
Mamão	β -criptoxantina, β -caroteno
Goiaba	Licopeno, β -caroteno
Cajá	β -criptoxantina

Fonte: MELÉNDEZ-MARTÍNEZ (2004).

No caju, assim como na manga, mamão, carambola e outras frutas, estes pigmentos podem estar presentes nos frutos verdes e tornar-se visíveis pela degradação da clorofila, e/ou também terem seu conteúdo aumentado com a maturação dos mesmos, momento em que a carotenogênese é intensificada (FIGUEIREDO, 2000; AGUIAR, 2001; LIMA, 2002).

Estudos realizados por AGUIAR *et al.* (2000) com pedúnculos de cajueiro anão-precoce encontraram teores de carotenóides totais variando entre 0,003 µg/100 g a 0,007 µg/100 g, sendo, contudo, inferiores à variação encontrada por FIGUEIREDO *et al.* (2002), sendo esta igual a 0,012 µg/100 g e 0,32 µg/100 g.

LIMA (2002), analisando duas seleções de pitangas, verificou teores de carotenóides totais iguais a 111 µg/g na pitanga roxa e 104 µg/g na pitanga vermelha, ambas no estádio maduro. No estádio semi-maduro, observou decréscimos nestes teores, sendo iguais a 98 µg/g e 79 µg/g para as pitangas roxa e vermelha, respectivamente. O mesmo estudo verificou, ainda, que a maior concentração de carotenóides totais foi encontrada na película da pitanga roxa madura (750 µg/g).

SILVA & MERCADANTE (2000), analisando polpa congelada de açaí de três marcas comerciais, identificaram variações dos seguintes carotenóides: luteína (0,36 µg/g a 1,43 µg/g), α-caroteno (0,22 µg/g a 0,43 µg/g), trans- β - caroteno (0,95 µg/g a 1,88 µg/g) e cis -β - caroteno (0,06 µg/g a 0,21 µg/g).

PORCU (2000) identificou especificamente o carotenóide licopeno em goiabas *in natura* e processadas, encontrando os seguintes teores: 61,5 µg/g para a cultivar "PALUMA", 59,5 µg/g para a cultivar "RICA" e 62,5 µg/g para goiabas da cultivar "PARÁ". Estes valores foram inferiores aos encontrados para a pasta (ou purê) de goiaba (68 µg/g), compota (116 µg/g), goiabada caseira (83 µg/g), goiabada industrializada (85 µg/g) e superiores ao valor encontrado no suco de goiaba (8,7 µg/g).

Em outro estudo, AGUIAR (2001) identificou os carotenóides presentes em caju das variedades vermelha e amarela, cujos resultados encontrados podem ser observados na TABELA 7.

ASSUNÇÃO & MERCADANTE (2000b), analisando cinco marcas de suco de caju concentrado, encontraram vários carotenóides (TABELA 8), sendo o β -caroteno o carotenóide majoritário, representando 50 % do total de carotenóides encontrados. De acordo com a TABELA 9 pode-se observar as variações nos teores de β -caroteno em alguns frutos.

TABELA 7 - Concentração de carotenóides em caju das variedades vermelha e amarela

Carotenóides(µg/g)	Caju (variedade vermelha)	Caju (variedade amarela)
Luteína	0,09 a 0,15	0,07 a 0,15
β -criptoxantina	0,07 a 0,08	0,08 a 0,11
Cis- β -criptoxantina	0,04 a 0,07	0,05
α -caroteno	0,18 a 0,58	0,20 a 0,54
β -caroteno	0,44 a 0,68	0,18 a 0,58
Fitolueno	0,06 a 0,11	0,04 a 0,11
Valor total de vitamina A	11,80 a 18,00	5,59 a 16,35

Fonte: AGUIAR (2001).

TABELA 8 - Carotenóides encontrados em suco concentrado de caju

Carotenóides	Quantidades (µg/100 g)
Auroxantina	0,05 a 2,87
Luteína	0,05 a 3,15
β -criptoxantina	2,07 a 33,75
α -caroteno	8,73 a 22,48
β -caroteno	31,05 a 62,35
Fitolueno	1,60 a 6,36

Fonte: ASSUNÇÃO & MERCADANTE (2000b).

TABELA 9 – Teores de β -caroteno em algumas frutas

Frutas	β-caroteno ($\mu\text{g/g}$)
Manga	28,8
Melão orange	20,4
Marmelo	16,2
Nectarina	9,9
Pêssego	8,0
Acerola	3,4
Banana	2,2
Laranja	1,2
Caju vermelho	0,68
Uva	0,6
Maçã	0,2

Fonte: AGUIAR (2001).

2.3.3.3.1 Significado nutricional

De acordo com FRASER (2004) a primeira correlação entre a ingestão elevada de carotenóides e os benefícios à saúde apareceu na literatura nos anos setenta, de modo que dietas ricas em frutas e legumes eram associadas a taxas reduzidas de câncer, como o de próstata, de cólon, e doenças cardiovasculares.

O papel nutricional mais importante e conhecido dos carotenóides, especialmente do β -caroteno, é a sua atividade como pró-vitamina A, sendo que estas constituem a maior fonte de vitamina A da dieta. Esta função adquire maior importância nos países de terceiro mundo, onde os vegetais e frutos ricos em carotenóides constituem as principais fontes de vitamina A, contribuindo mundialmente, com 68 % da ingestão diária desta vitamina e nos países em desenvolvimento este índice chega a 82 % (SILVA & MERCADANTE, 2002; ZANATTA, 2004).

Estudos indicam que o β -caroteno pertence a uma classe especial de antioxidantes biológicos eficientes principalmente sob baixas pressões parciais de oxigênio, condições estas encontradas na maioria dos tecidos. O efeito anticarcinogênico do β -caroteno pode ser, pelo menos parcialmente, atribuído ao seu efeito antioxidante (SIQUEIRA, 1997).

A vitamina A é um micronutriente essencial para a saúde, estando envolvido na reprodução, no ciclo visual e na diferenciação celular, que por sua vez afeta processos fisiológicos como o crescimento, o desenvolvimento fetal e a integridade do sistema imunológico, além de ser necessária para a saúde da pele e tecidos superficiais. Por sua ação sobre o desenvolvimento embrionário e na diferenciação normal de tecidos epiteliais, a vitamina A torna-se fundamental em períodos de crescimento e desenvolvimento, como na gestação e na lactação (DIMENSTEIN *et al.*, 2003; MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, 2004).

O número de carotenóides precursores de vitamina A oscila entre 50 e 60, destacando-se os carotenos (α , β e γ -caroteno) e algumas xantofilas (β -criptoxantina). Esta vitamina, também chamada de retinol, é um álcool cílico, insaturado, de vinte átomos de carbono, composto por um núcleo de β -ionona e uma cadeia lateral insaturada. Na molécula de retinol (FIGURA 5) existem cinco duplas ligações conjugadas, incluindo uma dupla ligação do anel de β -ionona que está conjugada com as da cadeia lateral (MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, 2004).

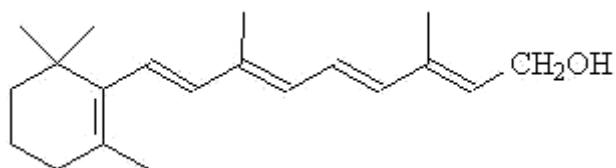


FIGURA 5 – Estrutura do retinol
Fonte: MELÉNDEZ-MARTÍNEZ (2004).

DIMENSTEIN *et al.*, 2003 ressaltam que a hipovitaminose A é um importante problema de saúde pública, sendo a principal causa de cegueira permanente acompanhada de morte entre crianças de países em desenvolvimento, contribuindo também para o aumento significativo dos índices de morbidade e mortalidade infantis associados a processos infecciosos. Contudo, a deficiência de vitamina A pode ser causada pela persistente ingestão inadequada do nutriente, condição exacerbada pela insuficiente ingestão de gordura na dieta, dificultando sua absorção intestinal, ou também episódios infecciosos persistentes, especialmente aqueles referentes ao epitélio muco secretor em crianças (VITAMINA, 2005).

De acordo com o Ministério da Saúde, é recomendada uma ingestão diária de 800 µg ER (0,8 mg) de vitamina A (1 UI= 0,3 µg de retinol equivalente ou 1,8 µg de β-caroteno) para adultos (BRASIL, 1998).

Em estudo realizado por SILVA & MERCADANTE (2002), foram encontradas variações marcantes de vitamina A em diferentes lotes de maracujá-amarelo *in natura* (43,63 ER/100 g a 244,50 ER/100 g). Outras frutas como manga e melão são consideradas fontes ricas desta vitamina, alcançando teores médios de 805 mg ER e 222 mg ER, respectivamente. O mamão, a carambola e o abacate também fornecem boas quantidades de vitamina A, cerca de 85 mg ER, 45 mg ER e 17 mg ER, respectivamente (USDA, 2002).

KRINSKI (1994) afirma que, os carotenóides também exercem outras ações não relacionadas com a atividade provitamínica A, tais como, diminuição do risco de doenças degenerativas, prevenção da formação de catarata, redução da degeneração macular relacionada ao envelhecimento e redução do risco de doenças coronarianas. Além disso, os carotenóides desempenham um papel fundamental como pigmento acessório na fotossíntese, agindo como coletor de energia e protetor contra foto-oxidação.

Segundo ZANATTA (2004), outros estudos vêm sendo desenvolvidos com a finalidade de provar que a suplementação diária de carotenóides como luteína e zeaxantina podem prevenir doenças crônicas e degenerativas, carcinogênese, respostas inflamatórias severas, e outras reações induzidas por radiação ultravioleta. Relatos de estudos epidemiológicos observacionais sugerem que a ingestão de cerca de 4 mg/dia de carotenóides, quantidade presente em uma alimentação rica em frutas e hortaliças, pode proteger contra o câncer sem apresentar riscos à saúde (SILVA & NAVES, 2001).

AGUIAR (2001) ressalta que a ingestão dietética média de β -caroteno é de 1,5 mg/dia, no entanto o *National Cancer Institute* e a *American Cancer Society* recomenda 5-6 mg/dia para adultos saudáveis. Contudo, é recomendado que a ingestão de β -caroteno e demais carotenóides não exceda a 10 mg/dia, especialmente no caso de fumantes (SILVA & NAVES, 2001).

2.3.3.3.2 Estrutura e nomenclatura

Os carotenóides formam um grupo de substâncias com a estrutura altamente insaturada de hidrocarbonetos terpênicos, e podem conter grupos hidroxilas, carbonilas e carboxilas. A estrutura básica dos carotenóides é um tetraterpeno com 40 átomos de carbono, formado por oito unidades isoprenóides de cinco carbonos, ligados de tal forma que a molécula é linear com simetria invertida no centro. A principal característica dos carotenóides é um sistema de ligações duplas conjugadas, que corresponde ao cromóforo, e que permite a estes compostos absorver luz na região do visível. O ANEXO I traz as estruturas moleculares de alguns carotenóides (BOBBIO & BOBBIO, 1995; ZANATTA, 2004).

2.3.3.3.3 Biossíntese dos carotenóides

Como os isoprenóides, a etapa inicial da biossíntese dos carotenóides se inicia com a conversão do β -hidroxi- β -metil glutaril-CoA em ácido mevalônico (MVA). Este composto em presença de adenosina trifosfato (ATP) é convertido em ácido mevalônico fosfato e novamente fosforilado formando o mevalônico pirofosfato (MVAPP). Dois C₅ isoprenos intermediários condensam para formar sucessivamente C₁₀, C₁₅ e C₂₀ (geranil geranil pirofosfato).

Duas moléculas de geranil geranil pirofosfato condensam suas extremidades, formando o primeiro carotenóide C₄₀, 15, 15'-cis-fiteno. Este é sucessivamente desidrogenado resultando no neurosporeno, um carotenóide C₄₀ acíclico com 12 duplas ligações. Dependendo da bactéria ou da planta o neurosporeno pode posteriormente ser desidrogenado para licopeno, o qual formará β -caroteno ou α -caroteno ou é metoxilado e oxidado para resultar no cetocarotenóide, esferoidenona, um importante complemento pigmentar na fotossíntese bacteriana (ARMSTRONG, 1996; AGUIAR, 2002).

A molécula de oxigênio é introduzida no carotenóide hidrocarbono para dar mono- e dihidroxicarotenóides, os xantofilos α - e β -criptoxantina, zeaxantina e luteína e, subsequentemente, resultando em derivados epóxi, como anteroxantina, violaxantina e neoxantina. Oxocarotenóides, como a cantaxantina são formados a partir do β -caroteno pela ação de uma oxigenase. Uma variedade de outras transformações biológicas destas estruturas pode ocorrer. O ANEXO J traz um esquema da biossíntese dos carotenóides (OLSON, 1993).

Os carotenóides são oxidados em uma variedade de compostos com poucos átomos de carbono em plantas e microrganismos, incluindo β -apocarotenóides, ácido abscissico, ácido trisperico, bixina e crocetina. Alguns destes produtos apresentam importantes funções biológicas (PFANDER, 1987).

2.3.3.3.4 Efeito do processamento sobre os carotenóides

Ao mesmo tempo em que o sistema de ligações duplas conjugadas confere cor aos carotenóides, este também os torna muito susceptíveis à isomerização e oxidação. Considerando a alta sensibilidade destes pigmentos à luz, calor, oxigênio, ácidos e em alguns casos ao álcali, estas condições devem ser evitadas durante as análises (ZANATTA, 2004).

MAIA & ALBUQUERQUE (2000a) relata que, embora os carotenóides sejam muito estáveis e permaneçam intactos nos tecidos dos frutos, mesmo quando tenha ocorrido a senescência, sua degradação pode ocorrer em condições adversas de armazenamento. Assim, baixas concentrações de oxigênio ou temperaturas muito altas podem inibir a síntese destes pigmentos.

Dentre as diversas etapas de processamento de um alimento o aquecimento é muitas vezes indispensável. Entretanto, devido ao seu longo sistema de ligações duplas conjugadas os carotenóides são suscetíveis a altas temperaturas (RIOS, 2004).

Segundo SIQUEIRA (1997), embora o processamento dos vegetais por coccção, congelamento ou enlatamento usualmente não ocasione perdas significativas na quantidade total de carotenóides, estes procedimentos provocam conversão de alguns dos *trans*-carotenos em isômeros *cis* com menor atividade biológica.

CHEN (1994) monitorou reações de isomerização e de degradação de cristais de α -caroteno e β -caroteno por CLAE em temperaturas de 50, 100 e 150°C por 10, 20 e 30 minutos. Foram separados e detectados quatro isômeros *cis* de β -caroteno (13,15-di-*cis*-, 15-*cis*-, 13-*cis*- e 9-*cis*-) e três de α -caroteno (15-*cis*-, 13-*cis*- e 9-*cis*-). A formação de 13-*cis*- e 9-*cis*- a partir de α - e β -caroteno foi reversível, sendo o equilíbrio atingido mais rapidamente à temperatura de 150°C e a formação de 13-*cis* preferencial. Em todas as condições avaliadas, o α -caroteno apresentou maior velocidade de degradação que o β -caroteno.

2.3.3.4 Antocianinas

As antocianinas são pigmentos solúveis em água, responsáveis por uma variedade de cores que variam do vermelho vivo ao violeta e azul, encontradas em frutas, hortaliças, flores, folhas e raízes. Tratam-se, provavelmente, dos corantes naturais mais conhecidos, formando matizes vermelhas e azuis de muitos sucos de frutas, geléias e conservas (FRANCIS, 1989; SOLER *et al.*, 1991; LIMA *et al.*, 2002b).

LIMA (2002a), relata que a propriedade antioxidante apresentada por vários vegetais, incluindo frutos, folhas, sementes e plantas medicinais, está correlacionada ao seu teor de compostos fenólicos totais, destacando-se entre estes, os flavonóides que, quimicamente, englobam as antocianinas e os flavonóis.

Os flavonóides fazem parte de uma família de compostos largamente distribuídos na natureza conhecidos como compostos fenólicos, que são encontrados geralmente em todo o reino vegetal, estando associados à adstringência das frutas tropicais, como caju e banana (MAIA & ALBUQUERQUE, 2000a). Neste grupo encontram-se as antocianidinas (antocianinas mais comuns em alimentos, que derivam das agliconas), flavonas, flavonóis e, com menor freqüência, as auronas, calconas e isoflavonas, dependendo do lugar, número e combinação dos grupamentos participantes da molécula (BOBBIO & BOBBIO, 1995; SOARES, 2002).

Segundo BRUNELLO *et al.* (2001), os flavonóides mais abundantes na dieta são os flavonóis (leucoantocianidinas + proantocianidinas), antocianinas e seus produtos da oxidação. Os principais da dieta são de origem vegetal, as frutas e as bebidas (suco de fruta, vinho, chá, café, chocolate e cerveja) e uma menor extensão de vegetais, legumes e cereais.

Pesquisas realizadas em duas seleções de pitanga detectaram um teor de fenólicos totais igual a 325 mg/100 g na pitanga roxa e 257 mg/100 g na pitanga vermelha (ambas em estádio maduro), sendo estes valores superiores aos encontrados para os frutos no estádio semi-maduro (257 mg/100 g e 252 mg/100 g) para as pitangas roxa e vermelha, respectivamente (LIMA, 2002).

Estudos realizados por MOURA *et al.* (2001), em pedúnculos de cajueiro-anão precoce, verificaram teores de flavonóides amarelos iguais a 111,86 mg/100 g no clone CCP 76, 89,91 mg/100 g no clone CCP 09, 97,14 mg/100 g no clone CAP 6(500), 89,94 mg/100 g no clone CAP 25, 106,67 mg/100 g no clone P 47, 125,89 mg/100 g no clone END 157, 80,62 mg/100 g no clone END 183, 129,69 mg/100 g no clone END 189 e 114,87 mg/100 g no clone END 329.

As frutas são geralmente mais ricas em polifenóis do que os vegetais, sendo o conteúdo total de fenóis tão alto quanto 1-2 g/100 g no peso fresco de algumas frutas, como a ameixa e o caqui. Eles freqüentemente contêm altas quantidades de proantocianidinas (maçã, ameixa, uva e caqui) e antocianinas (ameixa e outras frutas vermelhas como as cerejas, morangos, amoras, uvas, fruto da groselha vermelha e preta.), não comumente achadas em vegetais, com exceção da berinjela e legumes (BRUNELLO *et al.*, 2001).

Uma das frutas que apresenta elevados teores de antocianinas é a uva. MALACRIDA & MOTTA (2006) relatam que o conteúdo de antocianinas em uvas tintas varia de 30 a 750 mg por 100 g da fruta madura. Em uvas *Concord* varia entre 61 a 112 mg/100 g, enquanto que uvas viníferas como *Pinot Noir*, *Cabernet Sauvignon* e *Vincent* apresentam concentrações médias de antocianinas de 33, 92 e 439 mg/100 g, respectivamente.

O conteúdo de antocianinas presentes nos frutos é bastante variado, sendo encontrados valores de 336 mg/100 g no açaí, 1.347 mg/100 g na juçara, 41,8 mg/100 g na polpa da amora, 23,7 mg/100 g na polpa do morango, 22,8 mg/100 g na polpa do açaí, 2,7 mg/ 100g na polpa da goiaba e 252,5 mg/100 g na polpa do pêssego (IADEROZAT, 1992; AGUIAR, 2001; KUSKOSKI *et al.*, 2006).

LIMA *et al.* (2003) ressaltam que a acerola é um dos frutos que mais apresenta variação nos teores de antocianinas totais. Em seu estudo com polpas congeladas oriundas de doze diferentes clones de aceroleiras, foram encontrados, no tempo zero de armazenamento, valores da ordem de 3,79 mg/100 g a 59,74 mg/100 g. PAIVA *et al.* (1999) também detectaram uma grande variação no teor de antocianinas totais em acerola (1,97 mg/100 g a 46,44 mg/100 g).

FIGUEIREDO (2000) observou um rápido acúmulo de antocianinas nos estádios finais de maturação em pedúnculos de clone de cajueiro-anão precoce CCP-76, sendo igual a 21,48 mg/100 g, o que proporcionou uma aparência atrativa, característica do pedúnculo maduro.

A quantidade e a composição das antocianinas presentes no caju diferem de acordo com a espécie, variedade, maturidade, condições climáticas e cultivar. AGUIAR (2001) em seu estudo com pedúnculo de cajueiro-anão precoce, verificou teores de antocianinas iguais a 10,01 mg/100 g para o clone CCP 09, 11,59 mg/100 g para o clone END 157, 7,04 mg/100 g para o clone END 183 e 14,90 mg/100 g para o clone END 189. Estes resultados foram inferiores aos encontrados por MORAIS *et al.* (2002) para os clones END 157 (59 mg/100 g), END 183 (18 mg/100 g) e END 189 (18 mg/100 g).

Em outro estudo realizado por MOURA *et al.* (2001), em pedúnculos de cajueiro-anão precoce, verificaram teores de antocianinas totais iguais a 37,38 mg/100 g no clone CCP 76, 17,58 mg/100 g no clone CCP 09, 40,72 mg/100 g no clone CAP 6(500), 28,82 mg/100 g no clone CAP 25, 31,73 mg/100 g no clone P 47, 59,08 mg/100 g no clone END 157, 17,56 mg/100 g no clone END 183, 76,07 mg/100 g no clone END 189 e 35,40 mg/100 g no clone END 329.

2.3.3.4.1 Significado nutricional

Existem mais de 4.000 flavonóides distintos, que apresentam diversas atividades bioquímicas e farmacológicas, tais como ação antioxidante, antiinflamatória, antialérgica, antiviral e anticarcinogênica. A FIGURA 6 mostra a estrutura genérica de tais compostos (CÉLULAS, 2006).

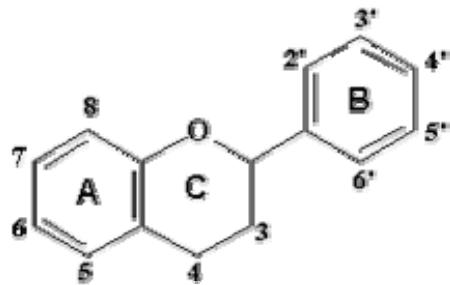


FIGURA 6 – Estrutura básica dos flavonóides
Fonte: CÉLULAS (2006).

Estudos epidemiológicos têm sugerido associações entre o consumo de alimentos e bebidas ricos em polifenóis e a prevenção de certos distúrbios. Estes compostos fenólicos são comumente chamados de antioxidantes e podem prevenir varias doenças associadas com o estresse oxidativo, como o câncer, doença cardiovascular, inflamação e outras (BRUNELLO *et al.* 2001).

