UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS

Curso de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos

CAROTENÓIDES DA BATATA-DOCE
(*Ipomoea batatas* Lam.)
E SUA RELAÇÃO COM A COR DAS RAÍZES

LIGIA BICUDO DE ALMEIDA-MURADIAN

Tese para obtenção do grau de

DOUTOR

Orientador :

Profa. Assoc. MARILENE DE VUONO CAMARGO PENTEADO

São Paulo

1991

Aos meus pais Irene e José Eduardo, que tanto esforço fizeram para a realização deste trabalho ...

A meu marido José, que sempre me ajudou e incentivou para esta tese ...

A minha filhinha Marina, que participou ativamente, em minha barriga, durante a realização desta ...

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Profª. Assoc. Marilene de Vuono Camargo Penteado, orientadora, coordenadora do Curso de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos e Chefe do Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo. Pela orientação, sugestões, incentivo e constante apoio a esta tese;

Ao Prof. Titular Franco M. Lajolo, Diretor da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo, pelo incentivo e apoio a esta pesquisa;

A Profª. Assoc. Délia Rodriguez Amaya, da Faculdade de Engenharia de Alimentos da UNICAMP, pelo exemplo, amizade e ensinamentos;

Ao Prof. Dr. Kenneth Simpson, da University of Rhode Island, USA, pelos ensinamentos e amizade;

Ao Prof. Dr. George Britton, da University of Liverpool, Inglaterra, pelos conhecimentos transmitidos e amizade;

Aos Pesquisadores do ITAL Dra. Vera L. Pupo Ferreira e Dr. Katumi Yatsuyanagi, pelo auxílio na análise de cor e tratamento estatístico;

A Estatística Patrícia G. de Almeida Ramos pelo auxílio na análise estatística;

Ao Pesquisador Científico Domingos A. Monteiro, do Instituto Agrônomo de Campinas, pelo fornecimento de amostras de batatas-doces assim como informações;

Ao pesquisador Albano S. Pereira do Centro Nacional de Pesquisa de Hortalças da EMBRAPA de Brasília, pelo fornecimento, envio de amostras e informações concedidas;

A bibliotecária Moema Rodrigues dos Santos, pela revisão das Referências Bibliográficas;

A Claudia R. R. Denani, Benedita E. S. de Oliveira, Loanda D'Euridice, Inez M. Henrique, Sérgio M. Zucas Jr., Rute Bianchini, Claudia Ortega Flores, Celio K. Miyasaka e Maria Ines de Almeida Gonçalves, pela colaboração e amizade;

A todos os colegas do Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da USP e a todos que de algum modo auxiliaram na realização deste trabalho.

SUMARIO

	pág.
1 - INTRODUÇÃO	1
2 - REVISÃO DA LITERATURA	4
2.1 - Carotenóides de diversos cultivares de batata- doce	4
2.2 - Medida de cor e relação com os carotenóides da ba- tata doce	9
2.3 - Consumo da batata-doce em São Paulo	14
3 - OBJETIVOS	15
4 - MATERIAL E MÉTODOS	16
4.1 - Descrição do Material	16
4.2 - Preparo do Material	23
4.3 - Métodos	24
4.3.1 - Análise de cor	24
4.3.2 - Análise de carotenóides	26
4.3.2.1 - Carotenóides totais	26
4.3.2.2 - Separação, identificação e quan- tificação dos carotenóides	26
4.3.3 - Determinação da composição Centesimal	31
4.3.3.1 - Umidade	31
4.3.3.2 - Resíduo mineral fixo / cinzas ..	31
4.3.3.3 - Extrato etéreo	31
4.3.3.4 - Nitrogênio total / proteínas ...	31
4.3.3.5 - Carboidratos totais	32

4.4 - Reagentes	32
4.5 - Análise Estatística	32
5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
5.1 - Análise de cor e carotenóides totais de alguns cultivares de batata-doce	33
5.1.1 - Batata-doce crua	33
5.1.2 - Batata-doce cozida	45
5.2 - Análise dos carotenóides e valor pró-vitamínico A de alguns cultivares de batata-doce	65
5.3 - Alterações no teor de β -caroteno e vitamina A pelo cozimento de batatas-doces	80
5.4 - Composição Centesimal de batatas-doces	82
6 - CONCLUSÕES	84
7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	86
8 - RESUMO	94
9 - SUMMARY	96

ÍNDICE DE TABELAS

pág.

TABELA 1: Valores médios de cor (30 repetições) L, a, b, ângulo do tom (θ), croma no sistema Hunter e carotenóides totais ($\mu\text{g/g}$) de seis cultivares de batata-doce crua	35
TABELA 2: Valores médios de 10 repetições dos dados de cor L, a, b, ângulo do tom (θ), croma, no sistema Hunter e carotenóides totais ($\mu\text{g/g}$) de seis cultivares de batata-doce crua	43
TABELA 3: Valores médios de cor (30 repetições) L, a, b, ângulo do tom (θ), croma no sistema Hunter e carotenóides totais ($\mu\text{g/g}$) de seis cultivares de batata-doce cozida	46
TABELA 4: Valores médios de 10 repetições dos dados de cor L, a, b, ângulo do tom (θ), croma no sistema Hunter e carotenóides totais ($\mu\text{g/g}$) de seis cultivares de batata-doce cozida	54
TABELA 5: Análise de variância dos valores de cor e carotenóides totais de seis cultivares de batatas-doces cruas e cozidas	56

TABELA 6: Correlações simples e múltiplas da média de 30 valores de carotenóides totais versus os parâmetros de cor das batatas-doces cruas e cozidas de seis cultivares distintos	59
TABELA 7: Correlações simples e múltiplas dos logaritmos neperianos dos valores de carotenóides totais e dos parâmetros de cor de seis cultivares de batatas-doces cruas e cozidas	61
TABELA 8: Características dos carotenóides encontrados em diferentes cultivares de batatas-doces (<u>Ipomoea batatas</u> Lam.)	66
TABELA 9: Teores de carotenóides de dez cultivares de batatas-doces cruas procedentes do Instituto Agrônômico de Campinas e EMBRAPA, expressos em µg/g	76
TABELA 10: Atividade pró-vitâmica A de dez cultivares de batatas-doces cruas expressos em equivalentes de retinol e em unidades internacionais.....	79
TABELA 11: Teores de β-caroteno de alguns cultivares de batatas-doces cruas e cozidas	81
TABELA 12: Atividade pró-vitâmica A de alguns cultivares de batatas-doces cruas e cozidas expressas em equivalentes de retinol e em unidades internacionais	81