Os polifenóis são agentes redutores, junto com outros agentes praticamente com as mesmas funções, como a vitamina C, a vitamina E e os carotenóides. Todos eles protegem o tecido corporal contra o estresse oxidativo, além de prevenir outras doenças (SCALBERT & WILLIAMSON, 2000). De acordo com HENRIQUES *et al.* (2004) a vitamina E é a denominação comum de um conjunto de vitaminas lipossolúveis. O termo compreende oito compostos diferentes. Quatro deles se chamam tocoferóis e quatro tocotrienóis. O α -tocoferol é o mais abundante e biologicamente o que apresenta mais ação vitamínica (FIGURA 7).

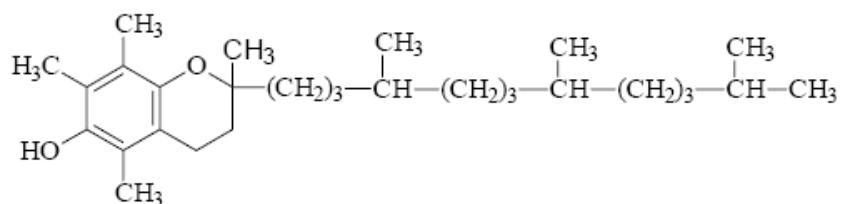


FIGURA 7 – Estrutura do α -tocoferol
Fonte: HENRIQUES *et al.* (2004).

De acordo com ZHAO *et al.* (1999) os efeitos anticancerígenos observados pela presença dos polifenóis em sementes das uvas são dependentes das doses e evidentes nos termos de redução na incidência de tumor (35 a 60 % de inibição), na multiplicação de tumor (61 a 83 % de inibição) e no volume do tumor (67 a 87 % de inibição), pela ação das procianidinas. A partir daí sugere-se que os polifenóis das sementes de uvas e as procianidinas presentes nestas podem ser utilizadas como agentes抗癌ígenos e/ou preventivos no aparecimento de tumores.

Vale ressaltar, contudo, que as propriedades biológicas dos polifenóis dependem de sua biodisponibilidade. Evidências indiretas de sua absorção através do intestino é o aumento da sua capacidade antioxidante no plasma depois da ingestão de alimentos ricos em polifenóis. Isto tem sido muito observado em gêneros alimentícios como o chá, o vinho tinto e o suco de maçã. A estrutura química dos polifenóis determina suas taxas, a extensão de absorção intestinal e a natureza dos metabólitos circulantes no plasma. Os poucos estudos relacionados à biodisponibilidade destes componentes ativos, mostram que as quantidades de polifenóis encontrados intactos na urina varia de um tipo para outro dentro do grupo dos polifenóis. Eles são particularmente baixos para queracetina e rutina, um glicosídeo da queracetina (0,3 % a 1,4 %), mas alcançam altos valores quando se trata de catequinas no chá verde, isoflavonas na soja, flavonóides em frutas cítricas e antocianidinas no vinho tinto (valores de 3,0 % a 26,0 %) (SCALBERT & WILLIAMSON, 2000).

Os polifenóis que não são absorvidos no estômago ou no intestino delgado são carregados para o cólon. Em adição, os polifenóis que são absorvidos, são metabolizados no fígado e excretados na bile ou diretamente pelos enterócitos do intestino delgado, estes alcançam o cólon, mas em uma diferente forma química, como um glucuronide. A absorção intestinal de polifenóis pode ser alta, porém, as concentrações no plasma de algumas moléculas individuais raramente excedem 1 μ M depois da ingestão de 10 a 100 mg de um único componente (BRUNELLO *et al.* 2001).

Dentre os compostos fenólicos mais extensivamente estudados, encontram-se as antocianinas, que desempenham importante papel em produtos ricos em açúcares, como sucos e geléias de frutas, que além dos atributos relacionados à cor, seu interesse tem se intensificado devido aos seus possíveis benefícios à saúde, como a prevenção do câncer e doenças coronarianas, de modo que, tem sido sugerida uma ingestão diária entre 180 a 215 mg de antocianinas nos Estados Unidos (FADELLI & BOBBIO, 2000; BRUNELLO *et al.* 2001; COOKE, 2005).

MALACRIDA & MOTTA (2006) relatam que as antocianinas apresentam propriedades farmacológicas, sendo utilizadas para fins terapêuticos. De modo que já foram comprovados cientificamente seus efeitos anticarcinogênico, antiviral e antioxidante, que podem reduzir os riscos de doenças coronarianas. Apresentam ainda ação coadjuvante no tratamento de vários tipos de doenças circulatórias que resultam em fragilidade capilar, propriedades antiinflamatórias e vaso-protetoras, inibição da agregação plaquetária, manutenção da permeabilidade vascular, controle do diabetes e obesidade, atividade anti-neoplásica e outros possíveis benefícios, na medida em que exercem diversas ações em enzimas e em outros processos metabólicos (TAMURA & YAMAGAMI, 1994; KAMEI *et al.*, 1995; WANG, 1997; DEGENHARDT, 2000; JOSHIPURA *et al.*, 2001; TSUDA *et al.*, 2003; ZANATTA, 2004).

Estudos realizados por KUSKOSKI *et al.* (2004) com o intuito de verificar a atividade antioxidante de pigmentos antociânicos em temperatura ambiente por meio do método de descoloração do radical ABTS⁺ (2,2'-azino-bis-3-etylbenzotiazolina- 6-sulfonato) demonstraram que estes pigmentos apresentam atividade antioxidante potencial, a qual varia conforme as diferentes substituições hidroxílicas e metoxílicas na molécula.

2.3.3.4.2 Estrutura e nomenclatura

As antocianinas são substâncias fenólicas, possuindo uma aglicona (antocianidina) e uma porção açúcar (geralmente glicose, ramnose, galactose, xilose e arabinose) o que confere maior solubilidade e estabilidade em relação as antocianidinas. Apresentam como unidade estrutural básica o cátion flavílium, também denominado como 2-fenilbenzopirílium (FIGURA 8). As estruturas das agliconas mais comuns conhecidas estão apresentadas no ANEXO K (FALCÃO *et al.*, 2003; HENRIQUES *et al.*, 2004; ZANATTA, 2004).

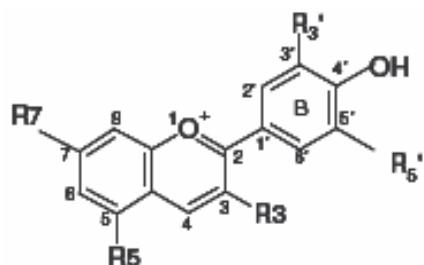


FIGURA 8 - Estrutura do íon flavílium ou 2-fenil-benzopirílium
Fonte: ZANATTA (2004).

Uma das principais características das antocianinas é a sua mudança de coloração em função do pH do meio em que estão inseridas. Esta variação de cores foi extensamente estudada e discutida. Pesquisas mostraram que há três equilíbrios principais que ocorrem quando se eleva o pH de uma solução ácida contendo uma antocianina. Um esquema geral é apresentado no ANEXO L (SOARES, 2001).

Na natureza, as antocianinas encontram-se associadas a moléculas de açúcares; na forma livre, sem a ligação éster com o açúcar, recebe o nome de aglicona ou antocianidina. Dependendo dos substituintes nas posições R e R' define-se uma antocianidina diferente (OKUMURA, 2002).

Segundo ZANATTA (2004), existem 17 antocianidinas, resumidas no ANEXO M, com diferenças no número e posição dos grupos hidroxilas e/ou metoxilas, porém apenas seis delas são mais freqüentemente encontradas em alimentos. A partir destas 17 estruturas, são formadas as antocianinas, que são as moléculas resultantes da esterificação das antocianidinas com pelo menos uma molécula de açúcar.

2.3.3.4.3 Biossíntese das antocianinas

A via biossintética dos flavonóides incorpora precursores das vias do ácido chiquímico e dos policetídeos (ANEXO N). Os compostos que são os precursores dos flavonóides são os aminoácidos, fenilalanina e tirosina, além do malonato, e todos podem ser gerados a partir das rotas catabólicas dos carboidratos. O primeiro flavonóide formado é a chalcona e todos os outros flavonóides são obtidos a partir de reações de oxidação e de redução deste intermediário (SILVA, 2003; HERRERIAS, 2005).

A fenilalanina primeiramente é transformada em ácido coumárico que em conjunto a três moléculas de malonato são ativados com acetil coenzima A, formando respectivamente coumaril-CoA e malonil-CoA, que se condensam numa estrutura ativada que servirá de substrato para ação da enzima chalcona sintase que vai produzir uma chalcona conhecida como chalconaringenina. Nesta seqüência outra enzima a chalcona isomerase, irá transformar a chalconaringenina na flavanona naringenina, que poderá sofrer agora uma série de reações de oxidação, redução, hidroxilação, metilação, prenilação e glicosilação, que darão origem a flavononas, flavonóis, dihidroflavonóis, e várias outras classes de flavonóides glicosilados ou não (SILVA, 2003).

Vale ressaltar que, a enzima chalcona sintase é necessária para que haja formação de importantes flavonóides como as antocianinas, os flavonóis, os taninos condensados e os isoflavonóides (ANEXO O). Os flavonóis são os próprios precursores dos taninos condensados e das antocianinas, a partir da atuação da enzima UDP-Glc flavonóide glicosiltransferase (PERES, 2004).

2.3.3.4.4 Efeito do processamento sobre as antocianinas

Segundo SHAHIDI e NACZK (1995) antocianinas são compostos solúveis em água e altamente instáveis em temperaturas elevadas, sofrendo transformações não bem esclarecidas e perdendo a sua cor ou alterando a tonalidade. Os principais fatores que influenciam a estabilidade destes compostos são a estrutura química, o pH, a degradação enzimática e fatores externos característicos do tipo de processamento, bem como as interações entre os componentes dos alimentos, tais como ácido ascórbico, íons metálicos, açúcares (sacarose e glicose) e copigmentos. (FRANCIS, 1989; MALACRIDA & MOTTA, 2006).

As antocianinas reagem com íons de bissulfito ou com dióxido de enxofre, sofrendo descoloração em processo reversível. A adição de sais em alimentos ricos em antocianinas, devido à sua rápida descoloração, leva ao aparecimento de colorações diferentes causadas por outros pigmentos existentes no alimento (ROBERTSON, 1992).

Com NaHSO₃, amplamente usado como inibidor da reação de Maillard e de enzimas, as antocianinas formam compostos de adição no carbono 2, com perda de cor. As antocianinas podem ainda reagir com ácido ascórbico, resultando em perdas de antocianinas e da própria vitamina C (BONNAS, 2006).

BOBBIO & BOBBIO (1995) ressaltam que as antocianinas sofrem profundas mudanças em sua cor em diferentes valores de pH e luz, sendo este último o segundo fator em importância na alteração da cor desses pigmentos. Esta destruição é mais intensa quando o fator luz é combinado com o efeito do oxigênio. O ANEXO P traz algumas dessas transformações.

Em presença de cátions como K^+ , Na^+ , Al^{+3} , $Fe^{+2/+3}$, Cu^{+2} e Sn^{+2} as antocianinas formam complexos denominados “lacas”, as quais possuem coloração ou tonalidade diferente daquela da correspondente antocianina. Em presença de proteínas as antocianinas podem formar complexos, alguns pouco solúveis e que se combinam com vários cátions originando coloração azul (BONNAS, 2006).

Durante a estocagem de alimentos observa-se consequente alteração da cor (LIMA *et al.*, 2002b). Através de sua ação despolarizante sobre o hidrogênio, e quelante para ferro e estanho, as antocianinas aceleram a corrosão em latas de alimentos ácidos sempre que o ferro estiver exposto diretamente ao alimento (BONNAS, 2006).

De acordo com MALACRIDA & MOTTA (2006) a baixa estabilidade destes pigmentos em produtos industrializados, limita seu uso como corante natural em alimentos ou como constituinte de formulações farmacêuticas. Entre os principais fatores relacionados com a instabilidade das antocianinas durante o processamento de sucos podem ser citados aqueles associados à composição inicial da fruta, tal como o tipo de antocianina e a presença de certas enzimas.

A estabilidade das antocianinas ao descoramento aumenta consideravelmente quando contêm ácidos fenólicos em sua molécula, em presença de flavonóides não-antociânicos, especialmente flavonols, acetaldeído, aminoácidos, taninos, etc. Esse aumento de estabilidade é atribuído a copigmentação, ou seja, associação entre a antocianina e o flavonol (copigmento) por pontes de hidrogênio de modo que o flavonol venha a formar uma estrutura protetora sobre e abaixo da antocianina (BOBBIO & BOBBIO, 1995).

O congelamento, um dos principais métodos de conservação de frutos, influencia na coloração destes. LIMA *et al.* (2003) relata que esta técnica é bastante utilizada na conservação da acerola, entretanto, ALVES *et al.* (1997) evidenciaram que a cor vermelha destes frutos, ao serem congelados, foi modificada para amarela, sendo apontadas pelas empresas produtoras de polpas de frutas como um problema que ocorre durante o seu processamento.

Muitos estudos demonstraram relação logarítmica entre a destruição das antocianinas e o aumento aritmético da temperatura. Processos utilizando baixo tempo em alta temperatura têm sido recomendados para melhor retenção dos pigmentos. Um estudo, com compota de morango, verificou a destruição de 50 % das antocianinas durante o processamento a 100°C. No caso de sucos de frutas vermelhas, perdas de antocianinas mostraram-se insignificantes para tratamentos térmicos com duração inferior a 12 minutos a 100°C (MALACRIDA & MOTTA, 2006).

Segundo ROBERTSON (1992) a intensidade da cor das antocianinas aumenta com a redução da atividade de água (A_w) e a perda de cor, a uma temperatura de 43°C, é minimizada em A_w entre 0,6 e 0,8. As perdas de cor aumentam a valores de A_w abaixo de 0,6 e acima de 0,8.

No caso de uvas, que apresentam alta concentração de antocianinas em sua casca, observa-se que o processo de extração à quente facilita a solubilização destes pigmentos da casca para o suco, no entanto, o aquecimento excessivo deve ser evitado. Longos períodos de extração em altas temperaturas podem acarretar decréscimo das antocianinas do suco devido reações de degradação ou condensação com taninos. O total de antocianinas que é de aproximadamente 460 mg/100 g de suco extraído a frio diminui para 200 mg/100 g de suco quando a extração ocorre a quente (MAZZA, 1995).

MALACRIDA (2003) determinou a concentração de antocianinas em sucos de uva reconstituídos e simples disponíveis comercialmente. Os sucos de uva simples apresentaram maiores concentrações médias de antocianinas (28,7 mg/L) quando comparados aos sucos reconstituídos (17,3 mg/L). Diferenças nos processamentos dos sucos podem ter contribuído para as distintas quantidades de antocianinas encontradas, uma vez que o suco reconstituído é elaborado a partir da diluição do suco concentrado de uva.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Matéria-prima

Para a realização desta pesquisa foram utilizadas amostras de suco de caju com alto teor de polpa, fornecidas pela Jandaia agroindústria Itda., localizada no município de Pacajus, região metropolitana de Fortaleza.

3.1.1 Coleta das amostras

Foram coletadas amostras de três lotes de suco de caju, imediatamente após as etapas de formulação, homogeneização e pasteurização, em virtude das características do processo e da disponibilidade de amostragem na planta, conforme apresentado na FIGURA 9.

As amostras referentes à etapa de pasteurização caracterizam-se pelo produto já engarrafado e as amostras após as etapas de formulação e homogeneização foram acondicionadas em sacos plásticos de polietileno, congeladas e transportadas em caixas de poliestireno expandido (isopor) até o Laboratório de Frutos e Hortalícias onde foram analisadas posteriormente, com exceção da determinação de ácido fólico, que foi determinado no Laboratório de Biotecnologia (LABIOTEC), ambos do Departamento de Tecnologia de Alimentos (DETAL) da Universidade Federal do Ceará (UFC).

3.1.2 Armazenagem das amostras

Todas as amostras, com exceção do produto engarrafado, que foi acondicionado em caixa de papelão e mantido à temperatura ambiente (28 °C), foram transferidas para potes plásticos com capacidade média de 150 mL e mantidas congeladas em freezer doméstico à temperatura de –20 °C até o início das determinações analíticas.

As amostras destinadas à determinação de ácido fólico foram previamente centrifugadas e armazenadas em potes plásticos com capacidade média de 50 mL e mantidas sob congelamento, nas mesmas condições anteriores, até o início das análises cromatográficas.

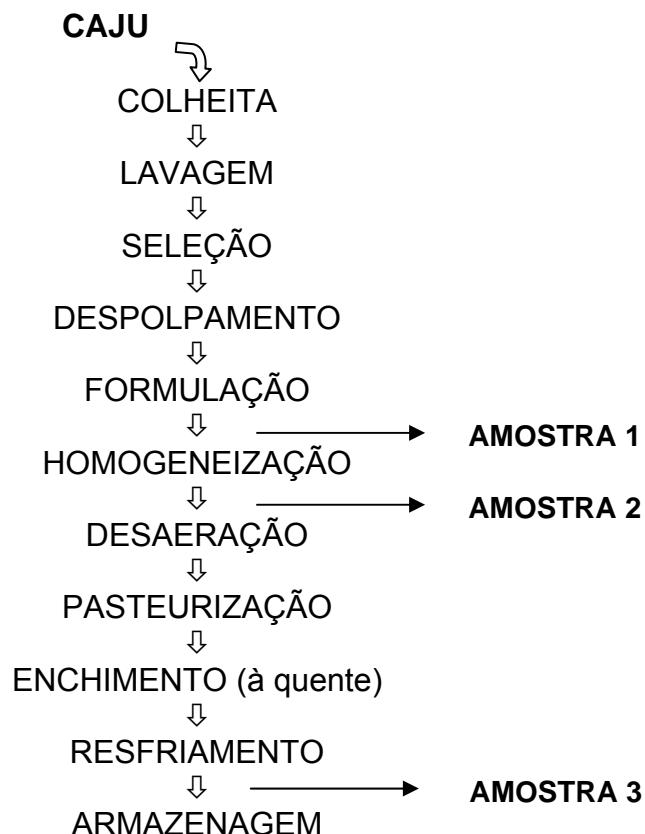


FIGURA 9 – Fluxograma reduzido das operações seguidas para obtenção do suco de caju com alto teor de polpa pelo processo *hot fill*, indicando os pontos de amostragem.

3.2 Determinações químicas e físico-químicas

Foram realizadas as seguintes determinações analíticas nas amostras de suco de caju com alto teor de polpa:

3.2.1 Sólidos solúveis totais (°Brix)

A determinação dos sólidos solúveis foi feita por refratometria através da medida dos °Brix, em refratômetro marca ATAGO, com escala variando de 0 a 32 °Brix, conforme INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985).

3.2.2 pH

O pH foi determinado através de leitura direta, em potenciômetro de marca WTW, modelo 330i/SET, calibrado a cada utilização com soluções tampão de pH 4,0 e pH 7,0 conforme a AOAC (1992).

3.2.3 Acidez total titulável

A análise foi realizada titulando-se a amostra com solução de NaOH 0,1 N, usando solução de fenolftaleína como indicador, conforme descrito nas normas do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985). Os resultados foram expressos em g/100 mL de ácido cítrico.

3.2.4 Açúcares redutores

Determinados de acordo com as normas analíticas do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985), com valores expressos em percentual de glicose.

3.2.5 Açúcares não-redutores

Determinados através de inversão ácida de parte dos extratos utilizados para análise de açúcares redutores (item 3.2.4), conforme descrito pelas normas analíticas do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985), com valores expressos em percentual de sacarose.

3.2.6 Açúcares totais

Determinados pelo somatório dos valores encontrados para açúcares redutores (em glicose) e açúcares não-redutores (em sacarose), de acordo com as normas analíticas do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985).

3.2.7 Atividade de água (A_w)

A atividade de água foi determinada por medida direta, em aparelho portátil *PawKit Water Activity System*, da marca Decagon Devices Inc., segundo as instruções do fornecedor.

3.2.8 Ácido ascórbico (vitamina C)

A vitamina C total foi obtida por titulometria com solução de DFI (2, 6 dicloro fenol indofenol), conforme descrito por Cox e Pearson (1976), sendo os resultados expressos em mg/100 g.

3.2.9 Ácido fólico (vitamina B₉)

3.2.9.1 Determinação de ácido fólico por CLAE⁴

A importância que foi atribuída ao ácido fólico recentemente, em virtude de sua ação benéfica ao homem, tem aumentado o interesse dos pesquisadores por esta vitamina. Conseqüentemente, aumentou a preocupação dos analistas em desenvolver metodologias apropriadas para a determinação do ácido fólico em alimentos enriquecidos ou não com esta vitamina (CATHARINO, 2003).

Nos últimos anos várias metodologias analíticas foram desenvolvidas para a determinação e quantificação de folatos em alimentos. Entretanto, a determinação de ácido fólico apresenta muitos desafios, mesmo com a utilização de técnicas sofisticadas, como é o caso da cromatografia líquida de alta eficiência, as quais incluem o melhoramento nos procedimentos de extração, limpeza e condições cromatográficas mais simples (CATHARINO & GODOY, 2001; CATHARINO, 2003).

Estudos foram realizados observando as respostas de tempos de retenção frente a diferentes parâmetros independentes analisados, como pH de fase móvel, modificador orgânico e tipos de coluna para a análise de vitaminas do complexo B, incluindo o ácido fólico. Porém, nenhum trabalho analisou, mesmo em análise univariada, a concentração do ácido fólico frente a outros parâmetros (DONG, 1988).

A cromatografia é uma técnica usada para separação de substâncias. Ela está fundamentada na migração diferencial dos componentes de uma mistura, que ocorre devido a diferentes interações, entre duas fases imiscíveis, a fase móvel e a fase estacionária, permitindo desta forma isolar, identificar e quantificar cada uma das estruturas comparando padrões muito precisos (DEGANI, 1998; BERNARDES, 2004).

⁴ Cromatografia líquida de alta eficiência.

A CLAE é uma técnica extremamente versátil e de grande aplicação, principalmente devido a grande variedade de combinações entre as fases móveis e estacionárias, possibilitando análises e separações de uma ampla gama de compostos com alta eficiência. Entre as vantagens desta técnica estão a sensibilidade, especificidade, rapidez e a não necessidade de intensa manipulação da amostra (TRUGO, 1983; DEGANI, 1998).

3.2.9.2 Reagentes

O padrão de ácido fólico foi adquirido da FLUKA (97% de pureza). Os reagentes álcool metílico, acetonitrila e diclorometano, foram de grau cromatográfico (VETEC, MERCK e Carlo Erba). O ácido acético glacial e hexano foram de grau analítico (Cinética Química e Synth). A água utilizada para o preparo das fases móveis foi purificada no sistema *Milli-Q* (MILLIPORE) sendo, posteriormente, desgaseificada em ultra-som e filtrada em membrana de acetato de celulose com poros de 0,45 µm de diâmetro (MILLIPORE).

3.2.9.3 Equipamento

Foi utilizado um cromatógrafo líquido da marca *Varian*, sendo este composto por duas bombas de alta pressão *Pro Star* 210, um forno para coluna modelo *Timberline* 101 ajustado à temperatura de 35 °C, um detector UV-Vis *Pro Star* de duplo canal modelo 342 e um injetor *Rheodyne* com alça de amostragem de 20 µL, gerenciado pelo software *Star Chromatography WS* versão 5.0. Utilizou-se para a separação da vitamina uma coluna de fase reversa Ace® C₁₈ (250 mm de comprimento x 4,0 mm de diâmetro interno com partícula de 5 µm).

3.2.9.4 Método

Para a análise de ácido fólico em suco de caju, partiu-se da metodologia desenvolvida por BREITHAUPT (2001), validada para sucos de frutas fortificados com ácido fólico. No entanto, de acordo com testes preliminares, a metodologia de extração teve de ser modificada assim como as condições cromatográficas.

O ácido fólico foi extraído das amostras de suco de caju (cerca de 10 mL), previamente centrifugadas em centrífuga SIGMA, modelo 6-15 a 5000 rpm por 20 minutos que, em seguida, foram filtradas com membranas de borosilicato (MFS). O filtrado foi então submetido a um processo de extração com cartucho de extração em fase sólida.

3.2.9.5 Extração em fase sólida

Uma das etapas mais críticas envolvidas na análise cromatográfica de misturas complexas consiste no isolamento dos analitos de interesse. Em alguns casos é necessário realizar uma extração para remover esses analitos da matriz. A preparação das amostras inclui também uma etapa de isolamento que visa à eliminação de interferentes. Para a determinação de ácido fólico em alimentos, alguns métodos na literatura sugerem a utilização da extração em fase sólida (CATHARINO & GODOY, 2003; CROMATOGRAFIA, 2004).

Segundo CATHARINO (2003) a extração, além de constituir uma das etapas mais importantes nesta determinação, é também a maior fonte de erro na determinação da vitamina. Precipitação com ácido tricloroacético e técnicas de extração em fase sólida, têm sido utilizadas como procedimentos de limpeza dos extratos para a determinação de folatos, solucionando, em parte, alguns dos problemas durante a análise.

Na técnica de extração em fase sólida, os analitos contidos numa matriz aquosa são extraídos, juntamente com os compostos interferentes, após passarem por um cartucho contendo o adsorvente ou fase sólida (FIGURA 10). Um solvente orgânico seletivo é geralmente utilizado para remover os interferentes e então, outro solvente é usado para eluir os analitos de interesse (BARRIONUEVO & LANÇAS, 2001).

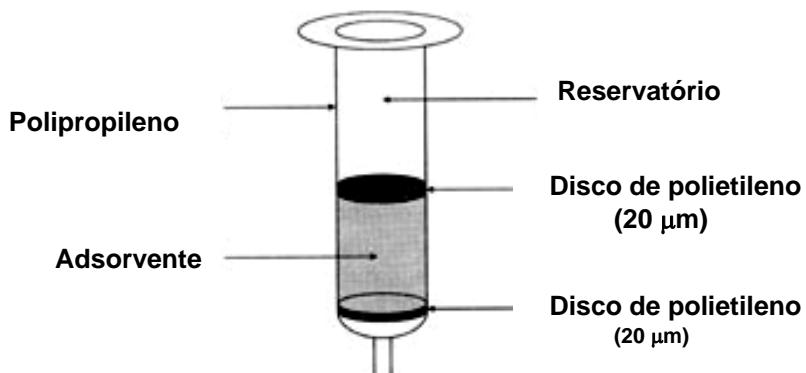


FIGURA 10 - Cartucho típico empregado para extração em fase sólida
Fonte: LANÇAS (2001).

Em seguida, a amostra (solução contendo o analito) é colocada no topo do cartucho e aspirada de forma a nele penetrar com aplicação de pequeno vácuo por meio de uma seringa. Segue-se a drenagem de toda a fase líquida. O analito fica retido no cartucho e posteriormente é eluído com um pequeno volume de solvente, sendo coletado em concentração já apropriada para análise. A FIGURA 11 exemplifica as etapas envolvidas na extração em fase sólida (LANÇAS, 2001).

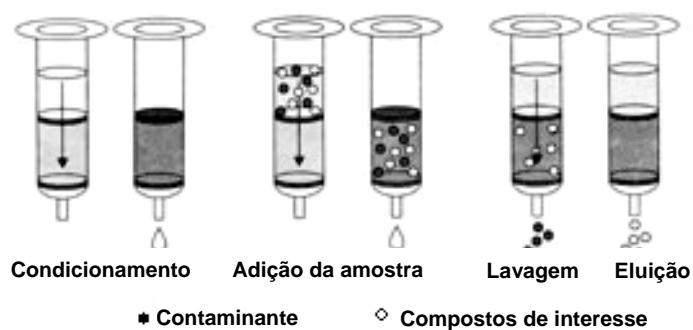


FIGURA 11 - Etapas de extração em fase sólida para isolamento de um composto
Fonte: LANÇAS (2001).

Contudo, existem equipamentos específicos que realizam, automaticamente, todos os passos de uma extração em fase sólida, ou seja, o condicionamento do cartucho, a injeção de amostra, a lavagem e a eluição, com a vantagem de permitir a preparação de dezenas de amostras simultaneamente (ANALÍTICA, 2002; CROMATOGRAFIA, 2004).

3.2.9.5.1 Técnica de extração em fase sólida utilizada

O procedimento analítico empregado foi desenvolvido mediante vários testes, os quais possibilitaram determinar o melhor método de extração-purificação da amostra e do padrão. O melhor resultado foi obtido com a utilização de um cartucho C₁₈ (*Bond Elut C₁₈*, da marca *Varian*) e dois cartuchos de troca aniônica do tipo SAX (*AccuBond II SAX*) em série, ambos com volume de 6 mL x 500 mg de fase sólida.

Devido à composição do suco de caju, fez-se necessário a utilização prévia de um cartucho C₁₈ a fim de promover a retirada das substâncias coloridas que, além de interferirem na determinação do analito de interesse (ácido fólico), sujam o cartucho de troca iônica. Vale ressaltar que as vitaminas não ficam retidas neste cartucho, ao contrário do que ocorre no cartucho SAX (resina trocadora de ânions) em que as moléculas das vitaminas ficam ligadas em seus sítios ativos (COUTRIM, 2000). Para as amostras de suco de caju, foram necessárias duas operações com o cartucho SAX. Durante a primeira extração neste cartucho ficará retido, primeiramente, as moléculas do ácido ascórbico pois este se apresenta em quantidade muito superior ao ácido fólico, no referido suco, de forma que se faz necessária a utilização de um segundo cartucho SAX para a separação da vitamina B₉. Neste, as moléculas de ácido fólico permanecem ligadas aos sítios ativos da fase estacionária do cartucho, sendo que para sua remoção utilizou-se um tampão previamente preparado, constituído de acetato de sódio 1 M e 10 % de cloreto de sódio, ajustado em pH 4,9 (com auxílio de ácido acético).

Após a eluição com tampão, as amostras foram filtradas através de um sistema Whatman com membrana de *nylon* (com abertura de 0,45 µm e 13 mm de diâmetro) acoplado a uma seringa Hamilton e acondicionadas em *eppendorfs*, com capacidade igual a 1,5 mL, até o momento da injeção no cromatógrafo. Vale ressaltar que, no processo de eluição com tampão, bem como na extração das amostras e do padrão, utilizou-se uma velocidade média de fluxo igual a uma gota a cada três segundos.

Vale ressaltar que, antes do início da extração, os cartuchos foram submetidos a uma etapa de condicionamento prévio, que consistiu na utilização de vários solventes em seqüência, a saber: para o cartucho C₁₈ utilizou-se 5 mL de metanol e 10 mL de água destilada e para o cartucho SAX utilizou-se 6 mL de hexano, 6 mL de metanol e 10 mL de água destilada. Estes têm a função de “preparar” os sítios ativos da fase sólida para receber a amostra. A velocidade média de fluxo utilizada nesta etapa foi igual a duas gotas por segundo.

3.2.9.6 Preparação dos padrões de ácido fólico

Para o preparo dos padrões de ácido fólico foi utilizada uma solução-estoque da vitamina que foi obtida dissolvendo-se 0,1g de ácido fólico em 100 mL de água deionizada (concentração igual a 1000 mg/L). Em seguida diluiu-se na proporção de 1:10 esta solução, obtendo-se uma concentração final de 100 mg/L, sendo esta utilizada na obtenção dos padrões para a construção da curva de calibração.

3.2.9.7 Condições de separação

Como fase móvel foram utilizadas água *Milli-Q* e acetonitrila. Foram testadas várias condições de separação: isocráticas (composição de solventes fixa do início ao final da corrida) e com gradiente, sendo que esta última apresentou melhores resultados.

As amostras foram submetidas a várias condições de separação em relação ao gradiente, sendo a melhor condição obtida utilizando-se 1 % de acetonitrila e 99 % de água no início da corrida, fazendo um gradiente até sete minutos, chegando a 15 % de acetonitrila e 85 % de água, permanecendo nesta concentração durante oito minutos de corrida. Após este tempo o sistema foi reestabilizado na condição inicial (TABELA 10). A vazão total foi mantida constante em 1 mL/min. durante toda a corrida.

A detecção da vitamina foi feita utilizando-se comprimento de onda de 285 nm, que é o comprimento de onda máximo de absorção do ácido fólico (CATHARINO, 2003; PRIETO *et al.*, 2006). A identificação da vitamina foi feita por comparação dos tempos de retenção obtidos com padrões previamente injetados e suco “dopado” (adicionado de vitamina).

TABELA 10 - Composição da fase móvel com gradiente, em comprimento de onda de 285nm

TEMPO (min.:seg.)	SOLVENTE A (%)	SOLVENTE B (%)
0:00	1	99
7:00	15	85
15:00	15	85
18:00	1	99

Solvente A: acetonitrila

Solvente B: água deionizada de grau *milli-Q*.

Um cuidado importante a ser tomado diz respeito à lavagem da coluna, pois, foi observado nos testes que, devido aos elevados teores de ácido ascórbico no suco de caju, este impregnava rapidamente a coluna, sendo necessária uma limpeza periódica com solventes (metanol, acetonitrila, diclorometano e água) sempre que a reproduzibilidade fosse comprometida nos tempos de retenção ou mesmo na visualização da vitamina em estudo.

3.2.9.8 Curva de calibração

A quantificação do ácido fólico foi feita por padronização externa, através de curva analítica construída com cinco níveis de concentração (0,25; 0,5; 1,0; 2,0; e 3,0 mg/L), sendo cada ponto representado pela média de duas determinações. Embora se tenha obtido uma curva de calibração linear na faixa de 1,0 a 30,0 mg/L em estudos preliminares, utilizou-se uma curva com faixa de até 3,0 mg/L devido à quantidade de vitamina presente no suco em análise.

3.2.10 Carotenóides totais

Foram determinados pelo método de HIGBY (1962), sendo as leituras feitas em espectrofotômetro, em comprimento de onda a 450 nm e os resultados expressos em mg/100 g.

3.2.11 Antocianinas totais

As determinações seguiram a metodologia descrita por FRANCIS (1982), sendo as leituras feitas em espectrofotômetro, em comprimento de onda ajustado a 535 nm. Os resultados foram expressos em mg/100 mL.

3.3 Delineamento experimental

As determinações foram efetuadas em triplicata e os dados obtidos, submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SAS (*Statistical Analysis System*) versão 8.0. Os resultados foram expressos como médias \pm desvio padrão.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A TABELA 11 apresenta os valores dos quadrados médios das análises realizadas em diferentes etapas do processamento do suco de caju com alto teor de polpa.

TABELA 11 - Valores dos quadrados médios (QM) das análises realizadas em diferentes etapas do processamento do suco de caju

ANÁLISES	PARÂMETROS	
	GL	QM
pH	2	0,00101111 ^{NS}
Sólidos solúveis totais (°Brix)	2	0,30001111*
Acidez	2	0,01423333*
Atividade de água (A_w)	2	0,00031111*
Açúcares redutores	2	0,03720000 ^{NS}
Açúcares não-redutores	2	0,00674444 ^{NS}
Açúcares totais	2	0,07214444 ^{NS}
Ácido ascórbico	2	107,8711111*
Ácido fólico	2	0,181741574*
Antocianinas totais	2	0,00240267*
Carotenóides totais	2	0,00009411*

* Valores significativos ao nível de 5 % de probabilidade ($p \leq 0,05$)

NS: não significativos.

4.1 Sólidos solúveis totais (°Brix)

Sólidos solúveis, medidos por refratometria, são usados como índice de maturidade para alguns frutos e indicam a quantidade de substâncias que se encontram dissolvidas no suco, sendo constituídos na sua maioria por açúcares, podendo apresentar ainda outros compostos solúveis em água como ácidos, vitamina C e algumas pectinas (OLIVEIRA *et al.*, 1999; CHAVES *et al.* 2004).

Através da TABELA 12 verifica-se que a média dos valores encontrados na determinação de sólidos solúveis totais nas etapas de formulação, homogeneização e pasteurização foram, respectivamente, iguais a 10,67 °Brix, 10,48 °Brix e 11,10 °Brix, de modo que houve variação significativa entre as etapas de formulação e pasteurização.

A variabilidade do teor de SST do suco pode ser explicada, em princípio, pela variação do °Brix da própria matéria-prima e da velocidade mássica no canal formado pela corrente do fluido entre as duas placas do pasteurizador, provocando um atrito entre as partículas do suco e a parede da placa, resultando em maior quebra da polpa, promovendo um acréscimo no valor do teor de sólidos solúveis, lido pelo índice refratométrico, tal como observado por SUGAI *et al.* (2002).

TABELA 12 - Valores médios de sólidos solúveis totais (°Brix) em diferentes etapas do processamento do suco de caju

ETAPAS DO PROCESSAMENTO INDUSTRIAL	MÉDIAS (°Brix)*
Formulação	10,67 ^b ± 0,27
Homogeneização	10,48 ^b ± 0,30
Pasteurização	11,10 ^a ± 0,20

* Valores na mesma coluna seguidos da mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade ($p \leq 0,05$).

Se observarmos o resultado encontrado na etapa de pasteurização (final do processamento), é possível constatar que este foi superior ao encontrado por CHAVES *et al.* (2004) em seu estudo com suco de acerola (8,26 °Brix) e por LIMA *et al.* (2000), em duas marcas de suco de laranja, sendo iguais a 10,76 °Brix e 10,8 °Brix. Contudo é inferior ao encontrado por RIZZON & LINK (2006) no suco de uva (12,8 °Brix).

Em outro estudo, realizado com cinco marcas comerciais de suco de caju, PINHEIRO *et al.* (2006) encontraram valor semelhante em uma marca (11,0 °Brix) e superior em outras duas (13,0 °Brix e 12,5 °Brix).

SOARES *et al.* (2001) e CAMPOS *et al.* (2002) analisando suco clarificado de caju, encontraram teores de sólidos solúveis da ordem de 14 °Brix e 6,5 °Brix, respectivamente, estando estes valores distantes dos encontrados neste trabalho.

Estudos realizados por OLIVEIRA *et al.* (1999) com polpa de caju congelada, verificaram teores que se situaram entre 6,50 °Brix e 13,90 °Brix com média de 9,75 °Brix. SILVA JR. & PAIVA (1994), estudando a polpa *in natura*, encontraram para diversos clones valores iguais a 12,60 °Brix (CCP 09 e L 49), 11,90 °Brix (CCP 76) e 10,90 °Brix (CCP 1001) de modo que o valor médio detectado é compatível com o valor médio encontrado por OLIVEIRA (1997), que foi igual a 11,22 °Brix, valor este semelhante ao encontrado neste trabalho na etapa de pasteurização.

SOUZA FILHO *et al.* (1999) encontraram um valor de 10,6 °Brix para o caju *in natura*, sendo este valor igual ao encontrado neste trabalho na etapa de formulação. MAIA (2001), acompanhando a estabilidade do suco de caju com alto teor de polpa com adição de nitrogênio encontraram, no tempo zero, um valor igual a 11,00 °Brix, semelhante ao encontrado neste estudo após a etapa de pasteurização (11,10 °Brix).

De acordo com o PIQ (padrão de identidade e qualidade) para suco de caju com alto teor de polpa, as amostras analisadas estavam em acordo com o padrão, conforme a legislação vigente, que estabelece o teor mínimo de sólidos solúveis de 10 °Brix (BRASIL, 2000a).

4.2 pH

De acordo com a TABELA 13 pode-se verificar que o pH encontrado neste estudo variou de 3,70 (etapa de formulação) a 3,73 (etapas de homogeneização e pasteurização), não caracterizando uma diferença significativa ao nível de 5 % de probabilidade.

TABELA 13 - Valores médios de pH em diferentes etapas do processamento do suco de caju

ETAPAS DO PROCESSAMENTO INDUSTRIAL	MÉDIAS*
Formulação	$3,70^a \pm 0,06$
Homogeneização	$3,73^a \pm 0,04$
Pasteurização	$3,73^a \pm 0,03$

* Valores na mesma coluna seguidos da mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade ($p \leq 0,05$).

O resultado encontrado neste estudo, na etapa de pasteurização, foi superior ao encontrado no suco de uva (3,37), e no suco de acerola (3,25) e inferior ao encontrado no suco de laranja não pasteurizado (3,85) (RUSCHEL *et al.*, 2001; CHAVES *et al.*, 2004; RIZZON & LINK, 2006).

Comparando-se com os resultados encontrados por MAIA (2001), logo após o processamento do suco de caju com alto teor de polpa, observamos que este resultado foi inferior ao encontrado para o suco sem adição de SO_2 (4,12) e para o suco com adição de 200ppm de SO_2 (4,10). Contudo, foi próximo ao encontrado para o suco com adição de 300ppm de SO_2 (3,65).

Estudos realizados por PINHEIRO *et al.* (2006), com cinco marcas comerciais de suco de caju, encontraram resultado semelhante em apenas uma marca (3,65). Nas demais marcas foram encontrados valores superiores, iguais a 4,06 e 3,97, e resultados inferiores, iguais a 3,17 e 3,23.

Entretanto, SOARES *et al.* (2001), encontraram um valor de pH igual a 4,28 no suco de caju clarificado, sendo este inferior ao encontrado por CAMPOS *et al.* (2002), onde foi encontrado um valor igual a 6,5. LIMA (2004), analisando suco de caju concentrado à vácuo, encontrou um valor igual a 4,13, estando todos estes resultados acima dos encontrados neste estudo, independentemente da etapa estudada.

OLIVEIRA *et al.* (1999), encontraram uma média igual a 4,11 na polpa de caju, sendo este valor semelhante ao encontrado por SOUZA FILHO (1987) para os clones CP 1001 (4,21), CP 76 (4,25) e CP 06 (4,34). Estes resultados foram superiores aos encontrados por CAMPOS *et al.* (2002), onde foi encontrado um valor igual a 3,77, estando próximo ao encontrado neste estudo na etapa de pasteurização.

4.3 Acidez total titulável

Segundo o INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985), a acidez é um importante parâmetro na apreciação do estado de conservação de um produto alimentício. Geralmente um processo de decomposição do alimento, seja por hidrólise, oxidação ou fermentação, altera quase sempre a concentração dos íons de hidrogênio, e por consequência sua acidez. Os ácidos orgânicos são produtos intermediários do metabolismo respiratório dos frutos e são muito importantes do ponto de vista do sabor e odor.

É possível observar através da TABELA 14, que foram encontrados valores iguais a 0,80 % (etapa de formulação), 0,70 % (etapa de homogeneização) e 0,66 % (etapa de pasteurização), de forma que houve diferença significativa ao nível de 5 % de probabilidade entre as etapas de formulação e pasteurização.

De acordo com OLIVEIRA *et al.* (1999), a acidez do suco varia proporcionalmente ao conteúdo de vitamina C. Esta variação embora direta, não é linear, o que indica a presença de outros ácidos. Desta forma, observa-se que a variação de acidez observada neste trabalho, durante o processamento, está condizente com os resultados encontrados para o ácido ascórbico, onde foram observados maiores teores desta vitamina na etapa inicial, que vão decaíndo com o avanço do processo, contribuindo para a redução da acidez total.

TABELA 14 - Valores médios de acidez (% de ácido cítrico) em diferentes etapas do processamento do suco de caju

ETAPAS DO PROCESSAMENTO INDUSTRIAL	MÉDIAS(%)*
Formulação	0,80 ^a ± 0,10
Homogeneização	0,70 ^{a, b} ± 0,04
Pasteurização	0,66 ^b ± 0,02

* Valores na mesma coluna seguidos da mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade ($p \leq 0,05$).

Observa-se que o resultado encontrado, na etapa de pasteurização, é inferior ao encontrado no suco de laranja industrializado (0,97 %), no suco de acerola (1,44 %), e nos sucos concentrados de tangerina (5,18 %), abacaxi (3,33 %) e limão (26,21 %). Entretanto é superior aos encontrados no suco de laranja natural (0,65 %) e no suco de caju clarificado (0,35 %) (MOURA, 1998a; RUCHEL *et al.*, 2001; SOARES *et al.*, 2001; CAMPOS *et al.*, 2002; SUGAI *et al.* 2002; CHAVES *et al.*, 2004; RIZZON & LINK, 2006).

MAIA (2001), estudando suco de caju com alto teor de polpa, também encontraram resultados inferiores, medidos logo após o processamento, sendo estes iguais a 0,49 % e 0,59 %, para os sucos sem e com adição de 200 ppm de SO₂. No entanto, o valor encontrado para o suco com adição de 300ppm de SO₂, foi exatamente igual ao encontrado neste estudo na etapa de homogeneização (0,70 %).

Comparando-se com o estudo realizado por PINHEIRO *et al.* (2006), realizado com cinco marcas comerciais de suco de caju, observa-se que em apenas uma das marcas analisadas encontrou-se um resultado semelhante ao encontrado neste estudo, na etapa de pasteurização (0,73 %). Em duas das marcas analisadas os resultados foram inferiores (0,53 % e 0,45 %) e nas demais marcas os resultados foram superiores (1,14 % e 1,26 %).

Estudos realizados por SOUZA FILHO (1987) encontraram uma variação de 0,47 % a 0,49 % para polpa de caju *in natura*, sendo estes valores superiores aos relatados por OLIVEIRA (1997), onde encontrou-se um valor igual a 0,26 %. Contudo, em outro experimento com polpa de caju congelada, OLIVEIRA *et al.* (1999) encontraram uma variação mais elevada, entre 0,20 % e 0,81 %, com média de 0,39 %.

Em relação a este dado, o suco analisado encontra-se em acordo com o padrão para suco de caju com alto teor de polpa, que deve ser, no mínimo, igual 0,3 % (BRASIL, 2000a).