TABELA 13: Composição centesimal das batatas-doces cruas
procedentes do Instituto Agronômico de Campinas e
da EMBRAPA, expressa em porcentagem 83

ÍNDICE DE FIGURAS

	pág.
FIGURA 1: Fotografia da batata-doce do cultivar Monalisa, crua e cozida	17
FIGURA 2: Fotografia da batata-doce do cultivar SRT-252, crua e cozida	17
FIGURA 3: Fotografia da batata-doce do cultivar Centennial, crua e cozida	18
FIGURA 4: Fotografia da batata-doce do cultivar IAC-2-71, crua e cozida	19
FIGURA 5: Fotografia da batata-doce do cultivar Morada Inta, crua e cozida	19
FIGURA 6: Fotografia da batata-doce do cultivar Vineland Bush, crua e cozida	20
FIGURA 7: Fotografia da batata-doce do cultivar Heart Gold, crua e cozida	21
FIGURA 8: Fotografia da batata-doce do cultivar Acadian, crua e cozida	21
FIGURA 9: Fotografia da batata-doce do cultivar Anápolis, crua e cozida	22
FIGURA 10: Fotografia da batata-doce do clone CNPH, crua e cozida	23

FIGURA 11: Esquema de separação dos carotenóides de vários cultivares de batatas-doces (<u>Ipomoea batatas</u> Lam.)	28
FIGURA 12: Curvas espectrofotométricas médias dos três cortes transversais de batatas-doces cruas do cultivar SRT-252	37
FIGURA 13: Curvas espectrofotométricas médias dos três cortes transversais de batatas-doces cruas do cultivar IAC-2-71	38
FIGURA 14: Curvas espectrofotométricas médias dos três cortes transversais de batatas-doces cruas do cultivar Monalisa	39
FIGURA 15: Curvas espectrofotométricas médias dos três cortes transversais de batatas-doces cruas do cultivar Vineland Bush	40
FIGURA 16: Curvas espectrofotométricas médias dos três cortes transversais de batatas-doces cruas do cultivar Centennial	41
FIGURA 17: Curvas espectrofotométricas médias dos três cortes transversais de batatas-doces cruas do cultivar Heart Gold	42
FIGURA 18: Curvas espectrofotométricas médias dos três cortes transversais de batatas-doces cozidas do cultivar SRT-252	48

FIGURA 19: Curvas espectrofotométricas médias dos três cortes transversais de batatas-doces cozidas do cultivar IAC-2-71	49
FIGURA 20: Curvas espectrofotométricas médias dos três cortes transversais de batatas-doces cozidas do cultivar Monalisa	50
FIGURA 21: Curvas espectrofotométricas médias dos três cortes transversais de batatas-doces cozidas do cultivar Viveland Bush	51
FIGURA 22: Curvas espectrofotométricas médias dos três cortes transversais de batatas-doces cozidas do cultivar Centennial	52
FIGURA 23: Curvas espectrofotométricas médias dos três cortes transversais de batatas-doces cozidas do cultivar Heart Gold	53
FIGURA 24: Estrutura química dos carotenóides encontrados em diversos cultivares de batatas-doces (<u>Ipomora batatas</u> Lam.)	67
FIGURA 25: Espectro de absorção da fração 1, identificada como 5,6, 5',6'-diepóxi- β -caroteno, em éter de petróleo	68
FIGURA 26: Espectro de absorção da fração 2, identificada como 5,6-monoepóxi- β -caroteno, em éter de petróleo	69

FIGURA 27: Espectro de absorção da fração 3, identificada como β -caroteno, em éter de petróleo	70
FIGURA 28: Espectro de absorção da fração 4, identificada como luteocromo, em éter de petróleo	71
FIGURA 29: Espectro de absorção da fração 5A, identificada como α -zeacaroteno, em éter de petróleo	72
FIGURA 30: Espectro de absorção da fração 5B, identificada como β -zeacaroteno, em éter de petróleo	73
FIGURA 31: Espectro de absorção da fração 6, identificada como aurocromo, em éter de petróleo	74

1 - INTRODUÇÃO

Carotenóides são pigmentos encontrados em plantas de cor amarela, laranja, vermelha, verde e também em animais. Este grupo está entre os mais importantes pigmentos naturais e juntamente com as clorofilas são encontrados em todos os organismos fotossintéticos (39,73).

Uma das funções fisiológicas dos carotenóides é sua ação como precursor de vitamina A para os animais (39,48). De todos os carotenóides conhecidos (cerca de 500) estima-se acima de 50 os que atuam como pró-vitamina A. Porém destes somente o α , β , gama-caroteno; β -zeacaroteno e β -criptoxantina são comuns em frutas e vegetais (52). Estima-se que a vitamina A procedente dos vegetais constitui a maior fonte desta vitamina na dieta em cerca de 82% para países em desenvolvimento, 68% no mundo e cerca de 30-50% para os países desenvolvidos (68,72). Além da xeroftalmia, a falta de carotenóides e vitamina A na dieta pode causar queratomalácia, cegueira, e até a morte (57).

Uma das consequências da deficiência de vitamina A, é a cegueira nutricional que atinge cerca de meio milhão de vítimas por ano. Somente na Indonésia, estima-se cerca de 60.000 casos de crianças que apresentam xerolftalmia corneal por ano (72,73).

Poucas propriedades dos alimentos são mais importantes que a cor para a maioria dos consumidores, sendo este um fator significativo para a determinação da sua aceitabilidade (24,27,46). A perda de cor através dos pigmentos carotenóides resulta numa perda de qualidade e também uma perda potencial de vitamina A (71).