4.4 Açúcares redutores

Os frutos carnosos apresentam, em geral, como característica comum, teores de açúcares e acidez relativamente elevados. As pentoses, e mais concretamente a ribose, são açúcares redutores mais reativos; as hexoses (glicose, frutose) são um pouco menos reativas e os dissacarídeos redutores (lactose, maltose) ainda menos (CHEFTEL & CHEFTEL, 1992).

Os valores encontrados para este parâmetro foram iguais a 8,52 % (etapa de formulação), 8,38 % (etapa de homogeneização) e 8,60 % (etapa de pasteurização), não apresentando diferença estatística ao nível de 5 % de probabilidade, conforme descrito na TABELA 15.

TABELA 15 - Valores médios de açúcares redutores (% em glicose) em diferentes etapas do processamento do suco de caju

ETAPAS DO PROCESSAMENTO INDUSTRIAL	MÉDIAS(%)*
Formulação	8,52 ^a ± 0,69
Homogeneização	8,38 ^a ± 0,28
Pasteurização	8,60 ^a ± 0,20

* Valores na mesma coluna seguidos da mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade ($p \leq 0,05$).

É possível observar que, o resultado encontrado na etapa de pasteurização, neste estudo, foi superior aos encontrados por PINHEIRO *et al.* (2006), em seu estudo com cinco marcas de suco de caju comerciais (6,9 %, 5,2 %, 5,5 %, 5,9 % e 5,2 %). CHAVES *et al.* (2004), estudando o suco de acerola, também encontrou um resultado inferior (2,87 %), assim como MAGALHÃES (2005), em seu estudo com suco de manga envasado pelo processo *hot fill* (4,59 %) e asséptico (1,91 %), ambos medidos após o processamento.

Contudo, o resultado encontrado neste trabalho, na etapa de pasteurização foi inferior aos encontrados por MAIA (2001) analisando sucos de caju submetidos a diversas condições. Foram observados, logo após o processamento, valores iguais a 9,30 % (para o suco sem adição de SO₂), 9,60 % (para o suco com adição de 200ppm de SO₂) e 9,09 % (para o suco com adição de 300ppm de SO₂).

SOARES *et al.* (2001), ao analisarem o teor de açúcares redutores no suco de caju clarificado concentrado e diluído encontraram um percentual igual a 12,09 %. Outros estudos com sucos concentrados revelaram teores iguais a 8,41 % no suco de limão, 19,29 % no suco de abacaxi, 21,63 % no suco de tangerina e 66,52 % no suco de caju. Naturalmente, todos estes resultados foram superiores aos encontrados neste trabalho, já que o suco analisado não foi submetido à concentração (LIMA, 2004; MOURA, 1998a).

Entretanto, MAIA *et al.* (2004), em seu estudo com pedúnculos de diferentes clones de cajueiro anão-precoce, encontraram valores iguais a 8,30 % (CCP-76), 8,08 % (CCP-1001) e 8,24 % (CCP-06). SOUZA FILHO *et al.* (1999) também encontraram valores semelhantes para o caju *in natura* (9,15 %). Todos estes resultados estão próximos ao encontrado neste trabalho, na etapa de pasteurização.

De acordo com OLIVEIRA *et al.* (1999) para a polpa de caju congelada, observou-se um valor mínimo de 3,14 % e máximo de 7,03 %, cuja média de 5,74 % foi inferior aos relatados por SILVA JR & PAIVA (1994), para 4 clones (11,50 %; 10,70 %; 10,00 % e 10,30 %) e OLIVEIRA (1997) para a polpa *in natura* do clone CCP 09 (8,84 %), estando este último resultado mais próximo ao encontrado neste estudo, na etapa de pasteurização.

4.5 Açúcares não-redutores

De acordo com SOARES *et al.* (2001), durante o processamento, a solução de sacarose na presença de ácido sofre uma hidrólise, na qual açúcares invertidos são formados, sendo a taxa de inversão dependente da temperatura, do tempo de aquecimento e do valor do pH da solução, resultando em valores menores.

Neste estudo, foram encontrados valores, para esta determinação, da ordem de 0,46 % (etapa de formulação), 0,38 % (etapa de homogeneização) e 0,45 % (etapa de pasteurização), como pode ser visto na TABELA 16. Estes resultados também não apresentaram diferença estatística ao nível de 5 % de probabilidade.

TABELA 16 - Valores médios de açúcares não-redutores (% em sacarose) em diferentes etapas do processamento do suco de caju

ETAPAS DO PROCESSAMENTO INDUSTRIAL	MÉDIAS(%)*
Formulação	0,47 ^a ± 0,46
Homogeneização	0,38 ^a ± 0,31
Pasteurização	0,46 ^a ± 0,16

* Valores na mesma coluna seguidos da mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade ($p \leq 0,05$).

Comparando-se com o resultados encontrados por PINHEIRO *et al.* (2006), onde foram analisadas cinco marcas de suco de caju, observa-se que estes foram semelhantes ao valor encontrado, neste estudo, na etapa de pasteurização (0,5 %). MAIA *et al.* (2004) também encontraram resultados semelhantes em estudo com pedúnculos de cajueiro anão-precoce, sendo estes valores iguais a 0,44 % para o clone CCP-76 e 0,31 % para o clone CCP-06, sendo este último semelhante ao encontrado neste trabalho na etapa de homogeneização.

No entanto, ao se comparar com outro experimento com suco de caju, realizado por MAIA (2001), observa-se que foram encontrados resultados bastante inferiores ao encontrado neste estudo, na etapa de pasteurização, sendo estes iguais a 0,25 % (para o suco de caju sem adição de SO₂), 0,26 % (para o suco com adição de 200 ppm de SO₂) e 0,28 % (para o suco com adição de 300 ppm de SO₂), medidos logo após o processamento.

LIMA (2004), em seu estudo com suco de caju concentrado à vácuo, encontrou um teor de açúcares não-redutores mais elevado (1,92 %), sendo este inferior ao encontrado no suco de manga envasado pelo processo *hot fill* (5,29 %) e asséptico (8,69 %), de acordo com os resultados encontrados por MAGALHÃES (2005), ambos medidos no tempo zero de armazenagem.

4.6 Açúcares totais

De acordo com a TABELA 17, verificamos que os valores médios encontrados nas diferentes etapas do processamento do suco de caju foram, respectivamente, 9,06 (etapa de pasteurização), 8,99 (etapa de formulação) e 8,76 (etapa de homogeneização), não apresentando diferença estatística ao nível de 5 % de probabilidade.

TABELA 17 - Valores médios de açúcares totais em diferentes etapas do processamento do suco de caju

ETAPAS DO PROCESSAMENTO INDUSTRIAL	MÉDIAS(%)*
Formulação	8,99 ^a ± 0,27
Homogeneização	8,76 ^a ± 0,34
Pasteurização	9,06 ^a ± 0,05

* Valores na mesma coluna seguidos da mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade ($p \leq 0,05$).

É possível verificar que o resultado encontrado na etapa de pasteurização, foi um pouco inferior aos valores encontrados por MAIA (2001), em seu estudo com suco de caju com alto teor de polpa, onde foram encontrados, logo após o processamento, valores iguais a 9,55 % no suco sem adição de SO₂, 9,86 % no suco com adição de 200ppm de SO₂ e 9,36 % para o suco com 300ppm de SO₂. Estes valores também foram semelhantes aos encontrados por MAIA *et al.* (2004), em pedúnculos do clone CCP-1001 (9,67 %), estando ainda próximo ao encontrado por MAGALHÃES (2005) em suco de manga envasado pelo processo *hot fill* e medido no tempo zero de armazenagem (9,88 %).

No entanto, foram encontrados resultados inferiores em diferentes clones de cajueiro anão-precoce, sendo estes iguais a 8,74 %, para o clone CCP-76 e 8,55 % para o clone CCP-06, conforme estudo realizado por MAIA *et al.* (2004). PINHEIRO *et al.* (2006), em seu experimento com suco de caju comercial, também encontraram resultados inferiores ao encontrado neste estudo, na etapa de pasteurização (6,9 %, 5,2 %, 5,5 %, 5,9 % e 5,7 %).

De acordo com o PIQ para suco de caju com alto teor de polpa, as amostras analisadas também estavam em acordo com o padrão, conforme a legislação vigente, que estabelece o teor máximo de açúcares totais igual a 15,0 % (BRASIL, 2000a).

4.7 Atividade de água (A_w)

A estabilidade e a segurança dos alimentos aumenta se a atividade de água decresce pois esta influencia a multiplicação, atividade metabólica, resistência e sobrevivência dos microorganismos presentes. Contudo, a atividade de água depende da concentração de sólidos solúveis ($^{\circ}$ Brix) do produto (SOUZA FILHO *et al.*, 1999).

A TABELA 18 indica os resultados encontrados nas etapas analisadas, sendo estes iguais a 0,983 (etapa de formulação), 0,977 (etapa de homogeneização) e 0,997 (etapa de pasteurização). Nesta tabela é possível observar que o suco na etapa de pasteurização diferiu significativamente das demais ao nível de 5 % de probabilidade.

TABELA 18 - Valores médios de atividade de água (A_w) em diferentes etapas do processamento do suco de caju

ETAPAS DO PROCESSAMENTO INDUSTRIAL	MÉDIAS*
Formulação	0,983 ^b ± 0,006
Homogeneização	0,977 ^b ± 0,006
Pasteurização	0,997 ^a ± 0,006

* Valores na mesma coluna seguidos da mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade ($p \leq 0,05$).

O comportamento observado na etapa de pasteurização, está em acordo com o relatado por MOURA (1998a), analisando o efeito da temperatura na atividade de água em sucos concentrados de tangerina, abacaxi e limão, onde foi possível verificar que este parâmetro aumenta com o aumento da temperatura para uma mesma concentração, sendo, porém, este aumento praticamente imperceptível.

Estudos realizados por BRANDÃO *et al.* (2003) encontraram um valor para este parâmetro igual a 0,982 para a polpa de manga *in natura*, sendo este resultado semelhante ao encontrado na etapa de formulação neste estudo.

Segundo EMBALAGENS (2006), sucos concentrados de abacaxi, maracujá e grapefruit apresentam valores médios de A_w iguais a 0,840, 0,880 e 0,830, respectivamente, sendo inferiores aos valores encontrados para os sucos concentrados de laranja e limão (0,940 e 0,935, respectivamente). Naturalmente, estes valores são inferiores aos encontrados neste estudo, para o suco de caju, na etapa de pasteurização, tendo em vista que o mesmo não foi submetido a nenhuma etapa de concentração ou desidratação para que se esperasse uma redução em tal parâmetro.

4.8 Ácido ascórbico (vitamina C)

A TABELA 19 mostra os valores encontrados para esta vitamina. Observamos que na etapa de formulação, o teor de ácido ascórbico encontrado foi de 147,57 mg/100g, sendo superior aos encontrados nas etapas de homogeneização (140,57 mg/100g) e pasteurização (135,63 mg/100g), caracterizando um decréscimo com o avanço do processamento industrial.

TABELA 19 - Valores médios de ácido ascórbico (vitamina C) em diferentes etapas do processamento do suco de caju

ETAPAS DO PROCESSAMENTO INDUSTRIAL	MÉDIAS (mg/100 g)*
Formulação	147,57 ^a ± 9,74
Homogeneização	140,57 ^b ± 10,80
Pasteurização	135,63 ^b ± 10,83

* Valores na mesma coluna seguidos da mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade ($p \leq 0,05$).

Observa-se que houve diferença significativa entre as etapas de formulação e homogeneização e entre as etapas de formulação e pasteurização. No primeiro caso, este decréscimo é justificado pela sensibilidade do ácido ascórbico a interação com o oxigênio. Logo, a partir do momento em que ocorre a homogeneização do suco, há uma maior exposição da vitamina ali contida, que interage com o oxigênio presente, tendo em vista que este ainda não foi submetido à etapa posterior de desaeração. Esta vitamina decresce naturalmente em função do

tempo e também é instável em elevadas temperaturas, sendo então degradada, como pôde ser observado no segundo caso (etapa de pasteurização).

CHAVES *et al.* (2004), analisando o teor desta vitamina em suco de acerola, encontrou um resultado igual a 98,65 mg/100 g, sendo, portanto, inferior ao encontrado neste estudo com suco de caju, na etapa de pasteurização. Em outro estudo, realizado por LIMA *et al.* (2000), com três marcas de suco de laranja, foram encontradas médias ainda inferiores (45,70 mg/100 g, 54,3 mg/100 g, e 47,36 mg/100 g), assim como as encontradas em suco de manga (13,30 mg/100 mL e 9,09 mg/100 mL) envasadas pelos processos *hot fill* e asséptico, respectivamente, conforme estudo realizado por MAGALHÃES (2005).

Entretanto, MAIA (2001) encontrou no suco de caju, resultados superiores ao encontrado neste estudo, na etapa de pasteurização (225 mg/100 g, no suco sem adição de SO₂; 275,0 mg/100 g, no suco com adição de 200ppm de SO₂ e 290,0 mg/100 g, no suco com adição de 300 ppm de SO₂.

Resultados inferiores foram encontrados por PINHEIRO *et al.* (2006), analisando cinco marcas comerciais de suco de caju (109,6 mg/100 g; 161,9 mg/100 g; 133,3 mg/100 g; 128,9 mg/100 g e 135,0 mg/100 g). ASSUNÇÃO & MERCADANTE (2000), também obtiveram valores inferiores em estudo com cinco marcas de suco de caju, encontrando uma variação de 111,21 mg/100 g a 129,70 mg/100 g, estando portanto, abaixo do encontrado neste estudo, na etapa de pasteurização.

SOARES *et al.* (2001), em estudo com suco de caju clarificado concentrado e diluído, encontraram uma média desta vitamina igual a 264 mg/100 g, sendo inferiores aos encontrados em outro estudo também com suco concentrado de caju (966,13 mg/100 g), estando ambos acima da média encontrada neste experimento na etapa de pasteurização (LIMA, 2004).

COSTA (1999), em seu estudo com suco de caju integral com alto teor de polpa preservado pelo processo *hot fill* e armazenado por 12 meses à temperatura ambiente, verificou teores da ordem de 148,08 mg/100 g de vitamina C, sendo semelhante ao valor encontrado neste estudo na etapa de formulação (147,5 mg/100 g) e superior ao encontrado por MAIA (2001), em seu estudo com suco de caju adicionado com 300 ppm de SO₂, medido aos 360 dias de armazenagem (125 mg/100 g).

Em termos percentuais, observa-se que entre as etapas de formulação e homogeneização, houve perdas de vitamina C da ordem de 4,74 % e entre o início (formulação) e final do processamento (pasteurização) as perdas alcançaram 8,09 %.

Estes resultados são considerados altos se compararmos com os encontrados por RODRIGUES (2000) analisando o suco de camu-camu, no qual foram encontradas perdas da ordem de 0,53 %, durante o processo de microfiltração na clarificação e esterilização a frio deste suco.

Vale ressaltar que esta determinação foi realizada imediatamente após o processamento, não envolvendo estudos de estabilidade, ao qual resultaria em perdas mais elevadas. COSTA (1999), em seu estudo com suco tropical de caju, encontrou perdas iguais a 25,65 % de vitamina C aos 350 dias de armazenagem, sendo estes valores superiores aos encontrados por FREITAS *et al.* (2004) analisando a estabilidade do suco de acerola (23,61 %) e inferiores aos encontrados por MAGALHÃES (2005) em seu estudo com suco tropical de manga envasado pelo processo *hot fill* (34,29 %) e asséptico (75,03 %). CAMPOS *et al.* (2002) analisando suco de caju clarificado refrigerado, verificaram perdas da ordem de 46,4 % de vitamina C, medidos após 60 dias de estocagem.

SOUZA FILHO *et al.* (1999) também relatam perdas significativas de ácido ascórbico em seu trabalho com pedúnculos de caju processados por métodos combinados. Foram observadas perdas percentuais, em relação ao pedúnculo *in natura*, de 23,3 % após o branqueamento, 31,7 % após o primeiro dia de osmose, 35,5 % após o quinto dia de osmose, 69,0 % após o tratamento térmico e 87,3 % ao final de 60 dias de armazenamento.

Contudo, em relação a este dado, o suco analisado encontra-se em acordo com o padrão para suco de caju com alto teor de polpa, que deve ser, no mínimo, igual 80 mg/100 g (BRASIL, 2000a).

4.9 Ácido fólico (vitamina B₉)

A TABELA 20 apresenta os teores de ácido fólico determinados neste trabalho. Foram encontrados valores iguais a 0,93 mg/L na etapa de formulação, 1,28 mg/L na etapa de homogeneização e 1,02 mg/L na etapa de pasteurização.

TABELA 20 - Valores médios de ácido fólico (vitamina B₉) em diferentes etapas do processamento do suco de caju

ETAPAS DO PROCESSAMENTO INDUSTRIAL	MÉDIAS(mg/L)*
Formulação	0,93 ^b ± 0,01
Homogeneização	1,28 ^a ± 0,03
Pasteurização	1,02 ^{a,b} ± 0,24

* Valores na mesma coluna seguidos da mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade ($p \leq 0,05$).

É possível verificar que houve diferença significativa, ao nível de 5 % de probabilidade, entre as amostras nas etapas de homogeneização e formulação. Isto ocorreu, provavelmente, devido às interações ocorridas entre o suco em estudo e os cartuchos utilizados no processo de extração da vitamina B₉. Acredita-se que, devido à elevada quantidade de ácido ascórbico e outros ácidos orgânicos presentes no suco analisado, no primeiro cartucho SAX continha essencialmente esta vitamina, de forma que somente a partir do segundo cartucho SAX é que verificamos as interações ocorridas entre a vitamina B₉ e o referido cartucho.

Na FIGURA 12 estão apresentados os perfis cromatográficos das amostras de suco de caju submetidas à extração com cartuchos em fase sólida e sem a utilização de cartuchos.

Na etapa de formulação, devido à elevada concentração de ácido ascórbico e outros ácidos, é provável que ainda houvesse grandes concentrações desta vitamina no segundo cartucho SAX, resultando em menos sítios ativos disponíveis para a ligação do ácido fólico, daí o valor reduzido observado.

Entretanto, na etapa de homogeneização, que continha quantidades inferiores de vitamina C (além de outros ácidos) que a amostra na etapa anterior (formulação), ocasionou, no segundo cartucho SAX, uma maior disponibilidade de sítios ativos livres para a ligação da vitamina B₉, conforme observado nos resultados obtidos.

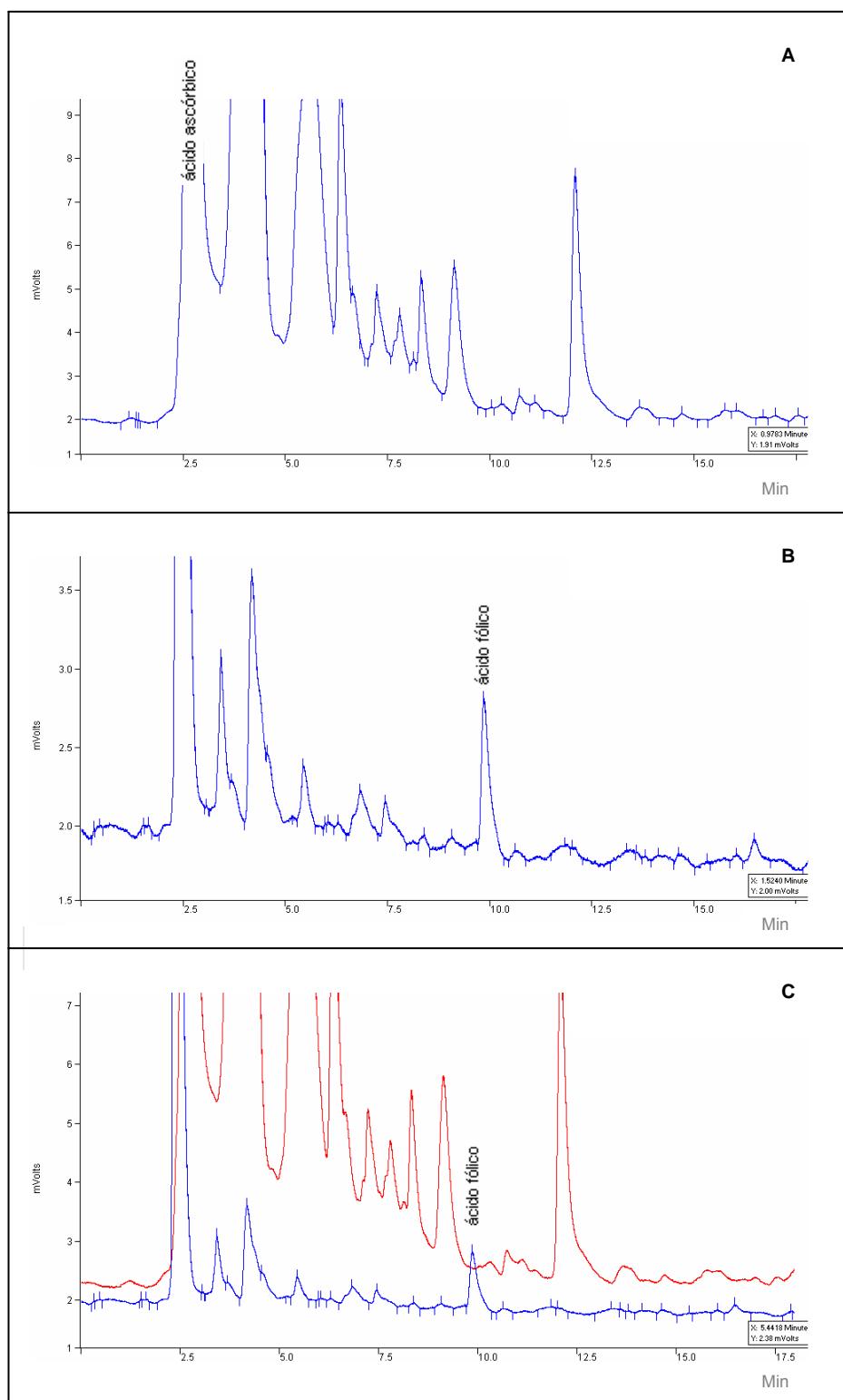


FIGURA 12 – Perfis cromatográficos da amostra de suco de caju sem extração em cartuchos (A), com extração em cartuchos (B) e sobreposição dos cromatogramas anteriores (C).

De acordo com o resultado obtido na etapa de pasteurização, observa-se que este foi superior aos encontrados em suco de laranja (0,0018 mg/L), suco de uva (0,03 mg/L), suco de limão (0,07 mg/L) e em frutas como abacaxi (0,23 mg/L), abacate (0,013 mg/L), tangerina (0,033 mg/L) e pomelo (0,026 mg/L). Contudo, foi inferior ao encontrado em suco de tomate (1,75 mg/L) (McKEVITH, 2004; DIFVR, 2005; GODOY, 2006).