Tem sido recomendado uma revisão dos dados das Tabelas de Composição de Alimentos e entre eles o valor pró-vitâmico A (69). Essas tabelas são utilizadas por dieteticistas, nutricionistas, cientistas da área de alimentos, antropologistas, entre outros, para estimar a adequação da dieta populacional ou a percentagem de um determinado nutriente que o alimento fornece. Quanto a vitamina A geralmente ocorre uma superestimação dos resultados no caso dos vegetais e das frutas (40,74). No Brasil não existem tabelas completas e atualizadas com a composição de nutrientes e não nutrientes com ação fisiológica dos nossos alimentos (49).

Alguns pesquisadores brasileiros tem contribuído neste sentido estudando o real valor de vitamina A. Entre as hortaliças estudadas podemos citar a cenoura (5), mandioquinha (4), mandioca (62), goiaba (59,60), caju (15), maracujá (16), manga (34,35), abóbora (8), hortaliças folhudas (63,67), etc.

A batata-doce, planta da família Convolvulácea, tem inúmeras aplicações desde a culinária doméstica até aplicação industrial e alimentação animal. Na indústria o mais utilizado é o cultivar SRT-278 (Centennial) e para a mesa o IAC -66-118 (Monalisa) e IAC-2-71. Os cultivares mais utilizados para forragem são o SRT-252 (rama grossa) e IAC-85-17-230 (Irai). É uma cultura de clima tropical sendo sua colheita realizada após aproximadamente 5 meses do plantio (55).

Em estudo anterior (2,3) determinou-se o teor de carotenóides das batatas-doces comercializadas na CEAGESP.

Neste estudo procurou-se determinar os carotenóides de diversos cultivares de batatas-doces assim como a avaliação da cor das mesmas.

2 - REVISÃO DA LITERATURA

2.1 - CAROTENÓIDES DE DIVERSOS CULTIVARES DE BATATA-DOCE

Alguns autores realizaram pesquisas com carotenóides de batatas-doces, principalmente nos EUA, sendo que neste país, ao contrário do Brasil, são mais comuns as raízes de polpa alaranjada.

PURCELL em 1962 (65) analisou os carotenóides do cultivar Goldrush cultivado nos EUA. O autor cita os seguintes carotenóides encontrados neste cultivar: fitoeno (2,6%), fitoflueno (0,8%), β -caroteno (89,9%), dzeta-caroteno (1,2%), 5,8, epóxi- β -caroteno (2,5%), 5,6, epóxi-cis-criptoxantina (0,1%) e hidroxí-dzeta-caroteno (0,5%). A raiz crua apresentou 46,2 mg/100g de carotenóides totais em base seca.

LAUBER et al em 1967 (51) determinaram o conteúdo de carotenóides totais de cerca de 40 cultivares de batata-doce cultivadas nos EUA, sendo que estes variaram de 2,1 a 25,8 mg/100g e especificamente para o cultivar Jersey Orange variaram de 2,4 - 15,4 mg/100g.

PURCELL & WALTER Jr. em 1968 (66) determinaram os carotenóides do cultivar Centennial de batatas-doces cultivadas nos EUA. Os autores identificaram os seguintes carotenóides na fração "carotenos e epóxidos": fitoeno

(2,55%), fitoflueno (1,95%), α -caroteno (0,90%), β -caroteno (86,35%), dzeta-caroteno (1,77%), luteocromo (0,21%), 5,6,epóxi- α -caroteno (1,05%), mutatocromo (0,84%), gama-caroteno (0,77%), cis-gama-caroteno (0,13%), aurocromo (0,05%), 5,6,5',6'-diepóxi- β -caroteno (0,05%) e o restante de carotenóides não identificados. Já na fração mono e polihidroxi-carotenóides encontraram os seguintes carotenóides: 5,6,5',6',diepóxi- β -criptoxantina (0,06%), 5',8'-epóxi-hidróxi- α -caroteno (0,01%), 5,6,5',8'-diepóxi-criptoxantina (0,25%), 5,8,epóxi-criptoxantina (1,10%), hidróxi-dzeta-caroteno (0,06%), 5,6-epóxi-luteína (0,17%), cis-violaxantina (0,09%), violaxantina (0,06%), sendo os restantes ou misturas ou desconhecidos.

FONSECA et al. em 1969 (25) indicaram o valor de 1,81 mg/100g de β -caroteno para a batata-doce brasileira, porém sem indicar o(s) cultivar(es) analisados.

GARCIA et al. em 1972 (32) estudaram 26 variedades de batatas-doces das Filipinas quanto ao conteúdo de caroteno e amido, utilizando a técnica de cromatografia em coluna e espectrofotometria. Constataram que quanto mais forte a cor laranja avermelhada das raízes, maior o conteúdo vitamínico. Observaram, também, que o conteúdo de amido é inversamente proporcional ao teor de carotenóides. De todas as variedades analisadas, a G.Y.Y. é a que apresentou maior conteúdo de carotenos. Os teores variaram de traços a 11,45 mg de caroteno/100g de amostra.

PANALAKS & MURRAY em 1970 (61) e SWEENEY & MARSH em 1970 e 1971 (75,76) identificaram os isômeros neo- β -caroteno B, neo β -caroteno U e β -caroteno todo-trans em batatas-doces.

BADILLO & FELICIANO et al em 1976 (10) determinaram os carotenóides totais de alguns cultivares de batatas-doces amarelas de Porto Rico obtendo uma variação de 0,3 - 5,5 mg/100g.

GODDARD & MATTHEWS em 1979 (33) citam o estudo do USDA quanto a variação do conteúdo de carotenóides de uma mesma variedade, Jewel, em relação aos diferentes locais de cultivo (cinco Estados diferentes dos EUA), obtendo valores de 2.650 a 3.990 UI de vitamina A/100g. Os autores mencionaram ainda a variação do conteúdo de carotenóides de batata-doce plantada no mesmo local (Carolina do Norte) mas de cultivares diferentes. Os valores obtidos pelos autores variaram de 2.175 (LI-207) a 3.950 (Jewel) UI de vitamina A/100g. O cultivar Centennial apresentou 3.695 UI/100g.