Estudos realizados por GODOY (2006) detectaram esta vitamina em diversas frutas. Foram encontrados valores inferiores aos encontrados neste trabalho, na etapa de pasteurização, sendo da ordem de 0,384 mg/L em cajus, 0,132 mg/L em laranjas, 0,052 mg/L em uvas e 0,241 mg/L em goiabas, como também resultados superiores, como os encontrados no murici (14,65 mg/L) e no jenipapo (8,4 mg/L).

Vale ressaltar que, variações nos teores desta vitamina em alimentos podem ocorrer em virtude do processo de extração utilizado. Devido às particularidades na composição de diversas frutas, as metodologias devem ser específicas para cada uma delas. Logo, a metodologia desenvolvida neste trabalho, visa a detecção de ácido fólico especificamente em suco de caju, de forma que não é possível afirmar que poderia ser adotada para quaisquer outros tipos de frutas, principalmente em virtude dos elevados teores de ácido ascórbico detectados, que influenciam significativamente no processo de extração para análise cromatográfica.

4.10 Carotenóides totais

De acordo com a TABELA 21, pode-se observar os resultados encontrados nesta determinação. Na etapa de formulação encontrou-se um valor igual a 0,254 mg/100 g, na etapa de homogeneização 0,250 mg/100 g e na etapa de pasteurização 0,243 mg/100 g, havendo diferença significativa ao nível de 5 % de probabilidade entre as etapas de formulação e pasteurização.

Este fato é perfeitamente aceitável, tendo em vista que os pigmentos em geral são muito susceptíveis a interações com o meio. Fatores como exposição ao oxigênio, altas temperaturas e interação com outros constituintes resultam em perdas relevantes de pigmentos.

TABELA 21 - Valores médios de carotenóides totais em diferentes etapas do processamento do suco de caju

ETAPAS DO PROCESSAMENTO INDUSTRIAL	MÉDIAS(mg/100 g)*
Formulação	0,254 ^a ± 0,004
Homogeneização	0,250 ^{a, b} ± 0,007
Pasteurização	0,243 ^b ± 0,004

* Valores na mesma coluna seguidos da mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade ($p \leq 0,05$).

AGUIAR *et al.* (2000), analisando pedúnculos de clone de cajueiro anão-precoce encontraram valores médios de carotenóides totais variando entre 0,305 mg/100 g e 0,721 mg/100 g, sendo portanto superiores aos valores encontrados neste estudo, na etapa de pasteurização.

O resultado encontrado na referida etapa também foi inferior ao relatado por MAGALHÃES (2005), em estudo com suco tropical de manga, logo após o processamento, envasado pelo processo *hot fill* (0,421 mg/100 mL) e superior ao encontrado, no mesmo estudo, aos 350 dias de armazenagem (0,231 mg/100 g).

SILVA & MERCADANTE (2002) relatam que o teor total de carotenóides encontrado em duas marcas comerciais de suco de maracujá processado foi igual a 0,62 mg/100 g e 1,13 mg/100 g. Em outro estudo também com suco de maracujá foram encontrados, para quatro marcas analisadas, valores que variaram de 0,716 mg/100 g a 2,844 mg/100 g, sendo também superiores ao encontrado neste trabalho, na etapa de pasteurização.

Embora fosse constatado um decréscimo destes pigmentos, em termos percentuais, observa-se que as perdas entre as etapas de formulação e homogeneização foram da ordem de 1,58 %, entre as etapas de homogeneização e pasteurização as perdas chegaram a 2,8 % e finalmente, entre as etapas de formulação e pasteurização, foram observadas perdas iguais a 4,33 %. Estes percentuais são considerados baixos, se observarmos que foram medidos imediatamente após o processamento, não sendo acompanhada sua estabilidade com a armazenagem, fato que decorreria em perdas bem superiores, conforme relatado por MAGALHÃES (2005) em seu estudo com suco de manga, onde foram observadas perdas da ordem de 45,13 % e 44,2 % após 350 dias de armazenamento, para os sucos envasados pelos processos *hot fill* e asséptico, respectivamente.

4.11 Antocianinas totais

De acordo com a TABELA 22 é possível verificar os resultados encontrados para esta característica. Observam-se valores iguais a 0,0905 mg/100 mL na etapa de formulação, 0,0622 mg/100 mL na etapa de homogeneização e 0,0339 mg/100 mL na etapa de pasteurização.

TABELA 22 - Valores médios de antocianinas totais em diferentes etapas do processamento do suco de caju

ETAPAS DO PROCESSAMENTO INDUSTRIAL	MÉDIAS(mg/100 mL)*
Formulação	0,0905 ^a ± 0,0098
Homogeneização	0,0622 ^{a, b} ± 0,0098
Pasteurização	0,0339 ^b ± 0,0170

* Valores na mesma coluna seguidos da mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade ($p \leq 0,05$).

As antocianinas revelaram um comportamento semelhante ao observado nos pigmentos carotenóides, já que estas também apresentam sensibilidade à vários fatores, como interação com o oxigênio e altas temperaturas, de forma que houve diferença significativa ao nível de 5 % de probabilidade entre as etapas de formulação e pasteurização.

MALACRIDA & MOTTA (2005), analisando os teores de antocianinas em sucos de uva, encontrou variações de 0,213 mg/100 mL a 3,623 mg/100 mL para o suco de uva reconstituído e de 0,117 mg/100 mL a 6,68 mg/100 mL, para o suco de uva simples. Em outro estudo realizado por MALACRIDA (2003) foram encontradas concentrações médias de antocianinas iguais a 2,87 mg/100 mL em sucos de uva disponíveis comercialmente. Este resultado foi mais elevado que o encontrado por MAGALHÃES (2005) em suco de manga, logo após o processamento *hot fill* (0,38 mg/100 mL) e asséptico (0,40 mg/100 mL), sendo todos estes valores também superiores ao encontrado neste trabalho, na etapa de pasteurização.

Segundo ÖZKAN (2005), foram encontrados variações deste pigmento de 26,7 mg/100 mL a 68,8 mg/100 mL no suco de cereja, 27,1 mg/100 mL a 31,6 mg/100 mL no suco de romã e 17,6 mg/100 mL a 44,5 mg/100 mL no suco de morango, sendo estes valores extremamente superiores ao encontrado neste trabalho.

Em termos percentuais, observa-se que entre as etapas de formulação e homogeneização, houve um decréscimo da ordem de 31,3 % e entre as etapas de homogeneização e pasteurização, 45,5 %. Se observarmos a quantidade deste pigmento no início do processo (formulação) e no final (pasteurização), percebe-se que as perdas chegam a 62,54 %, sendo superiores às perdas observadas por MAGALHÃES (2005) em suco de manga, medidas aos 100 dias de armazenagem (34,3 % e 57,5 %) para o suco envasado pelos processos *hot fill* e asséptico, respectivamente.

Estes resultados são superiores aos encontrados por LIMA *et al.* (2003), em seu experimento com polpas de 12 acessos de acerola armazenadas por seis meses sob congelamento, onde foram observadas perdas que variaram de 3,4 % a 23,6 %. MATSUURA (1994) observou uma redução de 14,35 mg/100 mL para 13,95 mg/100 mL (expresso em malvidina 5-G) no teor de antocianinas em suco concentrado de acerola congelado (-18 °C) e armazenado por 180 dias, caracterizando uma perda igual a 2,79 %, apenas.

5 CONCLUSÕES

De acordo com os dados obtidos é possível concluir que:

As características físico-químicas e químicas do suco de caju com alto teor de polpa, apresentaram variações significativas nos parâmetros de sólidos solúveis totais, acidez, atividade de água, vitaminas e pigmentos, durante as etapas do processamento industrial. Os parâmetros de pH, açúcares redutores, não-redutores e totais, não apresentaram variação significativa, mantendo-se praticamente constantes durante o decorrer do processo.

As perdas de ácido ascórbico, carotenóides e antocianinas foram mais elevadas na etapa de pasteurização. O ácido fólico apresentou um comportamento diferenciado, apresentando variação significativa entre as etapas de formulação e homogeneização.

Apesar das condições observadas durante o processamento industrial do suco de caju, é possível constatar que o mesmo ainda se mantém com elevados teores de ácido ascórbico e ácido fólico no produto final.

Os parâmetros analisados neste estudo apresentaram-se em acordo com os Padrões de Identidade e Qualidade para o suco de caju com alto teor de polpa, segundo a legislação vigente.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTINI-COSTA, T. S.; VIEIRA, R. F.; NAVES, R. V. **Caju, identidade tropical que exala saúde.** Sociedade Brasileira de Engenheiros Florestais. Disponível em: <<http://www.cenargen.embrapa.br/cenargenda/divulgacao/sbef220106.pdf>>. Acesso em: 1 jul. 2006.

AGUIAR, L.P. **β-caroteno, vitamina C e outras características de qualidade de acerola, caju e melão em utilização no melhoramento genético.** 2001. 86f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2001.

_____. ALVES, R. E.; LIMA, D. P.; BASTOS, M. S. R.; BARROS, F. F. C. Carotenóides totais em pedúnculos de clones de caju anão precoce (*Anacardium occidentale* L. var. Nanum). In: XVII CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, Fortaleza. **Resumos....** Fortaleza: SBCTA, v. 2, n. 5, p. 55, 2000.

ALVES, R. M. V.; GARCIA, E. E. C. Embalagem para sucos de frutas. **Coletânea do ITAL**, Campinas, v. 23, n. 2, p. 105-122, 1993.

ALVES, R. E.; CHITARRA, A. B.; FREIRE, D.C.; SOUZA, K. R.; SIQUEIRA, S. M. P. Yellowing of frozen acerola (*Malpighia emarginata*) fruit. **Proceedings of Interamerican Society for Tropical Horticulture**, Guatemala, v. 41, p. 199- 204, 1997.

ALMEIDA, G. S. C. **Suplementação dietética de vitamina C, desenvolvimento e sanidade do Pacu (*piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887).** 2003. 60f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

AMAYA-FARFAN, J.; DOMENE, S. M. A.; PADOVANI, R. M. DRI. Síntese comentada das novas propostas sobre recomendações nutricionais para antioxidantes. **Rev. Nutrição**, Campinas, v. 14, n. 1, p. 71-78, 2001.

ANALÍTICA. **Revista Química e Derivados.** São Paulo: QD Ltda, n. 406, julho, 2002. Disponível em: <<http://www.quimica.com.br/revista/qd406/analitica2.htm>>. Acesso em: 30 jun. 2006.

ANDRADE, R. S. G.; DINIZ, M. C. T.; NEVES, E. A. et al. Determinação e distribuição de ácido ascórbico em três frutos tropicais. **Eclética Química**, v. 27, p. 393-401, 2002. ISSN 0100-4670.

ANGELIS, R. C. Importância de Alimentos Enriquecidos com Ácido Fólico: Prevenção de Enfermidades Cardiovasculares. **Nutrição em pauta**. Ano IX, n. 47, março/abril, 2001. Disponível em :< <http://nutricaoempauta.locaweb.com.br/>>. Acesso em 2 jul. 2006.

ARCOT, J., SHRESTHA, A. K., GUSANOV, U. Enzyme protein binding assay for determining folic acid in fortified cereal foods and stability of folic acid under different extraction conditions. **Food Control**, v. 13, p. 245- 252, 2002.

ARMSTRONG, G. A ; HEARST, J. E. Carotenoids 2: Genetics and molecular biology of carotenoid pigment biosynthesis. **The FASEB Journal**, v. 10, p. 228-237, 1996.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the Association of official Analytical Chemistry: Vitamins and other nutrients**. Washington: AOAC. Chapter 45, p. 4,1992.

ASSUNÇÃO, R. B.; MERCADANTE, A. Z. Caju *in natura* (*Anacardium occidentale* L.) – carotenóides e vitamina C. In: XVII CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, Fortaleza. 2000. **Resumos....** Fortaleza: SBCTA, v. 2, n. 5, p. 101, 2000a.

_____. MERCADANTE, A. Z. Carotenóides e vitamina C em suco concentrado de caju. In: XVII CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, Fortaleza. 2000. **Resumos....** Fortaleza: SBCTA, v. 2, n. 5, p. 102, 2000b.

_____. MERCADANTE, A. Z. Carotenoids and ascorbic acid composition from commercial products of cashew apple (*Anacardium occidentale* L.). **Food Chemistry**, v. 81, n. 4, p. 495-502, jun. 2003.

ATAIDE, D. S. T.; ESMANHOTO, L. D. K.; HELMER, K. A. et al. Ulceration of psoriatic plaques - cutaneous adverse effects of high dose methotrexate in psoriasis: a report of three cases. **An. Bras. Dermatol.**, v. 78, n. 6, p. 749-753, nov./dec. 2003. ISSN 0365-0596.

BADOLATO, M. I. C. B.; SABINO, M.; LAMARCO, L. C. A.; ANTUNES, J. L. F. Estudo comparativo de métodos analíticos para determinação de ácido ascórbico em sucos de frutas naturais e industrializados. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 16, n. 3, p. 206-210, 1996.

BARRIONUEVO, W. R.; LANÇAS, F. M. Solid-phase extraction (SPE) and solid-phase microextraction of pyrethroids in water. **Quím. Nova**, v. 24, n. 2, p. 172-175. mar./apr. 2001. ISSN 0100-4042.

BARROS, R. V. **Cultura do cajueiro** (*Anacardium occidentale* L.). Disponível em:<<http://www.emepa.org.br/cajucultura.php>>. Acesso em: 1 jul. 2006.

BAILEY, L. B. New standard for dietary folate intake in pregnant women. **J Clin Nutr** v. 71, 2000. Suppl: 1304S-7S.

BATISTA, M. S.; FIGUEIREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Caracterização físico-química de acerola (*Malpighia punicifolia*, L.) em três estádios de maturação. In: XVII CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, Fortaleza. 2000. **Resumos....** Fortaleza: SBCTA, v. 2, n. 5, p. 108, 2000.

BERNARDES, D. Atualidades. **Revista Química e Derivados**. São Paulo: QD Ltda, n. 428, jul. 2004. Disponível em: <<http://www.quimica.com.br/revista/qd428/atualidades6.htm>>. Acesso em: 30 jun. 2006.

BIANCHI, M. L. P., ANTUNES, L.M.G. Radicais livres e os principais antioxidantes da dieta. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 12, n. 2, p. 123-130, 1999.

BLOUNT, B. C.; AMES, B. N. DNA damage in folate deficiency. **Baillieres Clin Haematol**, v. 8, n. 3, p. 461-478, sep. 1995.

BLUMBERG, J. B. Considerations of the scientific substantiation for antioxidant vitamins and β-carotene in disease prevention. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 62, sup. 6, .p. 1521-1526, 1995.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F.O. **Química do processamento de alimentos**. 2 ed. São Paulo: Varela, 1995.

BONNAS, D. S. Apostila: Escola agrotécnica federal de Uberlândia. Disponível em:<www.eafudi.gov.br/mural/download/agroind/deborah/aposbioql1.doc>. Acesso em: 12 jul. 2006.

BORGES, M. F.; FEITOSA, T. TAVARES, F. C. A.; OLIVEIRA, M. E. B.; BRÍGIDA, A. I. S.; SOUSA, J. R. Avaliação do crescimento celular de leveduras em suco de caju. In: XVII CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, Fortaleza. 2000. **Resumos....** Fortaleza: SBCTA, v. 3, n. 9, p. 60, 2000.

BOSTOM A. G, LATHROP L. Hyperhomocysteinemia in end-stage renal disease: Prevalence, etiology, and potential relationship to arteriosclerotic outcomes. **Kidney Int.** v. 52, n. 1, p. 10-20, 1997.

BRANDAO, M. C. C.; MAIA, G. A.; LIMA, D. P. et al. Physical and chemical, microbiological and sensorial analysis of mango fruits submitted to osmotic-solar dehydration. **Rev. Bras. Frutic.**, v. 25, n. 1, p. 38-41, apr. 2003. ISSN 0100-2945.

BRASIL. Instrução normativa nº 136. Estabelece o regulamento técnico para fixação dos padrões de identidade e qualidade para suco de frutas. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 2000.

_____. Instrução normativa nº 1 de 7 de janeiro de 2000. Aprova o regulamento técnico para fixação dos padrões de identidade e qualidade para suco de caju com alto teor de polpa. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 2000a.

_____. Ministério da saúde. Secretaria de vigilância sanitária. Portaria nº 33, de 13 de janeiro de 1998, adota valores para a ingestão diária recomendada de vitaminas, minerais e proteínas. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 1998.

_____. Ministério da agricultura. Portaria nº 543, de 16 de novembro de 1998, que fixa o limite máximo de dióxido de enxofre no suco de caju, e no suco de caju com alto teor de polpa. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 1998a.

BREE, A.; VERSCHUREN, V. M. M., BLOM, H. J.; KROMHOUT, D. Association between B vitamin intake and plasma homocysteine concentration in the general dutch population aged 20-65 y. **Am J Clin Nutrition**, v. 73, p. 1027-1033, 2001.

BREITHAUPT, D. E. Determination of folic acid by ion-pair RP-HPLC in vitamin-fortified fruit juices after solid-phase extraction. Analytical, Nutritional and Clinical Methods Section. **Food Chemistry**, v. 74, p 521-525, 2001.

BRODY T. Vitamins. In **Nutritional Biochemistry**, chapter 8, p 355–484. Edited by Brody, T. – Academic Press, San Diego, Califórnia, 1994.

BROWNE, I.A.; VAN DUSSELDOR, M.; WES, C.E.; STEEGERSTHEUNISSEN, R. P. M. Bioavailability and bioefficacy of folate and folic acid in man. **Nutrition Research Reviews**, v. 14, n. 2, p. 267-293, 2001.

BRUNELLO, T. CAMPOS, T.; CHINO, M. et al. **Uvas e vinhos como alimentos funcionais**. 2001. Disponível em:<http://www.dammous.com/nutri/trabalho/uvas_vinhos.asp>. Acesso em: 04 jul. 2006.

CAMPOS, D. C. P.; SANTOS, A. S.; BLUMENBERG, W.; MATTA, V. M.; CABRAL, A. COURID, S. Cashew apple juice stabilization by microfiltration. **Desalination**, v. 148, n. 6, p. 1-65, 2002.

CARDOSO, D. **Caju**. Arquivo disponível em:<http://www.radiobras.gov.br/especiais/Caju/caju_capa.htm>. Acesso em: 1 jan. 2005.

CARVALHO, P.R.N. **Estudos de vida-de-prateleira de alimentos enriquecidos**. II SEMINÁRIO BRASILEIRO DE ALIMENTOS ENRIQUECIDOS. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, p. 5–18, 1996.

CATHARINO, R. R. **Desenvolvimento e validação de metodologia analítica para determinação de folatos em alimentos**. 2004. 110f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

_____. VISENTAINER, J. V.; GODOY, H. T. Avaliação das condições experimentais de CLAE na determinação de ácido fólico em leites enriquecidos. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 23, n. 3, p. 389-395, set./dez. 2003. ISSN 0101-2061.

_____. GODOY, H. T. Análise físico-química do ácido fólico em achocolatados enriquecidos. XVII CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, Fortaleza. 2000. **Resumos**.... Fortaleza: SBCTA, v. 4, n. 5, p. 284, 2000.

_____. GODOY, H. T. Optimizing of folic acid determination in enriched milk by response surface analysis. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 21, n. 3, p. 326-329, sept./dec. 2001. ISSN 0101-2061.

_____. GODOY, H. T. Extração em fase sólida para determinação de ácido fólico em leites e produtos lácteos. **Revista Analytica**, n. 7, outubro/novembro. 2003.

CÉLULAS solares usando corantes fotoexcitáveis. Disponível em:<www.padetec.ufc.br/natucelteoria.htm>. Acesso em 12 jul. 2006.

CHEN, B. H.; CHEN, T. M.; CHIEN, J. T. Kinetic model for studying the isomerization of α - and β -carotene during heating and illumination. **J. Agric. Food Chem.**, v. 42, p. 2391-2397, 1994.

CIANCI, F. C.; SILVA, L. F. M.; CABRAL, L. M. C. et al. Clarification and concentration of cashew apple juice by membrane processes. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 25, n. 3, p.579-583, jul./sep. 2005. ISSN 0101-2061.

COMBS JR., G. F. **The vitamins: fundamental aspects in nutrition and health**. New York: Academic Press, 1998. 618p.

COELHO, R. R. P.; FERREIRA NETO, C. J. Comportamento de aditivos químicos na conservação da polpa de caju (*Anacardium occidentale* L.). In: XVII CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, Belém. 2002. **Resumos...** Belém: SBCTA, p. 891, 2002.

COOKE, D; WILLIAM P. S.; ANDREAS J. G.; TIM M. Anthocyanins from fruits and vegetables – Does bright colour signal cancer chemopreventive activity? **European Journal of Cancer**, v. 41, p. 1931-1940, 2005.

COSTA, M. C. O. da. **Estudo da estabilidade do suco de caju (*Anacardium occidentale* L.) preservado pelos processos hot fill e asséptico**. 1999. 81 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1999.

_____. MAIA, G. A.; LIMA, J. R.; SOUZA FILHO, M. S. M.; FIGUEIREDO, R. W. Estabilidade do suco de caju (*Anacardium occidentale* L.) preservado pelos processos *hot fill* e asséptico. In: XVII CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, Fortaleza. 2000. **Resumos....** Fortaleza: SBCTA, v. 2, n. 6, p. 53, 2000.

COSTA, T. S. A.; LIMA, A.; LIMA, M. V. Determinação de tanino em pedúnculo de caju: método da vanilina versus método do butanol ácido. **Química Nova**, v. 26, n. 5, São Paulo, set./ out. 2003.

COUTRIM, M. X.; CARVALHO, L. R. F.; ARCURI, A. S. A.. Evaluation of the analytical methods to determinate benzene metabolites as potential biomarkers for determining human exposure to benzene in air. **Quím. Nova**, v. 23, n. 5, p. 653-663, sept./oct. 2000. ISSN 0100-4042.

COX, H. E.; PEARSON, D. **Técnicas de laboratorio para el analises de alimentos**. Zaragoza: Editorial Acribia, 1976. 331p.

CHA, S. C. Prevenção dos defeitos do tubo neural (DTN). **Rev. Soc. Bras. Med. Fetal**, v. 1, p. 7-11, 1996.

CHAVES, M. C. V.; GOUVEIA, J. P. G.; ALMEIDA, F.A. et al. Caracterização físico-química da acerola. **Revista de biologia e ciências da terra**, v. 4, n. 2, 2004. ISSN 1519-5228.

CHEFTEL, J. C.; CHEFTEL, H. Pardeamento no Enzimatico. In: **Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los Alimentos**. 2. ed., v.1. Zaragoza: Acribia, 1992, p. 309-318.

CREPALDI, P. F. **Desenvolvimento e validação de metodologia por CLAE para o estudo da estabilidade do ácido fólico em arrozes enriquecidos**. 2006. 132f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

CROMATOGRAFIA. **Revista Química e Derivados**. São Paulo: QD Ita, n. 431, outubro 2004. Disponível em: <<http://www.quimica.com.br/revista/qd431/cromatografia1.htm>>. Acesso em: 30 jun. 2006.