ELKINS em 1979 (21), utilizando o método de análise da A.O.A.C. (Association of Official Analytical Chemists) para carotenóides totais, estudou duas variedades de batata-doce (Nemogold e Centennial) em relação ao processamento térmico (enlatamento) e estocagem. O autor determinou o valor de 9.694 μ g de caroteno/100g para a batata-doce crua e 5.936 μ g/100g para a enlatada. O autor concluiu ainda, que havia

uma retenção de 85% dos pigmentos durante a estocagem de sete meses após o processamento das batatas-doces.

LANIER & SISTRUNK em 1980 (50) estudaram a influência do método de cozimento no conteúdo vitamínico da batata-doce além da influência do cultivar e influência do tamanho das raízes. Dentre os cultivares Georgia Jet, Jasper, Centennial e Goldrush, o Centennial foi o que apresentou maior conteúdo de carotenóides (18,5 mg/100g). Quanto ao tamanho, raízes maiores apresentaram maior conteúdo de carotenóides. Quanto ao cozimento, o forno comum reteve mais vitaminas, seguido pelo microondas. No mesmo ano REDDY & SISTRUNK (70) relataram que dentre os quatro cultivares mencionados no trabalho anterior, o Centennial foi o que apresentou a maior quantidade de carotenóides totais (20,25 mg/100g). Dos métodos de cozimento utilizados (forno, fervura, vapor, microondas e enlatamento) a fervura foi o que apresentou menor concentração de carotenóides em relação aos demais métodos. O tamanho das raízes não influenciou significativamente no conteúdo de carotenóides.

Em 1982 CARVALHO et al do Centro de Tecnologia Agrícola e Alimentar (CTAA) da EMBRAPA publicaram num boletim de pesquisa em andamento (14) algumas características físicas e químicas de 53 cultivares de batatas-doces brasileiras. Os resultados dos carotenóides foram expressos em UI de vitamina A/100g calculados a partir das μg de β -caroteno/100g de batata-doce in natura. Dentre todos os

cultivares, a batata-doce que apresentou maior teor foi a Roxa-BG-1b418 com 22.275 UI/100g.

MARTIN em Porto Rico estudou em 1983 (54), utilizando cromatografia em coluna e espectrofotometria, 15 cultivares de batatas-doces brancas que continham em sua composição: fitoflueno, dzeta-caroteno, neurosporeno, β -zeacaroteno e β -caroteno.

THOMPSON em 1984 (77) estudou 15 cultivares de batata-doce quanto a vários componentes e, entre eles, os carotenóides totais, determinados por método espectrofotométrico. O cultivar que apresentou maior conteúdo de carotenóides foi o Jewel com 32,7 mg/100g, enquanto que o menor foi o V2-237 com 2,3 mg/100g. O cultivar Centennial apresentou 20,2 mg/100g.

PICHA em 1985 (64) analisou 6 cultivares de batata-doce alaranjados dos EUA em relação a vários parâmetros, dentre eles os carotenóides totais. O cultivar Centennial foi o que apresentou maior teor de carotenóides: 9,5 mg/100g para a raiz crua recém colhida.

BUREAU & BUSHWAY em 1986 (13) analisaram, por cromatografia líquida de alta pressão, α -caroteno, β -caroteno e β -criptoxantina em 22 frutas e vegetais americanos. A batata-doce apresentou uma das maiores atividades pró-vitâmicas A, cujos valores variaram de 882,97 a 1712,42 equivalentes de retinol/100g.

CHANDLER & SCHWARTZ em 1988 (17) trabalhando com o cultivar Jewel, de cor alaranjado, cultivada nos EUA obtiveram o valor de 440 µg/g em peso seco para as raízes cruas. Com tratamentos como branqueamento, vapor, enlatamento, desidratação, microondas e forno, verificaram mudanças nos carotenóides. O tratamento térmico onde houve maior perda foi a desidratação com 20,5% de perda.

ALMEIDA & PENTEADO em 1988 (2,3) encontraram na batata-doce comercializada na CEAGESP (Companhia de Entrepostos e Armazens Gerais de São Paulo) os seguintes carotenóides: 5,6,5',6'-diepóxi-β-caroteno; 5,6-monoepoxi-β-caroteno; β-caroteno; luteocromo; α-zeacaroteno; neurosporeno e dzeta-caroteno. O valor pró-vitâmico A estimado foi de 11 equivalentes de retinol/100g para as raízes cruas e 8 para as cozidas.

2.2 - MEDIDA DE COR E RELAÇÃO COM OS CAROTENOIDES DA BATATA-DOCE

A cor é provavelmente a mais importante das características na aparência de um alimento. Os consumidores sempre usaram a cor como julgamento da qualidade do alimento (18,53).

Antes do desenvolvimento de técnicas instrumentais para especificar a cor, sólidos tridimensionais de cor foram utilizados para especificar uma cor em particular. O sistema

Munsell contém 1225 placas coloridas arranjadas de maneira conveniente a comparação visual e cada placa possui uma designação numérica. Este sistema tem a vantagem de ser simples e de fácil entendimento. O Sistema Munsell identifica a cor em termos de três atributos: tom (H), valor (V), e croma (C) sendo representado como HV/C (18,20,26).

Os métodos instrumentais para medida de cor são baseados na espectrofotometria de transmissão ou de reflexão. Um sistema simples para o entendimento e especificação da cor em termos de como o olho a percebe é obtido utilizando-se três projetores simultâneos com filtros de cores: vermelho (R), verde (G) e azul (B). O fluxo espectral radiante desta combinação é percebido pelo olho humano como uma só cor. Um outro projetor com filtro de cor desconhecida é também projetado de modo a poder ser comparada com a anterior. As quantidades de energia de cada luz (R,G e B) requeridas para alcançar a cor desconhecida são chamadas valores de triestímulos podendo ser expressos em fluxo radiante do espectro visível (watts), como fluxo luminoso (lumens), ou como luminância (candelas/m²). O mais comumente usado é uma escala psicofísica de vermelho, verde e azul ajustadas de modo que as quantidades dos três correspondam a cor neutra. Entretanto R,G e B não são particularmente bons estímulos para uso uma vez que nem todas as cores podem ser obtidas desta maneira. Utilizou-se então X,Y e Z como estímulos de referência, estes sendo conceitos matemáticos e não reprodutíveis no laboratório.

Apesar disto eles foram escolhidos pela conveniência matemática em construir um sólido de cor e especificação das coordenadas de cor. Pode-se pensar em X como vermelho, Y como verde e Z como azul. Se tomarmos as cores vermelho, verde e azul, transformá-las nas coordenadas X, Y e Z e plotarmos a resposta dos cones humanos versus o comprimento de onda, teremos a resposta do olho humano à cor. Essas curvas foram padronizadas em 1932 e foram chamadas curvas do observador padrão x, y, z da CIE (Commission International de l'Eclairage).

A definição das curvas do observador padrão levou ao desenvolvimento do colorímetro que simulou a resposta do olho humano. Vários sólidos de cor foram sugeridos para incorporar estes instrumentos. No entanto, dois sistemas tiveram prioridade: o sistema CIE-XYZ e o sólido de Judd-Hunter Lab. No sistema Hunter L representa a luminosidade, a^+ o vermelho, a^- o verde, b^+ o amarelo e b^- o azul. A reflectância difusa de Hunter (R_d) ou valores de luminosidade (L) são diretamente comparáveis ao Y do sistema CIE ou ao "valor" do sistema de Munsell. O parâmetro "a" é função de X e Y enquanto que "b" é função de Z e Y. Juntos "a" e "b" podem fornecer resultados equivalentes aos obtidos com as dimensões "tom" e "croma" do Sistema Munsell (47).

A conversão dos dados obtidos pelos diversos colorímetros para uma escala ou outra é uma necessidade, quando se deseja comparar ou analisar esses dados. As

equações para estas conversões são fornecidas pelo produtor do colorímetro, geralmente constando no próprio catálogo do aparelho (23).

A medida de cor pode ser utilizada como uma maneira indireta da análise de componentes coloridos de um alimento, uma vez que é mais simples e mais rápida que a análise química (26). Uma das primeiras tentativas para substituir a análise química pela colorimetria foi a determinação de β -caroteno em batata-doce. O β -caroteno é um componente nutricional importante por ser precursor de vitamina A além de contribuir com uma agradável cor alaranjada. Para grandes quantidades de amostra a medida de cor de batatas-doces pode ser feita mais rapidamente e mais economicamente do que a medida química do pigmento (28).

KATTAN e col. em 1957 (45) sugeriram o cálculo do teor de carotenóides a partir dos parâmetros de cor "a" e "b" segundo uma equação de regressão com um coeficiente de correlação de +0,94.

EZELL e col. em 1959 (22) relataram o uso da colorimetria para estimar as mudanças de carotenóides em batatas-doces. Os autores estimaram a cor em termos dos parâmetros "Rd", "a" e "b". O cultivar utilizado foi o Orange Little Stem e obtiveram correlações significativas entre "Rd" e "a" com os carotenóides.

AHMED & SCOTT em 1962 (1) relacionaram a cor com os carotenóides totais de batatas-doces americanas. Os autores obtiveram altos coeficientes de correlação entre os atributos de cor do sistema Hunter e o logaritmo do conteúdo de carotenóides. Dos valores obtidos a função "a" parece ser a mais adequada para a avaliação do conteúdo de carotenóides nesta raiz.

HERNANDEZ e col. em 1965 (41) utilizaram batatas-doces cuja coloração variou de branco a laranja forte. Os autores correlacionaram os parâmetros "L" e "aL" com os carotenóides totais e obtiveram uma alta correlação negativa entre os carotenóides totais e "L" e uma alta correlação positiva entre os carotenóides totais e "aL".

LAUBER e col. em 1967 (51) realizaram estudos de correlação e regressão para determinar a adequação do uso da colorimetria de triestímulos para estimar o conteúdo de carotenóides em batatas-doces. Este trabalho concorda com o de AHMED & SCOTT (1) sendo o parâmetro "a" o melhor como estimativa do teor de carotenóides.

FRANCIS em 1969 (28) fez comparações dos trabalhos da literatura que relacionaram o conteúdo de pigmentos e a cor de alimentos. Dentre os vários alimentos citados está a batata-doce. O autor cita que em geral o conteúdo total de carotenóides se correlaciona bem com os valores de triestímulos "L" ou "a" ou com a combinação deles.

FRANCIS & CLYDESDALE em um capítulo sobre colorimetria dos vegetais alaranjados em 1975 (29), descreveram varios trabalhos sobre batatas-doces. Neles os autores estudaram a possibilidade do uso da medida de cor substituindo a medida química em controle de qualidade das raízes.

2.3 - CONSUMO DA BATATA-DOCE EM SÃO PAULO

Em 1990 foram comercializadas na CEAGESP (Companhia de Entrepósitos e Armazens Gerais de São Paulo) 978.424 caixas de 23Kg de batata-doce (12).

3 - OBJETIVOS

Os objetivos principais deste trabalho foram:

- A - Determinar a composição dos principais carotenóides de dez cultivares de batata-doce.
- B - Determinar o valor pró-vitamínico A dessas raízes.
- C - Avaliar a cor de diferentes cultivares de batata-doce crua e cozida.
- D - Relacionar os parâmetros de cor com os carotenóides totais dos cultivares de batatas-doces cruas e cozidas.
- E - Avaliar a mudança no teor pró-vitamínico A após o cozimento das raízes.

4 - MATERIAL E MÉTODOS

4.1 - DESCRIÇÃO DO MATERIAL

A batata-doce Monalisa, (Figura 1) ou IAC-66-118, é procedente do Instituto Agronômico de Campinas tendo sido originada do cultivar SRT-66 ou Yellow Yam (procedente de Louisiana nos EUA). Conforme informações do Pesquisador Científico Domingos A. Monteiro, este é um cultivar com boa produtividade indicada para uso de mesa sendo que seu cultivo é bem adaptado as condições de clima seco. A sua produção média por hectar, no Estado de São Paulo é de 500 caixas de 22 a 25 Kg cada. Para o mercado sua colheita deve ser feita de 4 a 5 meses, uma vez que a colheita tardia resulta num escurecimento da película externa, dando aspecto de raízes velhas. Uma desvantagem deste cultivar é a presença de rachaduras e veias na raiz.