DAWSON, H.; COLLINS, G.; PYLE, R.; DEEP-DIXIT, V.; TAUB, D. D. The immunoregulatory effects of homocysteine and its intermediates on T-lymphocyte function. **Mechanisms of Ageing and Development**, v. 125, p. 107-110, 2004.

DE SILVA, S. S.; ANDERSON, T. A. **Fish nutrition in aquaculture**. London: Chapman & Hall, 1995. 319p.

DEGANI, A. L. G.; CASS, Q. B.; VIEIRA, P. C. **Cromatografia**. Química nova na escola, n. 7, mai. 1998. Disponível em: <<http://sbensino.foco.fae.ufmg.Br/uploads/505/atual.pdf>>. Acesso em: 30 jun. 2006.

DEGENHARDT, A.; KNAPP H.; WINTERHALTER, P. Separation and purification of anthocyanins by high-speed countercurrent chromatography and screening for antioxidant activity. **J. Agric. Food. Chem.**, v. 48, p. 338-343, 2000.

DIFVR – Danish Institute for Food and Veterinary Research. 2005. Disponível em:<http://www.foodcomp.dk/fcdb_details.asp?FoodId=0833>. Acesso em: 13 jul. 2006.

DIMENSTEIN, R.; SIMPLICIO, J. L.; RIBEIRO, K. D. S. et al. Retinol levels in human colostrum: influence of child, maternal and socioeconomic variables. **J. Pediatr.**, v. 79, n. 6, p. 513-518, nov./dec. 2003. ISSN 0021-7557.

DONG, M. W; LEPORE, J; TARUMOTO T. Factors affecting the ion-pair chromatography of water-soluble vitamins. **Journal of Chromatography**, v. 442, p. 81-95, 1988.

EMBALAGENS para sucos. Disponível em:<<http://www.furg.br/Portaldeembalagens/quatro/suco/sucos.html>>. Acesso em 11 jul. 2006.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <<http://www.embrapa.gov.br>>. Acesso em: 04 jul. 2006.

EMPRESAS de sucos crescem. **Revista Brasil Alimentos**, n 34, maio. 2006. Disponível em:< <http://www.brasilalimentos.com.br/BA/PDF/34/BA34%20-%20Movimento.pdf>>. Acesso em: 11 jul. 2006.

FADELLI, S.; BOBBIO, F. O. Estudo da estabilidade das antocianinas da amora (*Rubus sp*). In: XVII CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, Fortaleza. 2000. **Resumos....** Fortaleza: SBCTA, v. 2, n. 5, p. 93, 2000.

FALCÃO, L. D.; BARROS, D. M.; GAUCHE, C.; LUIZ, M. T. B. Copigmentação intra e intermolecular de antocianinas: uma revisão. **B.CEPPA**, Curitiba, v. 21, n. 2, p. 351-366, jul./dez. 2003.

FENECH, M. The role of folic acid and Vitamin B₁₂ in genomic stability of human cells. **Mutat Res**, v. 475, n. 1-2, p. 57-67, apr. 2001.

FIGUEIREDO, R. W. Desenvolvimento, maturação e armazenamento de pedúnculo de cajueiro anão precoce CCP-76 sob influência do cálcio. 2000. 149f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Departamento de Farmácia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

_____. LAJOLO, F. M.; ALVES, R. E. FILGUEIRAS, H. A. C. Physical-chemical changes in early dwarf cashew pseudofruits during development and maturation. **Food Chemistry**, v. 77, p. 343-347, 2002.

FONSECA, V. M.; SICHERI, R.; BASILIO, L. et al. Dietary folate intake by pregnant women in a public hospital in Rio de Janeiro. **Rev. bras. epidemiol.**, v. 6, n. 4, p.319-327, dec. 2003. ISSN 1415-790X.

FORNARO, A.; COICHEV, N. Ácido L-ascórbico: reações de complexação e de óxido-redução com alguns íons metálicos de transição. **Quím. Nova**, v. 21, n. 5, p. 642-650, set./out. 1998. ISSN 0100-4042.

FRANCIS, F.J. Analysis of anthocyanins. In: **Anthocyanins of food colours**. New York: Academic Press, 1982. p. 181-207.

_____. Food colorants: anthocyanins. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 28, p. 273-314, 1989.

FRANCO. G. Tabela de Composição Química dos Alimentos. 9^a ed. Editora Atheneu, 1998. 121 p.

FREITAS, C. A. S.; MAIA, G. A. ; COSTA, J. M. C.; FIGUEIREDO, R. W.; SOUSA, P. H. M. Estabilidade do ácido ascórbico no suco tropical de acerola (*malpighia emarginata*, d.c.) adoçado envasado pelos processos *hot fill* e asséptico. In: XIX CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, Recife. 2004. **Resumos...** Recife: SBCTA, v. 1, 2004.

GABAS, A. L.; TELIS-ROMERO, J.; MENEGALLI, F. C. Cinética de degradação do ácido ascórbico em ameixas liofilizadas. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, supl. 23, p. 66-70, dez. 2003.

GODOY, H. Vitamina do momento. **Revista metrópole**. 2006. Correio popular, Campinas. Disponível em:<<http://www.cpopular.com.br>>. Acesso em: 15 jul. 2006.

GRANADA, G. G.; ZAMBIAZI, R.C.; MENDONÇA, C. R. B. Abacaxi: produção, mercado e subprodutos. **B.CEPPA**, Curitiba, v. 22, n. 2, jul./dez. 2004.

HENRIQUES, A. T; RASEIRA, M. C. B.; BASSANI, V. L; ZUANAZZI, J. A. S. Antocianos e capacidade antioxidante de frutas. In: II SIMPÓSIO NACIONAL DO MORANGO E DO I ENCONTRO DE PEQUENAS FRUTAS E FRUTAS NATIVAS DO MERCOSUL, Pelotas. 2004. **Documentos...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, n. 124. p. 272-281, 2004.

HERBERT V. Folic acid . In: SHILS, M. E.; OLSON, J. A.; MOSHE, S. **Modern nutrition in health and disease**. 9 ed . Pensilvânia: Willians & Wilkins; 1999. p.433-45.

HERNÁNDEZ, M. Y.; LOBO, M. G. G. Determination of vitamin C in tropical fruits: A comparative evaluation of methods. **Food Chemistry**, v. 96, p. 654-664, 2006.

HERRERIAS, T. **Estudo do mecanismo de ação da eupafolina sobre o metabolismo energético mitocondrial e viabilidade celular de células hela**. 2005. 106f. Dissertação (Mestrado em Ciências-Bioquímica) – Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Ceará, Paraná, 2005.

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.

HOOGEVEEN, E. K; KOSTENSE, P. J.; JAKOBS, C. et al. Hiperhomocysteinemia increases risk of death, especially in type 2 diabetes: 5-year follow-up of the hoorn study. **Circulation**, v. 10, p. 1506-1511. 2000. Disponível em: <<http://www.iqb.com.br/MedHoje7/pages/hiperhomo24.htm>>. Acesso em 06 jul. 2006.

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.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 24 jun. 2006.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 3 ed., v. 1, São Paulo, 1985. 371p.

JACKIX, M. H. **Doces, geléias e frutas em calda.** São Paulo: Ícone, 1988. 172p.

JOSHIPURA, K. J.; HU, F. B.; MANSON, J. E.; STAMPFER, M. J.; RIMM, E. B.; SPEIZER, F. E.; COLDITZ, G.; ASCHERIO, A.; ROSNER B.; SPIEGELMAN, D.; WILLETT, W. C. The effect of fruit and vegetable intake on risk for coronary heart disease. **Ann. Intern. Med.**, v. 132, p. 1106-1114, 2001.

JUSTI, K. C.; VISENTAINER, J. V.; SOUZA, N. E.; MATSUSHITA, M. Nutritional composition and vitamin C stability in stored camu-camu (*Myrciaria dubia*) pulp. **Archivos latinoamericanos de nutrición**, v. 50, n. 4, 2000.

KAMEI, H.; KOJIMA, T.; KOIDE, T.; UMEDA, T.; YUKAWA, T.; TERABE, K. Suppression of tumor cell growth by anthocyanins in vitro. **Cancer Invest.**, v. 13, p. 590-594, 1995.

KELLY, G. S. Folates: supplemental forms and therapeutic applications. **Altern Med Rev.**, v. 3, n. 3, p. 208-217, jun. 1998.

KUHN, R. E.; GUZMÁN-SILVA, M. A.; GUIMARÃES, J. S. P. Dialquilnitrosaminas e câncer. **Revista Brasileira de Cancerologia**. Rio de Janeiro, v. 37, n.1/4, p.19-26, 1991.

KUSKOSKI, E. M. et al . Frutos tropicais silvestres e polpas de frutas congeladas: atividade antioxidante, polifenóis e antocianinas. **Ciência Rural.**, Santa Maria, v. 36, n. 4, 2006.

KUSKOSKI, E. M. et al. Actividad antioxidante de pigmentos antociánicos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, p. 691-693, 2004.

LANÇAS, F. M. **Extração em fase sólida.** 1 ed. São Paulo: Rima, 2001. 96p.

LEISTNER, L. Hurdle technology applied to meat products of the shelf-stable product and intermediate moisture types. In: **properties of water in relation to quality and stability**. Simatos & J.L. MULTON, Martinus Nijhoff Publ., Dordrecht, 1985. p. 309-329.

LIMA, A. C. ;GARCIA, N. H. P.; LIMA, J. R. Obtenção e caracterização dos principais produtos do caju. **B.CEPPA**, Curitiba, v. 22, n. 1, p. 113-144, jan./jun. 2004.

LIMA, H. T., SAUNDERS, C.; RAMALHO, A. Ingestão dietética de folato em gestantes do município do Rio de Janeiro. **Rev. Bras. Saude Mater. Infant.**, v. 2, n. 3, p. 303-311, set./dez. 2002. ISSN 1519-3829.

LIMA, J. A., CATHARINO, R. R.; GODOY, H. T. Folic acid in enriched milk and milk beverages: shelf-life study. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 24, n. 1, p. 82-87. jan./mar., 2004a, ISSN 0101-2061.

LIMA, R. S. N.; LIMA, J. R.; MORCIRA, R. A.; BANDEIRA, C. T. **Utilização biotecnológica da resina exsudada de cajueiro**. Rev. Anima. Faculdade Integrada do Ceará – FIC. Ano 1, v. 1, n. 2, p. 9-16, out./dez. 2001.

LIMA, V. L. A. G.; MELO, E. A.; LIMA, D. E. S. Fenólicos e carotenóides totais em pitanga. **Scientia agricola**. (*Piracicaba, Braz.*), v. 59, n. 3, p. 447-450, jul./set., 2002a. ISSN 0103-9016.

LIMA, V. L. A. G.; MELO, E. A.; LIMA, L. S. et al. Polpa congelada de acerola: efeito da temperatura sobre os teores de antocianinas e flavonóis totais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 3, p. 669-670, dez. 2002b. ISSN 0100-2945.

LIMA, V. L. A. G.; MELO, E. de A.; LIMA, L. S. et al. Avaliação da qualidade de suco de laranja industrializado. **B.CEPPA**, Curitiba, v. 18, n. 1, p. 95-104, jan./jun.2000.

LIMA, V. L. A. G.; MELO, E. A.; MACIEL, M. I.; LIMA, D. E. S. Avaliação do teor de antocianinas em polpa de acerola congelada proveniente de frutos de 12 diferentes aceroleiras (*Malpighia emarginata* D.C.). **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 23, n. 1, p. 101-103, jan./abr. 2003.

LINDLEY, M.G. The impact of food processing on antioxidants in vegetable oils, fruits and vegetables. **Trends in Food Science and Technology**, v. 9, p. 336-340, 1998.

LIRA, M. L.; ALDRIGUE, M. L. Determinação de vitamina C total (AA e DHAA) em caju (*Anacardium occidentale* L.) em diferentes estádios de maturação. In: XVII CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, Fortaleza. 2000. **Resumos**.... Fortaleza: SBCTA, v. 2, n. 5, p. 1, 2000.

LUCOCK, M. D.; DASKALAKIS, I. SCHORAH, C. J.; LEVENE, M. I.; HARTLEY, R. Analysis and biochemistry of blood folate. **Biochemical and Molecular Medicine**., v. 58, n. 1, p. 93-112, jun. 1996.

MAGALHÃES, E. F. **Estabilidade do suco tropical de manga (*Mangifera indica L.*) adoçado e envasado pelos processos hot fill e asséptico.** 2005. 171f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de alimentos) – Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.

MAHAN, L. K. ; MARIAN, T. A. **Krause: Alimentos, nutrição e dietoterapia.** 8 ed. São Paulo: Roca, 1994.

MAIA, G. A.; ALBUQUERQUE, C. A. N. **Curso de processamento de sucos e polpas de frutas tropicais.** Associação das indústrias processadoras de frutos tropicais – ASTN. Fortaleza, 2000a.

MAIA, J. G. S.; ANDRADE, E. H. A.; ZOGHBI, M. das G. B. Volatile constituents of the leaves, fruits and flowers of cashew (*Anacardium occidentale* L.). **Journal of food composition and analysis.** New York: Academic Press, v. 13, p. 227-232, 2000b.

MAIA, G. A.; MONTEIRO, J. C. S.; GUIMARÃES, A. C. L. Estudo da estabilidade físico-química e química do suco de caju com alto teor de polpa. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, vol. 21, n. 1, p. 43-46, jan./abr. 2001. ISSN 0101-2061.

MAIA, G. A.; SOUSA FILHO, M. S. M.; FIGUEIREDO, R. W.; BRASIL, I. M. Caracterização química de pedúnculos de diferentes clones de cajueiro anão precoce (*Anacardium occidentale*, L.). **Revista Ciência Agronômica**, v. 35, n. especial, p. 272-278, out. 2004.

MALACRIDA, C. R. **Compostos fenólicos e alguns parâmetros físico-químicos em suco de uva.** 2003. 120f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Departamento de Alimentos, Faculdade de Farmácia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.

MALACRIDA, C. R.; MOTTA, S. Antocianinas em suco de uva: composição e estabilidade. **B.CEPPA**, Curitiba, v. 24, n. 1, p. 59-82, jan./jun. 2006.

MALACRIDA, C. R.; MOTTA, S. Total phenolics and anthocyanins in grape juice. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 25, n. 4, p. 659-664, oct./dec. 2005. ISSN 0101-2061.

MATSUURA, F. C. A. U.; ROLIM, R. B. Avaliação da adição de suco de acerola em suco de abacaxi visando à produção de um "blend" com alto teor de vitamina C. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 1, p. 138-141, abr. 2002. ISSN 0100-2945.

MATSUURA, F.C.A.U. **Processamento e caracterização de suco integral e concentrado congelado de acerola.** 1994. 142f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1994.

MAZZA, G. Anthocyanins in grape and grape products. **Critical Review of Food Science and Nutrition**, v. 35, p. 341-371, 1995.

McKEVITH, B. **Folate and folic acid.** British Nutrition Foundation, 2004. Disponível em:< www.nutrition.org.uk/upload/Consumer%20booklet%20folate%20final.pdf>. Acesso em: 05 jul. 2006.

McNULTY, H. Folate requirements for health in different population groups. **Brit. J. Biomed. Sci.**, v. 52, p. 110–119, 1995.

McNULTY, H., PENTIEVA, K. Folate bioavailability. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 63, v. 4, p. 529-536, 2004.

MEDEIROS, D. **Ácido fólico previne mal na gestação.** Assessoria de Comunicação e Imprensa – UNICAMP, 2005. Disponível em:<http://www.unicamp.br/canal_aberto/clipping/novembro2005/clipping051111_correipop.html>. Acesso em: 02 jul. 2006.

MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, A. J.; VICARIO, I. M.; FRANCISCO J. H. Importancia nutricional de los pigmentos carotenoides. **Arc. Lat. Amer. Nut.**, v. 54, n. 2, p.149-155, jun. 2004. ISSN 0004-0622.

MELO, G. J. O. A importância do ácido fólico para o desenvolvimento embrionário e seu papel protetor de ocorrência de gestações afetadas pelos defeitos do tubo neural fetal. **Cadernos Interdisciplinares:** Saúde Tecnologia e Questão Social. Ano 1, n. 1, v. 1, 2004. Disponível em:<http://revista.redentor.edu/documentos/04_2004.pdf>. Acesso em 02 jul. 2006.

MORAIS, A. S.; MAIA, G. A.; FIGUEIREDO, R. W. et al. Armazenamento refrigerado sob atmosfera modificada de pedúnculos de cajueiro-anão-precoce dos clones CCP-76, END-157, END-183 e END-189. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal - SP, v. 24, n. 3, p. 647-650, dezembro. 2002.

MORGANO, M. A.; QUEIROZ, S. C. N.; FERREIRA, M. M. C. Determinação dos teores de minerais em sucos de frutas por espectrometria de emissão óptica em plasma indutivamente acoplado (ICP-OES). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 19, n. 3, p. 344-348, set./dez, 1999. ISSN 0101-2061.

MOURA, C. F. H. **Qualidade de pedúnculo de clones de cajueiro anão-precoce (*Anacardium occidentale* L. var. *nanum*) irrigados**. 1998. 56f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1998.

MOURA, C. F. H.; ALVES, R. E.; INNECCO, R. et al. Physical characteristics of cashew apples for fresh fruit market. **Rev. Bras. Frutic**, v. 23, n. 3, p. 537-540, dec. 2001. ISSN 0100-2945.

MOURA, S. C. S. R.; HUBINGER, M. D.; VITALI, A. A. Prediction of water activity and relationship between water activity and freezing point depression of fruit juice. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 18, n. 4, p. 456-461, oct./dec. 1998a. ISSN 0101-2061.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **LEHNINGER**: principles of biochemistry. 3.ed. New York: Worth Publishers, 2000. 1152 p.

NERBASS, F. B.; DRAIBE, S. A.; CUPPARI, L. Hyperhomocysteinemia in chronic renal failure. **Rev. Nutr.**, v. 18, n. 2, p. 239-249, mar./apr. 2005. ISSN 1415-5273.

NESS, A. R.; POWLES, J. W. Fruit and vegetables, and cardiovascular disease: a review. **Int. J. Epidemiol.**, v. 26, p. 1-13, 1997.

NOGUEIRA, N. N.; PARENTE, J. V.; COZZOLINO, S. M. F. Mudanças na concentração plasmática de zinco e ácido fólico em adolescentes grávidas submetidas a diferentes esquemas de suplementação. **Cad. Saúde Pública**, v. 19, n. 1, p. 155-160, jan./fev. 2003. ISSN 0102-311X.

OKUMURA, F.; SOARES, M. H. F. B.; CAVALHEIRO, E. T. G. Identification of natural pigments from vegetal species using paper chromatography. **Quím. Nova**, v. 25, n. 4, p. 680-683, jul. 2002. ISSN 0100-4042.

OLIVARES, M; HERTRAMPF, E; LLAGUNO, S; STEKEL, A. Ingreso nutricional de ácido fólico en lactantes que reciben lactancia materna. **Boletín de La Oficina Sanitaria Panamericana**, v. 106, n. 3, p. 185-192, 1989.

OLIVEIRA, M. E. B. de. **Aminoácidos livres, majoritários no suco de caju (*Anacardium occidentale* L.) - clone CCP-09.** 1997. 159 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1997.

OLIVEIRA, V. H.; ANDRADE, A. P. S. Produção integrada de caju. Abrindo portas para a qualidade. **Caderno de campo.** Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT, 2004.

OLIVEIRA, M. E. B.; BASTOS, M. S. R.; FEITOSA, T. et al. Physico chemical parameters evaluation of acerola, yellow mombin and cashew apple frozen pulps. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 19, n. 3, p. 326-332, sept./dec. 1999. ISSN 0101-2061.

OLSON, J.A. Efeitos biológicos dos carotenóides. In: **Tratado de nutrição moderna na saúde e na doença.** 9 ed. v. 1. São Paulo: Manole, 2003. cap 33, p. 561-578.

OLSON, J.A. Molecular actions of carotenoids. **Ann NY Acad Sci**, 1993. v. 691, p. 156-166.

ÖZKAN, M; YEMENICIOGLU, A.; CEMEROGLU, B. Degradation of various fruit juice anthocyanins by hydrogen peroxide. **Food Research International**, v. 38, p. 1015-1021, 2005.

PAIVA, J.R.; CORDEIRO, E.R.; ALVES, R.E.; ALMEIDA, A.S.; PINTO, S.A.A. **Seleção e clonagem de plantas de acerola.** In: XIV ENCONTRO DE GENÉTICA DO NORDESTE. Recife, 1999.

PAIVA, F.F. A.; GARRUTTI, D. S.; SILVA NETO, R.M. Aproveitamento industrial do caju. Fortaleza: Embrapa agroindústria Tropical/ SEBRAE-CE, 2000. **Documentos**, 38, p. 37-39.

PAPAS, A.M. Diet and antioxidant status. **Food Chemistry Toxicology**, v. 37, p. 999-1007, 1999.

PARAGUASSÚ-BRAGA, F. H.; BONOMO, A. **Células-Tronco e Câncer: vida e morte com uma origem comum?.** Reportagens, 2004. Disponível em:<<http://www.comciencia.br/reportagens/celulas/13.shtml>>. Acesso em: 06 jul. 2006.

PERES, L. E. P. **Metabolismo secundário.** Apostila: ESALQ, 2004. Disponível em:<<http://www.ciagri.usp.br/~lazaropp/FisioVegGradBio/MetSec.pdf>>. Acesso em: 11 jul. 2006.

PETINARI, R. A.; TARSITANO, M. A. A.. Cashew (*Anacardium occidentale* L.) commercialization in northwest of São Paulo state. **Rev. Bras. Frutic.**, v. 24, n. 3, p. 697-699, dec. 2002. ISSN 0100-2945.

PFANDER, H. **Key to Carotenoids**, 2 ed. Birkhäuser Verlag, Basel, 1987.

PHILLIPS, K. M., WUNDERLICH, K. M., HOLDEN, J. M., EXLER, J., GEBHARDT, S. E. Stability of 5-methyltetrahydrofolate in frozen fresh fruits and vegetables. **Food Chemistry**, v. 92, n. 4, p. 587-595, 2005.

PIMENTEL, M. L. **Influência do processamento sobre a vitamina C do suco de acerola (*Malpighia glabra* L.)**. 1996. 102f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1996.

PINHEIRO, A. M., FERNANDES, A. G., FAI, A. E. C. et al. Chemical, physico-chemical and microbiological evaluation of single strength fruit juices: pineapple, cashew apple and passion. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 26, n. 1, p. 98-103, jan./mar. 2006. ISSN 0101-2061.