A batata-doce SRT-252, (Figura 2) também chamada rama grossa, é procedente de Indaial em Santa Catarina. Ela é utilizada principalmente para alimentação animal devido ao seu tamanho grande, sendo fibrosa quando cozida. Tem boa produtividade, equivalente a 25 toneladas/hectar quando colhida aos 7 meses.

Figura 1 - Fotografia da batata-doce do cultivar Monalisa, crua e cozida.

Figura 2 - Fotografia da batata-doce do cultivar SRT-252, crua e cozida.

A batata-doce Centennial ou SRT-278 (Figura 3) é procedente da Georgia nos EUA tendo boa produtividade mas sendo susceptível ao vírus do mosaico da batata-doce. Nos EUA ela tem uso a mesa e aqui no Brasil é utilizada pela indústria. Apresenta uma produção média de 20 toneladas/hectar quando colhida aos 6 meses. Nos EUA esse tipo de batata-doce é conhecida como "yam".

Figura 3 - Fotografia da batata-doce do cultivar Centennial crua e cozida.

A batata-doce IAC-2-71 (Figura 4) teve origem da polinização aberta tendo como progenitora feminina a variedade SRT-72 (Jacareí). Sua produção média por hectare é de 600 caixas no Estado de São Paulo, quando colhida aos 6 meses, sendo que não apresenta perda substancial da aparência exterior.

Figura 4 - Fotografia da batata-doce do cultivar IAC-2-71 crua e cozida.

O cultivar Morada Inta (Figura 5) de nº 062 (número de registro no Banco de Germoplasma do Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças), conforme informações do Pesquisador Albano S. Pereira, é procedente da Argentina sendo a mais consumida naquele país para a alimentação humana.

Figura 5 - Fotografia da batata-doce do cultivar Morada Inta crua e cozida.

O cultivar Vineland Bush (Figura 6) de nº 021 é procedente dos EUA e foi introduzida no Brasil em 1924. Esse cultivar é mantido no Banco de Germoplasma da Universidade Federal de Viçosa sob o nº V-14 e tem sido muito utilizado em São Paulo com a finalidade de uso nas indústrias que fabricam "marrom glacê".

Figura 6 - Fotografia da batata-doce do cultivar Vineland Bush, crua e cozida.

Os cultivares Heart Gold (Figura 7) de nº 106 e Acadian (Figura 8) de nº 109, são originárias dos EUA sendo tradicionais nesse país.

Figura 7 - Fotografia da batata-doce do cultivar Heart Gold, crua e cozida.

Figura 8 - Fotografia da batata-doce do cultivar Acadian, crua e cozida.

O cultivar Anápolis (Figura 9) de nº 021 é procedente de Anápolis, Goiás, tendo sido originada provavelmente dos EUA.

Figura 9 - Fotografia da batata-doce do cultivar Anápolis, crua e cozida.

O clone CNPH (Figura 10) de nº 098 é procedente do Centro Nacional de Pesquisas de Hortaliças da EMBRAPA de Brasília.

Figura 10 - Fotografia da batata-doce do clone CNPH, crua e cozida.

4.2 - PREPARO DO MATERIAL

Utilizaram-se dez cultivares de batatas-doces: Centennial, Monalisa, SRT-252 e IAC-2-71 (procedentes do Instituto Agronômico de Campinas), Vineland Bush, Heart Gold, Morada Inta, Anápolis, Acadian e Clone do CNPH (procedentes do Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças da EMBRAPA de Brasília). Para análise completa de carotenóides utilizou-se os dez cultivares anteriormente citados. Destes seis foram escolhidos para análise de cor e carotenóides totais: Centennial, Monalisa, SRT-252, IAC-2-71, Vineland Bush e Heart Gold. Estes cultivares possuem polpa de coloração variando desde branca até alaranjada forte.

Para a análise de cor e carotenóides totais, cinco batatas-doces recém colhidas, de cada cultivar, foram selecionadas quanto ao tamanho e ausência de defeitos. As raízes foram lavadas, secas, descascadas e cortadas transversalmente em três locais diferentes: parte superior (AB), central (BC) e inferior (CD). As mesmas batatas cortadas foram cozidas em água fervente por dez minutos para nova análise de cor.

Para a separação e identificação dos carotenóides duas ou três raízes foram descascadas, picadas (pedaços menores que um centímetro) misturadas numa cápsula e pesadas (de 5 a 150g conforme a intensidade de cor da polpa). Para o cozimento das batatas-doces, estas foram separadas da mesma amostra crua e cozidas em água fervente por dez minutos.

4.3 - MÉTODOS

4.3.1 - ANÁLISE DE COR

A avaliação da cor das batatas-doces foi feita por meio de colorimetria de três estímulos utilizando-se o espectrofotômetro Color-eye 2020 Plus e o software MS-1500 Plus da Mac Beth (representado por Comexim Matérias Primas Indústria e Comércio Ltda.), sob o iluminante C no sistema de cor Lab Hunter. O aparelho foi configurado excluindo-se o componente especular e UV na área de observação padrão e leitura por reflexão a 2° (grau de observação).

A medida de cor foi realizada no centro de cada superfície dos cortes das amostras, tanto das batatas-doces cruas como cozidas, utilizando-se um diâmetro de leitura de 25 mm. Após a medida de cor, de cada uma das superfícies dos cortes foi retirada uma fatia de aproximadamente 1,5 mm de espessura, as quais foram embaladas e fechadas em sacos de polietileno e congeladas para a análise de carotenóides totais, realizada no dia seguinte. As porções remanescentes foram cozidas em água destilada fervente, em vasilhas de aço inox, sem tampa, durante dez minutos após o reinício da fervura. Após o cozimento as amostras foram drenadas e esfriadas à temperatura ambiente entre folhas de papel toalha para posterior análise de cor. Após a medida de cor de cada superfície cortada, retirou-se uma fatia do mesmo modo que da batata crua, para análise de carotenóides totais.

Foram traçadas as curvas espectrofotométricas médias das seis amostras analisadas, para cada cultivar e para cada parte subdividida (corte).

Com os dados obtidos foram calculados os valores de croma ($\sqrt{a^2+b^2}$) e do ângulo do tom ($\text{tg}^{-1} b/a$ ou $\text{tg}^{-1} -a/b + 90^\circ$).

4.3.2 - ANÁLISE DE CAROTENÓIDES

4.3.2.1 - CAROTENÓIDES TOTAIS

As amostras separadas logo após a análise de cor, foram analisadas quanto aos teores de carotenóides totais da seguinte maneira:

a) extração com acetona utilizando-se uma haste trituratora tipo Turrax

b) transferência dos pigmentos para o éter de petróleo num funil de separação, utilizando-se água destilada para a retirada completa da acetona

c) concentração da solução de pigmentos em evaporador rotatório à vácuo a uma temperatura de 30-35°C

d) leitura da absorbância em espectrofotômetro a 450 nm

e) cálculo:
$$\mu\text{g/g} = \frac{\text{volume} \times \text{absorbância} \times 10^4}{\text{peso da amostra} \times 2592}$$

4.3.2.2 - SEPARAÇÃO, IDENTIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DOS CAROTENÓIDES

As amostras cruas e/ou cozidas destinadas à identificação e quantificação dos carotenóides seguiram o procedimento descrito por ALMEIDA & PENTEADO (3) constando do seguinte:

a) extração com acetona utilizando-se uma haste trituratora tipo Turrax

- b) transferência dos pigmentos para o éter de petróleo num funil de separação, utilizando-se água destilada para a retirada completa da acetona
- c) concentração da solução de pigmentos em evaporador rotatório à vácuo a temperatura de 30-35°C

Após evaporação do solvente, a amostra contendo os pigmentos foi cromatografada em coluna de vidro de 1,5 x 21 cm, empacotada com óxido de magnésio/Hyflosupercel na proporção de 1:2 até uma altura de aproximadamente 20 cm, sendo colocada uma pequena quantidade de sulfato de sódio anidro como secante no topo da coluna. A fase móvel utilizada inicialmente foi a mistura acetona/éter de petróleo a 3% e em seguida foi sendo aumentada a porcentagem de acetona conforme necessário. O esquema de separação dos carotenóides encontra-se na Figura 11.

Os diferentes carotenóides foram identificados pela avaliação dos seguintes parâmetros:

- a) posição da banda na coluna (polaridade)
- b) espectro de absorção visível (varredura)
- c) Cromatografia em camada delgada de sílica gel 60G tendo como fase móvel éter de petróleo ou gradiente de acetona em éter de petróleo e espessura de 0,25 mm de fase estacionária
- d) reações químicas
- e) comparação com padrões

Fase estacionária : Hyflosupercel (2:1)

Fase móvel : 3% acetona em éter de petróleo

Figura 11: Esquema de separação dos carotenóides de vários cultivares de batatas-doces (*Ipomoea batatas* Lam.)

Para obtenção dos espectros de absorção utilizou-se o espectrofotômetro marca Beckman modelo DU-70 acoplado com registrador.

Dentre as reações químicas foram utilizados testes para epóxidos:

- A placa de cromatografia em camada delgada, com os pigmentos adsorvidos foi submetida à exposição de vapores de ácido clorídrico. A reação foi considerada positiva quando as manchas anteriormente amarelas mudaram para azuis ou verdes.
- A presença do grupo 5,6 epóxido foi evidenciada pelas diminuição de 20 nm no espectro de absorção, após a adição de gotas de HCl 0,1 N à uma solução alcoólica do pigmento. Esta mudança ocorre pela transformação de 5,6 epóxido em 5,8 epóxido.

As determinações quantitativas de cada fração foram feitas a partir das absorbâncias máximas de cada carotenóide. A quantidade em µg/g foi calculada utilizando-se a fórmula:

$$\mu\text{g de car.}/\text{g de amostra} = \frac{\text{abs. max.} \times \text{vol. sol.} \times 10^4}{E_{1\%}^{1\text{cm}} \times \text{peso amostra}}$$

Os coeficientes de extinção específicos $E_{1\%}^{1\text{cm}}$ utilizados foram os seguintes:

5,6,5',6',diepóxi-β-caroteno = 2710

5,6,epóxi-β-caroteno = 2549

β -caroteno = 2592

luteocromo = 2916

α -zeacaroteno = 2450

β -zeacaroteno = 2520

aurocromo = 2252

Para avaliação do teor pró-vitâmico A dos carotenóides presentes nas batatas-doces foi considerada a biopotência de cada fração, segundo BAUENFEIND (11).

Para a transformação em teores de vitamina A a partir da atividade pró-vitâmica A, a Academia Nacional de Ciências - Conselho Nacional de Pesquisa dos EUA (NAS-NRC) (56) recomenda o seguinte:

1 eq. retinol = 1 μ g de retinol

6 μ g de β -caroteno

1,2 μ g de outros carotenóides precursores
de vitamina A

3,33 Unidades Internacionais (UI) de
atividade vitamínica A proveniente do
retinol

10 Unidades Internacionais (UI) de
atividade vitamínica A proveniente
do β -caroteno.

4.3.3 - DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO CENTESIMAL

4.3.3.1 - UMIDADE

A determinação da umidade foi realizada por gravimetria após secagem do material em estufa regulada a 105°C, até peso constante (42).

4.3.3.2 - RESÍDUO MINERAL FIXO / CINZAS

A determinação do resíduo mineral fixo foi realizada por gravimetria após incineração do material em mufla a 550°C, até peso constante (43).

4.3.3.3 - EXTRATO ETÉREO

A fração extrato etéreo foi determinada em extrator intermitente de Soxhlet, utilizando-se éter etílico como solvente (44).

4.3.3.4 - NITROGÊNIO TOTAL / PROTEÍNAS

O teor de nitrogênio total foi determinado através do método Micro-Kjeldahl (9), utilizando-se o fator 6,25 para a transformação deste em proteínas.

4.3.3.5 - CARBOIDRATOS TOTAIS

Os teores de carboidratos totais foram obtidos por diferença.

4.4 - REAGENTES

Todos os reagentes utilizados foram P.A., com exceção do éter de petróleo (P.E. 30-60°C) e acetona (comerciais) destilados previamente no laboratório.

4.5 - ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise estatística dos resultados obtidos quanto aos parâmetros de cor e carotenóides totais foi realizada pelos métodos de análise de variância e de análise de regressão linear e múltipla (19,37).