PODMORE, I. D.; GRIFFITHS, H. R.; HERBERT, K. E.; MISTRY, N.; MISTRY, P.; LUNEC, J. Vitamin C exhibits pro-oxidant properties. **Nature**, London, v. 392, n. 6676, p. 559, 1998.

PRIETO, S. P.; GRANDE, B. C.; FALCÓN, S. G.; GÁNDARA, J. S. Screening for folic acid content in vitamin-fortified beverages. **Food Control**, v. 17, p. 900-904, 2006.

RANG, H.P., RITTER, J.M., DALE, M. M. **Farmacología**. 3 ed. Guanabara Koogan Rio de Janeiro, 1997. 692p.

REFSUM, H. Folate, vitamin B12 and homocysteine in relation to birth defects and pregnancy outcome. **British J Nutrition**, v. 85, Suppl 2, p. 109-113, 2001.

RIBEIRO, L. C.; DEVINCENZI, M. U.; VIANA, E. C.; CASTRO, T. G.; SIGULEM, D. M. Ácido Fólico: sua importância em situações fisiológicas do ciclo vital. UNIFESP: **Compacta**, v. 3, n. 1, abr. 2002. Disponível em:< http://www.projetoavela.epm.br/Download_Files/Nutricao%20III.pdf>. Acesso em: 06 jul. 2006.

RIOS, A. O. **Carotenóides de urucum: desenvolvimento de método analítico e avaliação da estabilidade em sistemas-modelo.** 2004. 163f. Tese (Doutorado em Ciências de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

RIZZON, L. A.; LINK, M. Composição do suco de uva caseiro de diferentes cultivares. **Cienc. Rural**, v. 36, n. 2, p. 689-692, mar./abr. 2006. ISSN 0103-8478.

ROBERTSON, G. L. **Food packaging - principles and practice.** New York: Marcel Decker, Inc., 1992. 676p.

RODRIGUES, R. B.; CABRAL, L. M.; MENEZES, H. C. Estudo do processo de microfiltração na clarificação e esterilização a frio de suco de camu-camu. In: XVII CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, Fortaleza. 2000. **Resumos...** Fortaleza: SBCTA, v. 2, n. 6, p. 95, 2000.

ROTTA, M. A. Utilização do ácido ascórbico (vitamina C) pelos peixes. EMBRAPA. **Documentos**, n 49., dez. 2003. Disponível em:<<http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/DOC49>>. Acesso em: 12 jul. 2006.

RUSCHEL, C. K.; CARVALHO, H. H.; SOUZA, R. B. de et al. Microbiological and physical-chemical quality of orange juices commercialised in public streets of Porto Alegre city. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 21, n. 1, p. 94-97, jan./apr. 2001. ISSN 0101-2061.

SANDI, D.; CHAVES, J. B. P., SOUZA, A. C. G. et al. Correlações entre características físico-químicas e sensoriais em suco de maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*) durante o armazenamento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 3, p. 355-361, set./dez. 2003. ISSN 0101-2061.

SANTHANAM, N. **The cashew resource.** Disponível em:< <http://www.cashew.in/>>. Acesso em: 01 jul. 2006.

SCALBERT, A.; WILLIAMSON, G. Dietary Intake and Bioavailability of Polyphenols. **Journal of Nutrition**, v. 130, p. 2073-2085, 2000.

SEAGRI. Secretaria da Agricultura e Pecuária, 2003. **Fruticultura no Ceará.** Governo do Estado do Ceará, p. 1-3.

SELHUB, J; ROSENBERG, I. H. Ácido fólico. In: Ziegler EE. & Filer Jr LJ . **Conocimientos actuales sobre nutrición.** 7 ed. Washington: OPAS, OMS; 1997. p. 218-32.

SGARBIERE, V. C. **Alimentação e Nutrição.** Campinas: UNICAMP, 1987. 387p.

SCHOLL T. O; JOHNSON, W. G. Folic acid: influence on the outcome of pregnancy. **Am. J. Clin. Nutr.**, v. 71, p. 1295-1303, 2000.

SILVA, C. R. M.; NAVES, M. M. V. Revisão: Suplementação de vitaminas na prevenção de câncer . **Rev. Nutrição**, Campinas, v. 14, v. 2, p. 135-143, mai./ago. 2001.

SILVA, E. M. F. da. **Estudos sobre o mercado de frutas.** São Paulo: FIPE, 1999. 373p.

SILVA, M. R., NAVES, M. M. V. **Manual de nutrição e dietética.** 2.ed. rev. atual. Goiânia : UFG, 1998. cap. 2: Recomendações de energia e nutrientes, p. 21-34.

SILVA, S. L. **Modelagem molecular de derivados fenilpirazólicos e flavonóides inibidores da xantina oxidase.** 2003. 173f. Tese (Doutorado em Biologia Funcional e Molecular) – Instituto de Biologia – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

SILVA JR, A.; PAIVA, F. F. A. **Estudos físico e físico-químico de clones de cajueiro anão precoce.** Fortaleza: EPACE, 1994. Boletim de Pesquisa, 23. 19p. EPACE.

SILVA, S. R.; MERCADANTE, A. Z. Composição de carotenóides de maracujá-amarelo (*passiflora edulis* flavicarpa) *in natura*. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 22, n. 3, p. 254-258, set./dez. 2002.

SILVA, S. R.; MERCADANTE, A. Z. Composição de carotenóides em polpa congelada de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.). In: XVII CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, Fortaleza. 2000. **Resumos....** Fortaleza: SBCTA, v. 2, n. 5, p. 152, 2000.

SIQUEIRA, F. M.; OETTERER, M.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B. Nutrientes antioxidantes. **Bol. SBCTA**, v. 31, n. 2, p. 192-199, jul/dez 1997.

SKLIUTAS, A. R.; SHIBUYA, D. S.; ALVES, G. L.; LAPA-GUIMARÃES, J.; LISBOA, M. A. de M.; PEREIRA, M. A. G.; RÚA, N. E. R.; SILVA, M. A. A. P. da. Desenvolvimento de terminologia descritiva e perfil sensorial de suco de caju. In: XVII CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, Fortaleza. 2000. **Resumos....** Fortaleza: SBCTA, v. 2, n. 3, p. 130, 2000.

SOARES, S. E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista de nutrição**, v. 15, n. 1, p. 71-81, Campinas, jan/abr. 2002.

SOARES, L. C.; OLIVEIRA, G. S. F.; MAIA, G. A. et al. Obtenção de bebida a partir de suco de caju (*Anacardium occidentale*, L.) e extrato de guaraná (*Paullinia cupana sorbilis* Mart. Ducke). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, n. 2, p. 387-390, ago. 2001. ISSN 0100-2945.

SOARES, M. H. F. B.; SILVA, M. V. B.; CAVALHEIRO, É. T. G. Usinf natural dyes in high school courses. **Eclet. Quím.**, v. 26, p. 225-234, 2001. ISSN 0100-4670.

SOLER, M. P.; BLEINROTH, E. W.; IADEROZA, M. et al. Industrialização de frutas. **Manual técnico**, n. 8. ITAL, Campinas, 1991.

SOUZA, E. **Aposta na mudança de hábito**. Revista Globo Rural. Ed 224, Editora Globo, 1/6/2004. Disponível em:<www.globorural.globo.com>. Acesso em: 11 jul. 2006.

SOUZA FILHO, M. S. M. **Aspectos físicos, químicos, físico-químicos e tecnológicos de diferentes clones de caju** (*Anacardium occidentale*). 1987. 196f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1987.

SOUZA FILHO, M. S. M.; LIMA, J. R.; SOUZA, A. C. R. et al. Efeito do branqueamento, processo osmótico, tratamento térmico e armazenamento na estabilidade da vitamina C de pedúnculos de caju processados por métodos combinados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 19 n. 2, maio/ago 1999.

SOUZA, P. A.; MENEZES, J. B.; ANDRADE, J. C.; FREITAS, D. F.; MENDONÇA, V. S. Caracterização Química de Pedúnculos de Caju 'CCP-76' em Diferentes Estadios de Desenvolvimento In: XVII CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, Belém. 2002. **Resumos...** Belém: SBCTA, p. 158, 2002.

SUGAI, A. Y.; SHIGEOKA, D. S.; BADOLATO, G. G.; TADINI, C. C. Análise físico-química e microbiológica do suco de laranja minimamente processado armazenado em lata de alumínio. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 22, n. 3, p. 233:238, set./dez. 2002.

LIRA, M. L.; ALDRIGUE, M. L. Determinação de vitamina C total (AA e DHAA) em caju (*Anacardium occidentale* L.) em diferentes estádios de maturação. In: XVII CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, Fortaleza. 2000. **Resumos....** Fortaleza: SBCTA, v. 2, n. 5, p. 1, 2000.

TAMURA H.; YAMAGAMI, A. Antioxidative activity of monoacylated anthocyanins isolated from Muscat Bailey A grape. **J. Agric. Food. Chem.**, v. 42, p. 1612-1615, 1994.

TRUGO, L.C.; MACRAE, R.; DICK, J. Determination of purine alkaloids and trigonelline in instant coffee and other beverages using high performance liquid chromatography. **Journal of Food Science of Food and Agriculture**. Oxford, v. 34, n. 3, p. 300-306, 1983.

TRUGO, N. M. F. Micronutrient regulation in pregnant and lactating women from Rio de Janeiro. **Arch. Latinoam. Nutr.**, v. 47, sup. 1, p. 30-34, 1997.

TSUDA, T.; HORIO, F.; USHIDA, K.; AOKI, H.; OSAWA, T. Dietary cianidin-3-O β -D-glucoside-rich purple corn color prevents obesity and ameliorates hyperglycemia in mice. **J. Nutr.**, v. 133, p. 2125-2130, 2003.

USDA – Nutrient Database fos Standard, 2002. Disponível em:<<http://www.usda.gov>>. acesso em: 13 jul. 2006.

VARELLA, D. **Psoríase**. Disponível em: <http://www.drauziovarella.com.br/arquivo/arquivo.asp?doe_id=75>. Acesso em: 02 jul. 2006.

VIBERG, U., JÄGERSTAD, M., ÖSTE, R., SJÖHOLM, I. Thermal processing of 5-methyltetrahydrofolic acid in the UHT region in the presence of oxygen. **Food Chemistry**, v. 59, n. 3, p. 381-386, 1997.

VINÃS, P.; LÓPEZ-ERROZ, C.; BALSALOBRE, N.; HERNANDEZ-CÓRDOBA, M. R Reversed-phase liquid chromatography on an amide stationary phase for the determination of the B group vitamins in baby foods. **Journal of Chromatography**, v. 1007, n. 1-2, p. 77-87, 2003.

VISENTAINER, J.V.; MATSUSHITA, M.; SOUZA, N. E.; VIEIRA, O. A. Caracterização físico-química da acerola *Malpighia glabra* L. produzida em Maringá, Paraná, Brasil. **Arch Latinoam Nutr.**, v. 47, n. 1, p. 70-72, 1997.

VITAMINA A. Disponível em:< http://www.nutricaoclinica.com.br/textos-cientificos/dislipidemias/antioxidantes_nutricionais/antioxidantes/vitamina_a.htm>. Acesso em: 21 ago. 2005.

WANG, H.; CAO, G.; PRIOR, R. L. Oxygen radical absorbing capacity of anthocyanins. **J. Agric. Food Chem.**, v. 45, p. 304-309, 1997.

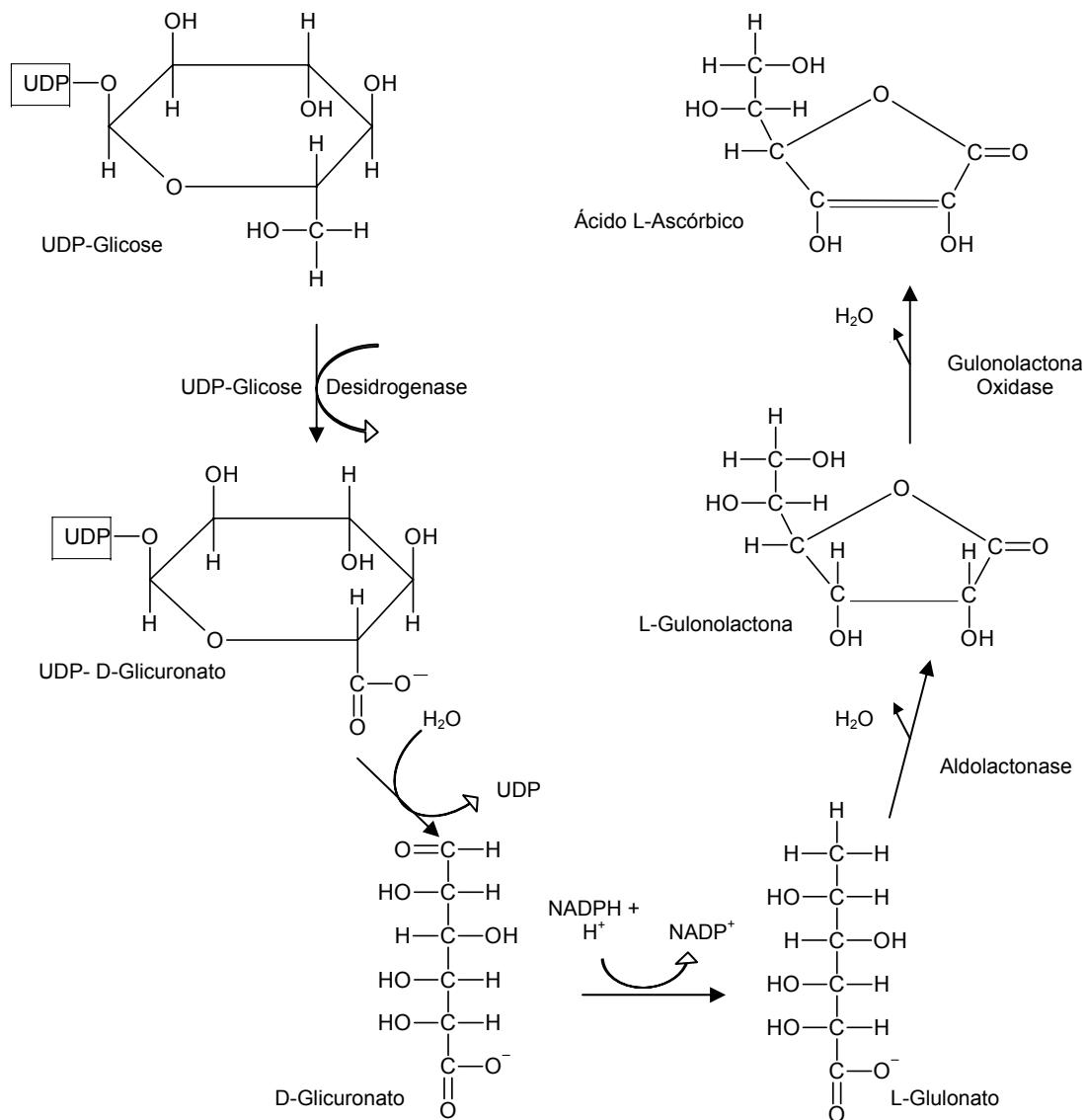
ZANATTA, C. F. **Determinação da composição de carotenóides e antocianinas de camu-camu (*myrciaria dubia*)**. 2004. 162f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

ANEXOS

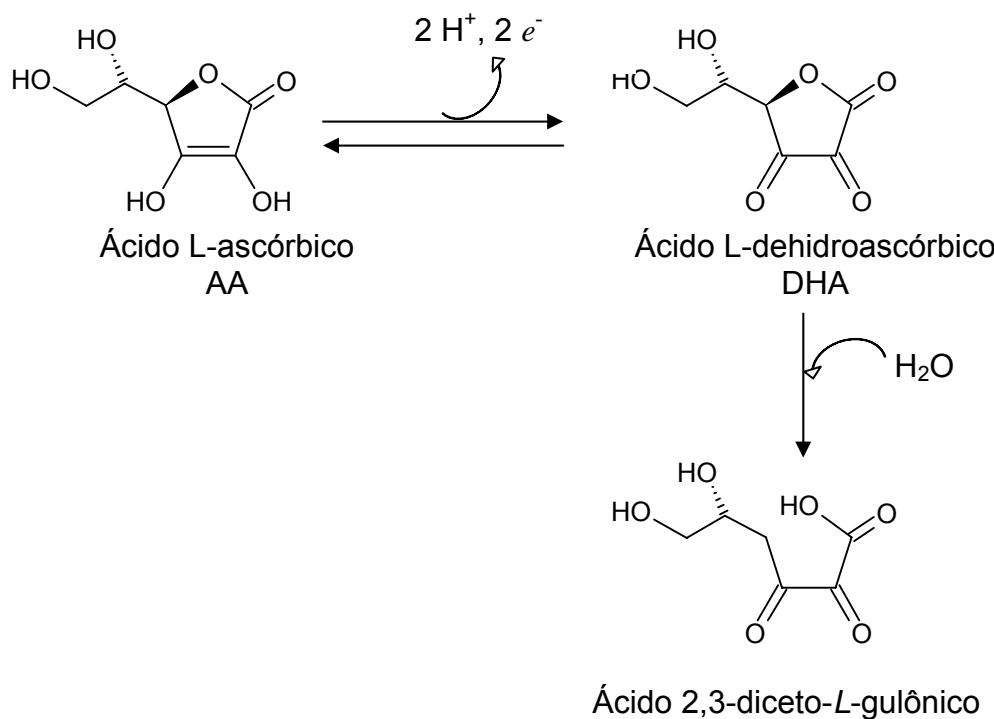
ANEXO A – Teores de vitamina C encontrados em algumas frutas em diversos estádios de maturação.

Frutas	Vitamina C (mg/100 g) no fruto			Fonte
	verde	meio- maduro	maduro	
acerola	2.738	1.650	887	BATISTA <i>et al.</i> (2000)
acerola	4.890	3.930	3.930	VISENTAINER <i>et al.</i> (1997)
acerola	1.650	1.970	2.240	ANDRADE <i>et al.</i> (2002)
camu-camu	1.490	1.400	1.380	JUSTI <i>et al.</i> (2000)
laranja	-	-	56,8	ANDRADE <i>et al.</i> (2002)

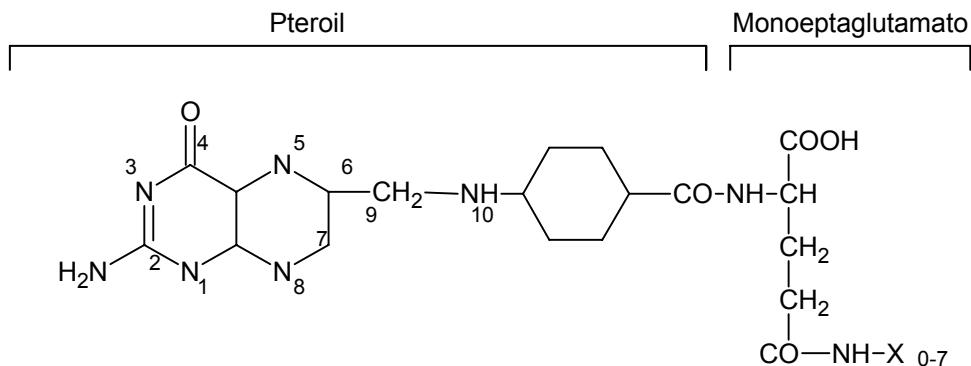
ANEXO B - Biossíntese do ácido ascórbico (NELSON & COX, 2000; ROTTA, 2003).



ANEXO C – Reação de degradação do ácido ascórbico (HERNÁNDEZ & LOBO, 2006).



ANEXO D - Estruturas e nomenclaturas dos congêneres do ácido fólico (GOODMAN & GILMAN, 2004).

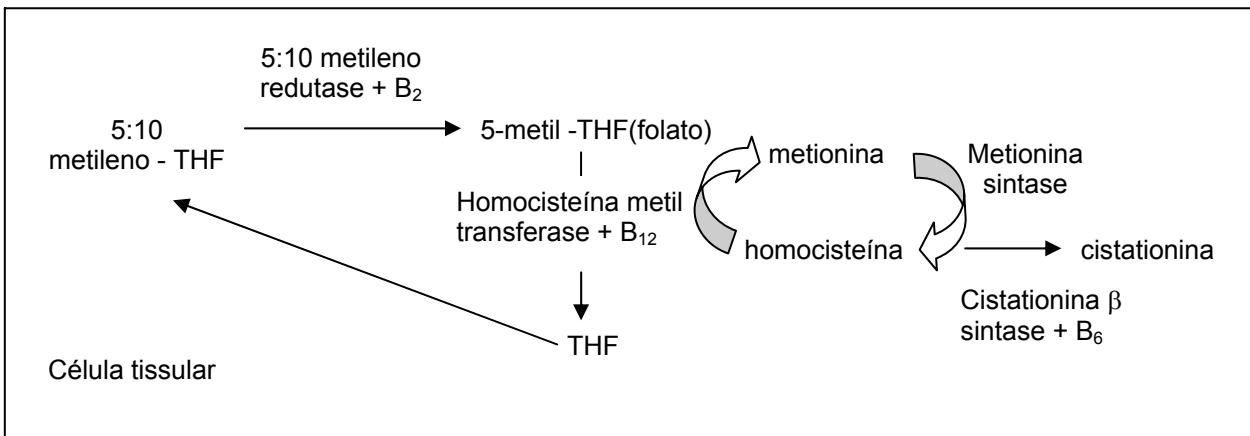


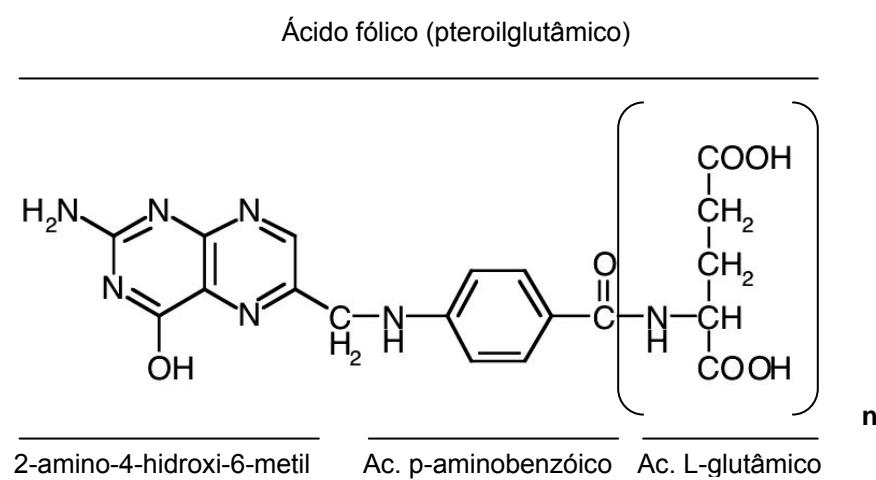
Posição	Radical	Congênero	
N ⁵	-CH ₃	CH ₃ H ₄ PteGlu	Metiltetraidrofolato
N ⁵	-CHO	5-CHOH ₄ PteGlu	Ácido folínico (fator citrovorum)
N ¹⁰	-CHO	10-CHOH ₄ PteGlu	10-Formiltetraidrofolato
N ⁵⁻¹⁰	-CH-	5, 10-CHH ₄ PteGlu	5, 10-Meteniltetraidrofolato
N ⁵⁻¹⁰	-CH ₂ -	5, 10-CH ₂ H ₄ PteGlu	5, 10-Metilenotetraidrofolato
N ⁵	-CHNH	CHNH _H H ₄ PteGlu	Formiminotetraidrofolato
N ¹⁰	-CH ₂ OH	CH ₂ OHH ₄ PteGlu	Hidroximetiltetraidrofolato

ANEXO E – Exemplos de alguns alimentos que contêm folatos (McKEVITH, 2004).

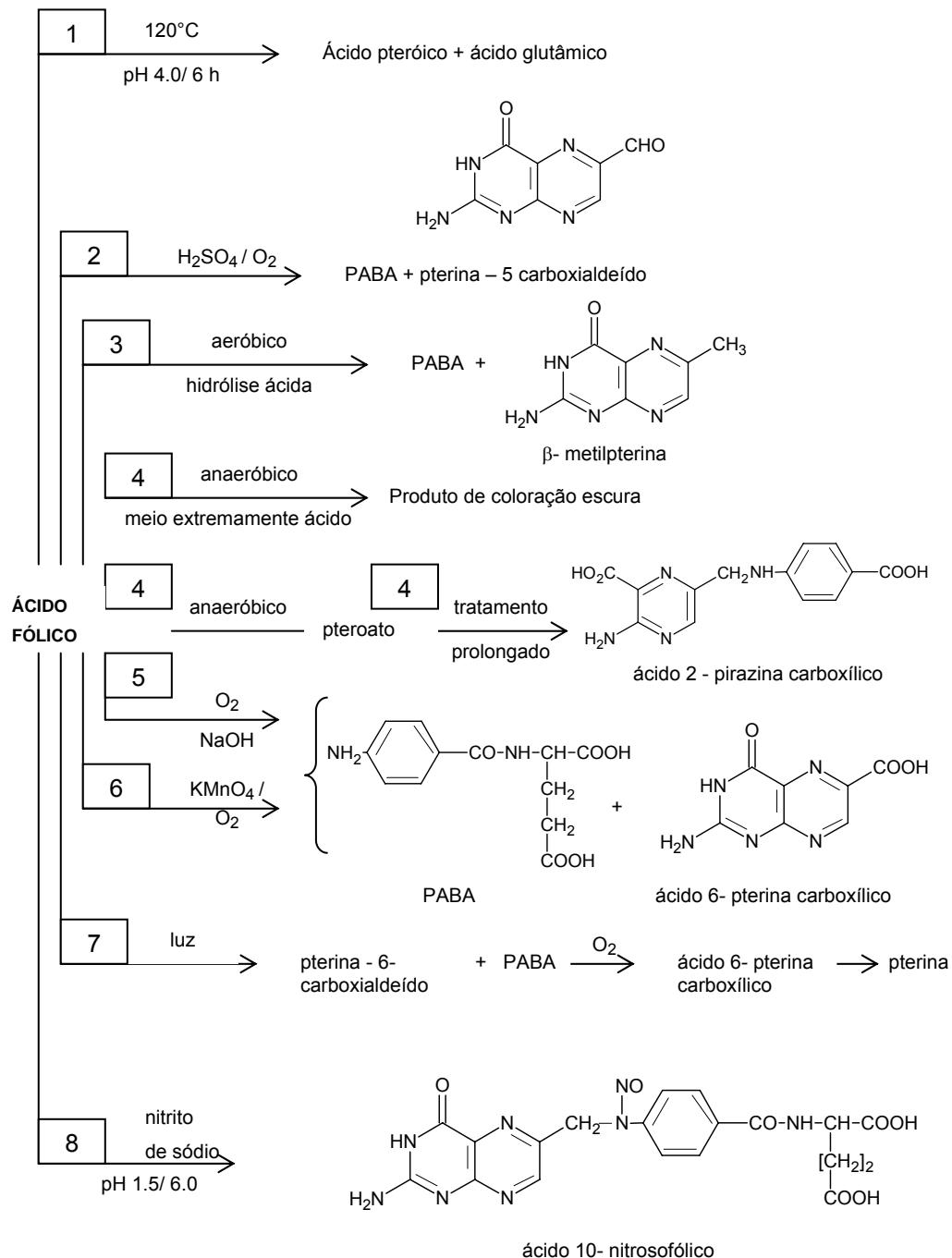
Alimentos	Quantidade de folatos (μg/100 g)
Aspargos	175
Brócolis	64
Espinafre cozido	81
Couve-flor	51
Feijão	44
Feijão verde	48
Quiabo	46
Cenoura	48
Repolho	75
Amendoim	110
Castanha de caju	67
Nozes	66
Queijo <i>gouda</i>	40
Queijo <i>camembert</i>	83
Queijo <i>cheddar</i>	31
Leite	9

ANEXO F - Interação entre vitaminas do complexo B, folato e homocisteína (HERBERT, 1999; REFSUM, 2001; BREE *et al.*, 2001).

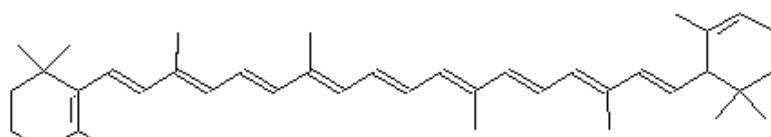


ANEXO G - Estrutura molecular do ácido fólico.

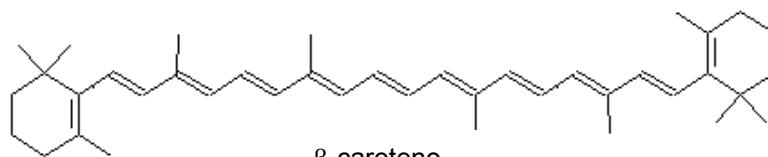
ANEXO H - Produtos de oxidação do ácido fólico (CREPALDI, 2006).



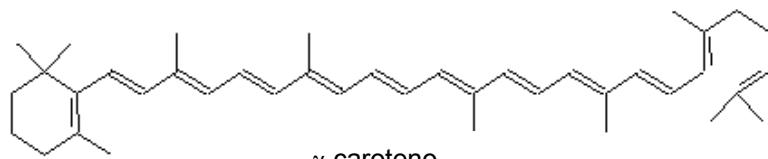
ANEXO I - Estruturas moleculares de alguns carotenóides (MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, 2004).



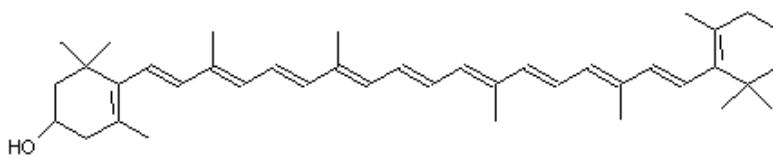
α -caroteno



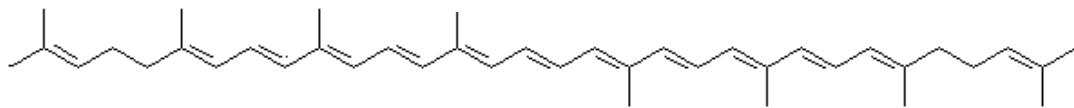
β -caroteno



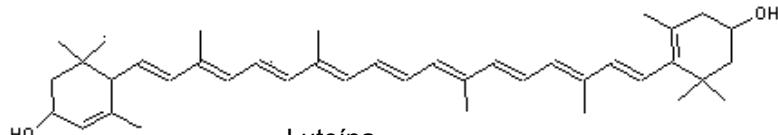
γ -caroteno



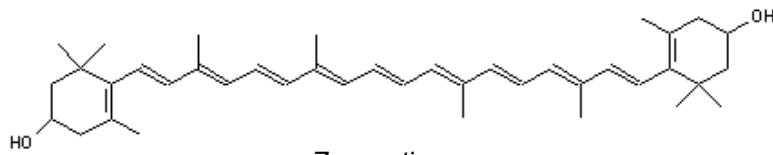
β -criptoxantina



Licopeno

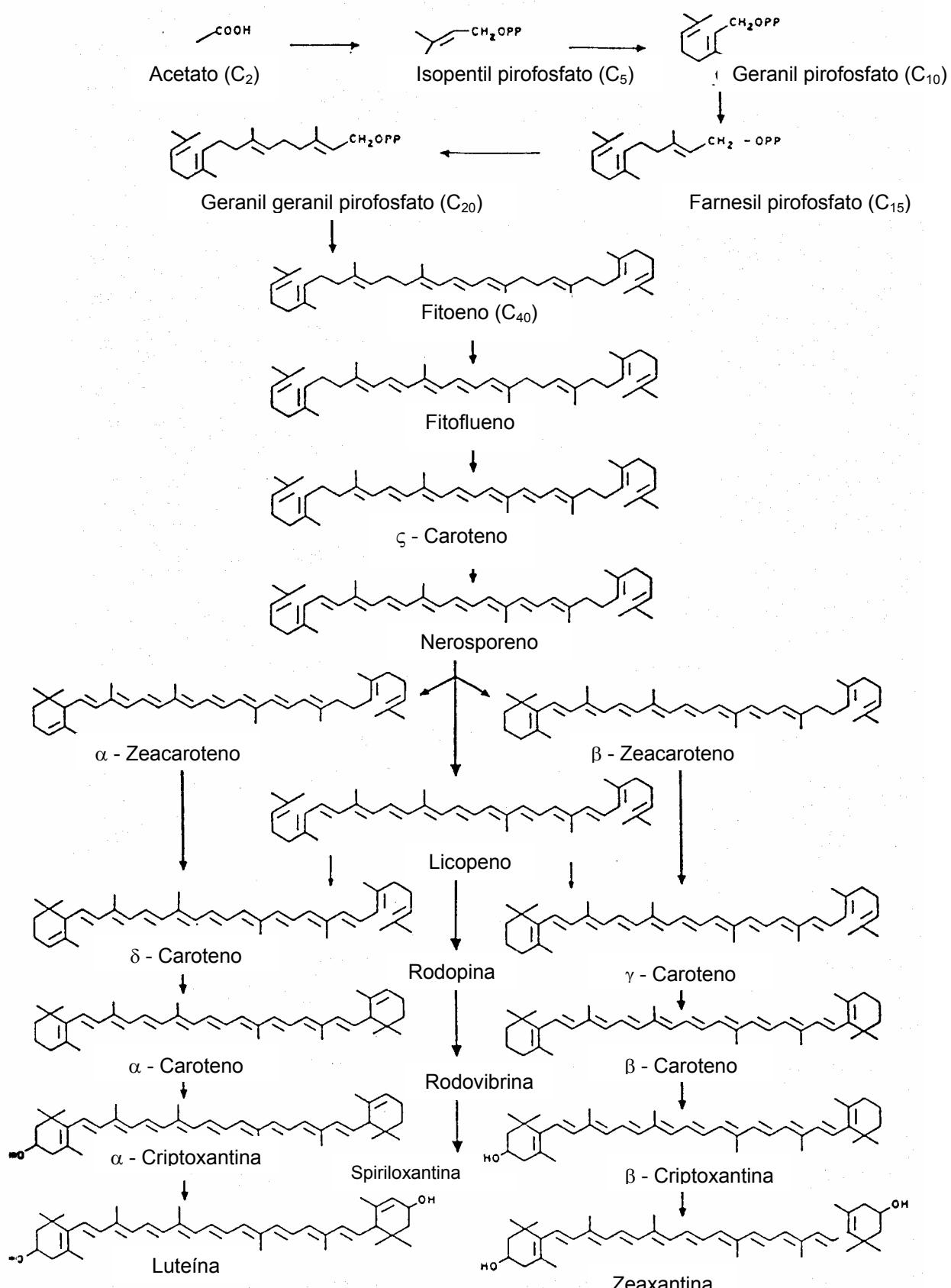


Luteína

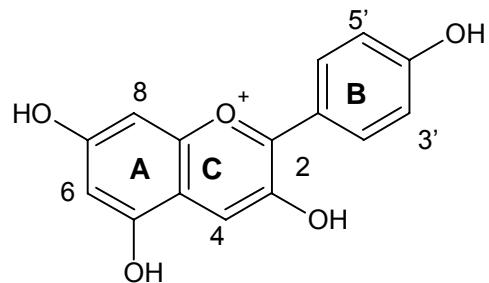


Zeaxantina

ANEXO J – Biossíntese de carotenóides (AGUIAR, 2001).

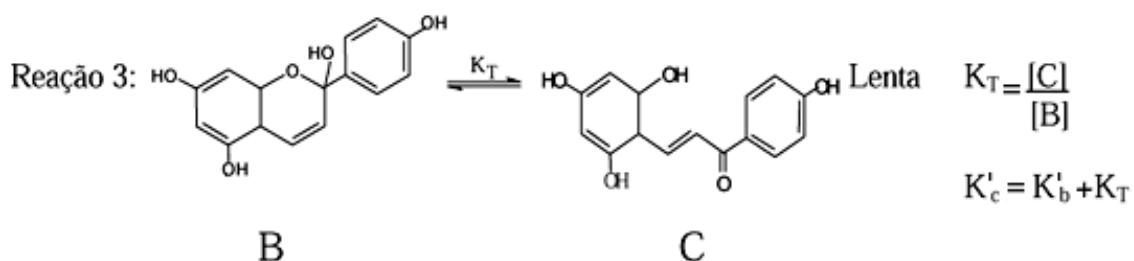
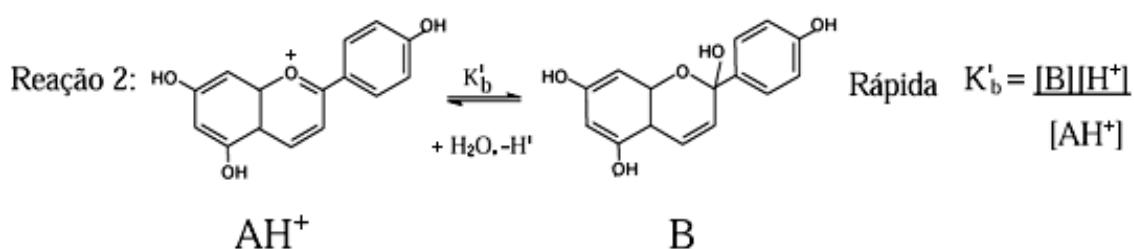
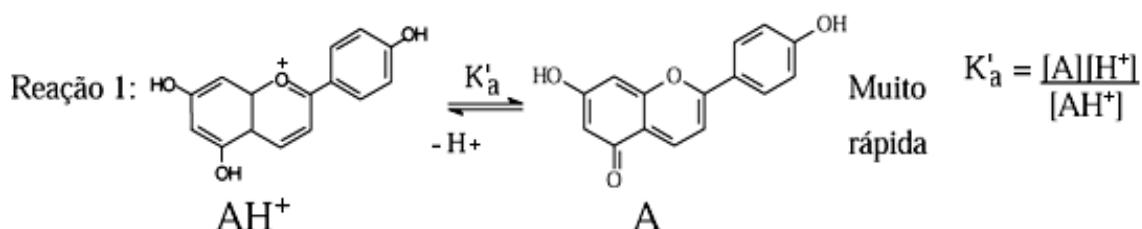


ANEXO K - Estrutura, nome e localização das principais antocianinas (HENRIQUES *et al.*, 2004).



	H-3'	H-5'
Pelargonidina	H	H
Cianidina	OH	H
Delfnidina	OH	OH
Peonidina	OH ₃	H
Petunidina	OH ₃	OH
Malvidina	OH ₃	OH ₃

ANEXO L - Estrutura de antocianinas em equilíbrio quando se eleva o pH de uma solução ácida (SOARES, 2001).



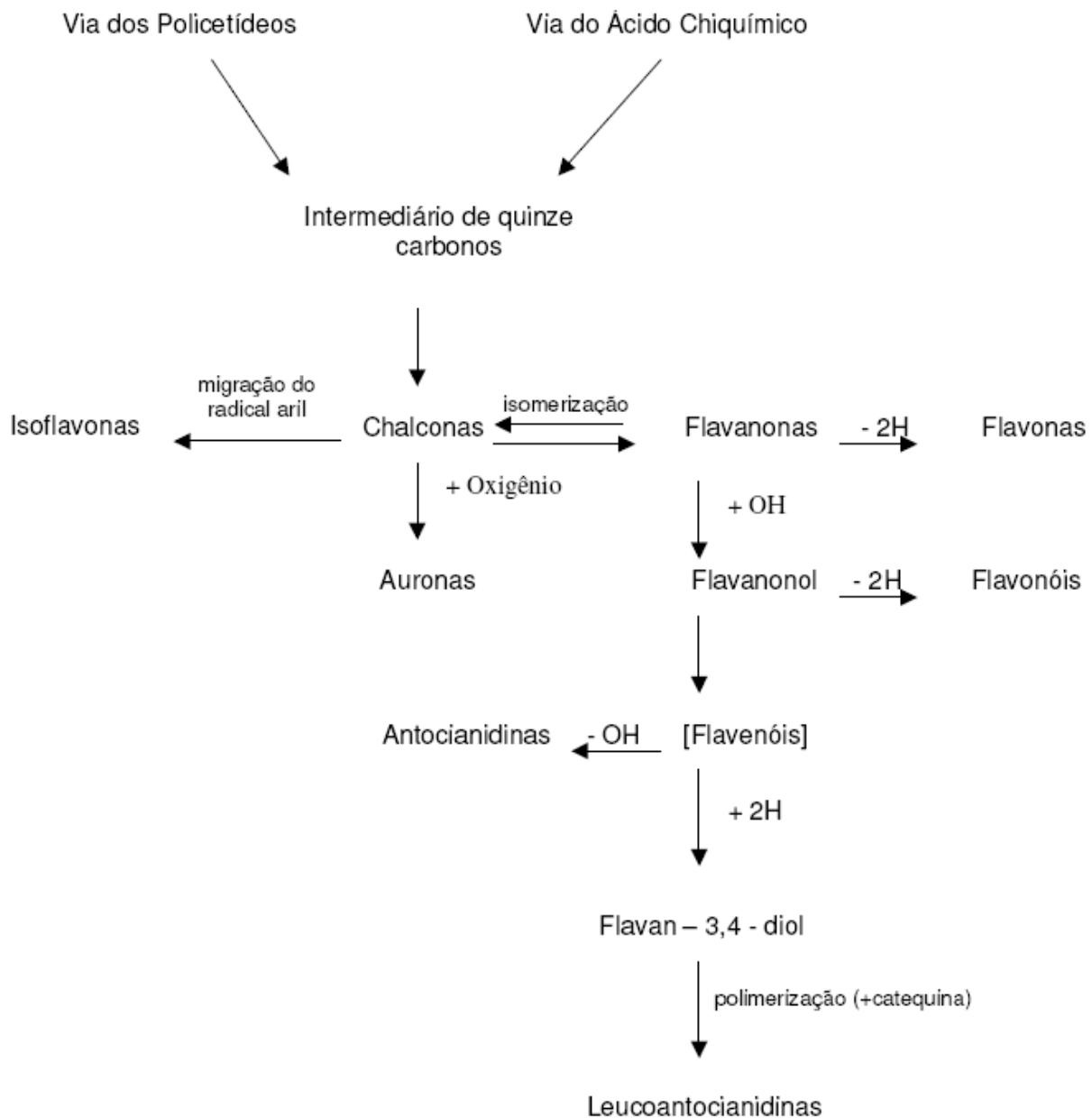
ANEXO M – Antocianidinas encontradas na natureza (ZANATTA, 2004).

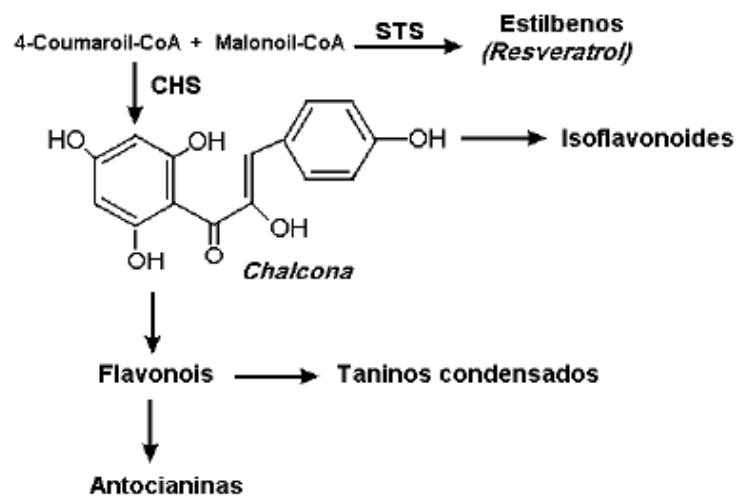
Antocianidina	C-3	C-5	C-6	C-7	C-3'	C-4'	C-5'	Cor ^a
Apigenidina	H	OH	H	OH	H	OH	H	L
Aurantinidina	OH	OH	OH	OH	H	OH	H	L
Capensinidina	OH	OMe	H	OH	OMe	OH	OMe	VA
Cianidina ^b	OH	OH	H	OH	OH	OH	H	VL
Delfnidina ^b	OH	OH	H	OH	OH	OH	OH	VA
Europinidina	OH	OMe	H	OH	OMe	OH	OH	VA
Hirsutidina	OH	OH	H	OM	OMe	OH	OMe	VA
6-Hidroxicianidina	OH	OH	OH	OH	OH	OH	-	V
Luteolinidina	H	OH	H	OH	OH	OH	H	L
Malvidina ^b	OH	OH	H	OH	OM	OMe	OMe	VA
5-Metilcianidina	OH	OMe	H	OH	OH	H	-	VL
Perlaconidina ^b	OH	OH	H	OH	H	OH	H	L
Peonidina ^b	OH	OH	H	OH	OMe	OH	H	VL
Petunidina ^b	OH	OH	H	OH	OMe	OH	OH	VA
Pulchelidina	OH	OM	H	OH	OH	OH	OH	VA
Rosinidina	OH	OH	H	OMe	OMe	OH	H	V
Tricetinidina	H	OH	H	OH	OH	OH	OH	V

^a L: laranja, V: vermelho, VL: vermelho alaranjado e VA: vermelho azulado

^b Antocianidinas mais freqüentemente encontradas na natureza, inclusive nos alimentos.

ANEXO N – Via biossintética dos flavonóides (HERRERIAS, 2005).



ANEXO O – Biossíntese de antocianinas (PERES, 2004).

ANEXO P - Transformações das antocianidinas e antocianinas por aquecimento e alteração do pH (BONNAS, 2006).