5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 - ANÁLISE DE COR E CAROTENÓIDES TOTAIS DE ALGUNS CULTIVARES DE BATATA-DOCE

5.1.1 - BATATA-DOCE CRUA

Os dados obtidos pela medição objetiva da cor no sistema Hunter estão expressos na Tabela 1. Estes mostram valores de luminosidade (L Hunter) variando de 61,5 no cultivar Centennial a 85,9 no cultivar IAC-2-71, a de polpa mais clara. Todos os valores dos diferentes cultivares, excetuando-se os cultivares SRT-252 e Monalisa, diferiram estatisticamente entre si, à nível de 5% de erro.

As raízes com polpa mais alaranjada apresentaram valores de vermelho (+a) variando de 33,3 no cultivar Centennial, até 15,9 no cultivar Vineland Bush (Tabela 1). Quanto ao teor de verde (-a), os cultivares SRT-252 e IAC-2-71 não diferiram estatisticamente entre si. O cultivar Centennial se destacou por apresentar aproximadamente 2 vezes e 1,5 vezes mais vermelho do que os cultivares Vineland Bush e Heart Gold respectivamente (Tabela 1).

Ainda na Tabela 1 verifica-se que os teores de amarelo (b) variaram de 25,2 no cultivar IAC-2-71 à valores ao redor de 31 nos cultivares Centennial e Monalisa, numa amplitude de variação inferior a encontrada nos teores de luminosidade e verde/vermelho. Com relação ao amarelo, os pares de

cultivares Centennial e Monalisa, SRT-252 e IAC-2-71, Heart Gold e Vineland Bush não diferiram estatisticamente entre si.

Os ângulos de tom (Tabela 1) dos cultivares Centennial, Heart Gold e Vineland Bush encontram-se no primeiro quadrante (vermelho/amarelo) do sólido de cor Hunter e os dos cultivares SRT-252, Monalisa e IAC-2-71 no segundo quadrante (verde/amarelo). Ainda quanto ao ângulo de tom, todos os cultivares diferiram estatisticamente entre si, excetuando-se o par SRT-252 e IAC-2-71. Os valores de croma calculados não proporcionaram diferenças significativas entre os pares de cultivares: SRT-252 e IAC-2-71, Monalisa e Vineland Bush.

Os teores de carotenóides totais (Tabela 1) foram semelhantes nos cultivares SRT-252 e IAC-2-71 sendo estes os menores valores dos seis cultivares estudados. O cultivar Monalisa apresentou valor relativamente maior, porém sem diferir estatisticamente dos dois anteriores. O cultivar Centennial apresentou o teor mais elevado de carotenóides, seguido do Heart Gold (aproximadamente $1/3$) e do Vineland Bush (aproximadamente $1/6$ do teor de carotenóides do Centennial). É interessante ressaltar que os teores mais baixos de carotenóides (cultivares SRT-252, IAC-2-71 e Monalisa) foram determinados nas amostras com o parâmetro a negativo, ou seja, componente verde na cor e os mais

elevados (Centennial, Heart Gold e Vineland Bush), nas amostras com o componente vermelho (a positivo) da cor.

Tabela 1 - Valores médios de cor (30 repetições) L, a, b, ângulo do tom (θ), croma no sistema Hunter e carotenóides totais ($\mu\text{g/g}$) de seis cultivares de batata-doce crua

Cultivar	L	a	b	âng.	croma	carot.
Centennial	61,5 ^a (0,83)	33,3 ^a (0,91)	31,2 ^a (0,53)	43,1 ^a (0,63)	45,6 ^a (0,94)	202,7 ^a (12,55)
SRT-252	83,7 ^d (0,94)	-4,3 ^a (0,28)	25,7 ^a (1,35)	99,6 ^a (0,63)	26,1 ^a (1,35)	2,5 ^a (0,92)
Monalisa	82,7 ^d (0,54)	-1,5 ^b (0,64)	31,4 ^a (1,42)	92,5 ^d (1,15)	31,5 ^b (1,40)	6,9 ^a (2,02)
IAC-2-71	85,9 ^a (1,31)	-3,9 ^a (0,40)	25,2 ^a (1,56)	98,8 ^a (1,08)	25,5 ^a (1,48)	2,1 ^a (0,91)
Heart Gold	66,3 ^b (2,23)	22,9 ^d (2,19)	28,2 ^b (0,50)	52,0 ^b (5,24)	36,3 ^c (1,51)	67,3 ^c (12,87)
Vineland Bush	72,6 ^c (2,23)	15,9 ^c (2,71)	27,4 ^b (1,59)	58,8 ^c (5,55)	32,7 ^b (3,42)	34,9 ^b (7,55)
DMS (5%) _m	1,6	1,6	1,3	2,8	2,0	9,1

DMS (5%) = diferença mínima significativa a nível de 5% de erro

abcde = as médias seguidas das mesmas letras, da mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si ao nível de erro de 5%

L = luminosidade

a = vermelho

-a = verde

b = amarelo

croma = $\sqrt{a^2 + b^2}$

âng. = ângulo do tom = $\text{tg}^{-1} b/a$ (a positivo)
= $\text{tg}^{-1} a/b + 90^\circ$ (a negativo)

carot. = carotenóides totais

() = os valores entre parêntesis representam os desvios padrão das médias.

As medidas de cor e carotenóides totais nos três cortes das raízes de batatas-doces estão expressos na Tabela 2. Com este procedimento visou-se uma verificação de possíveis diferenças destes parâmetros em relação a posição do corte. Não se observou diferenças significativas, à nível de 5% de erro, quanto aos componentes da cor (luminosidade, verde/vermelho e amarelo) entre os três cortes estudados, dentro de cada cultivar. O mesmo ocorreu com os valores de croma e carotenóides totais. O ângulo do tom do cultivar Vineland Bush no corte CD diferiu estatisticamente ($\alpha = 5\%$) dos cortes AB e BC, não ocorrendo essa diferença com os outros cultivares analisados.

As curvas espectrofotométricas médias dos cortes dos seis cultivares de batata-doces estão expressos nas Figuras 12 a 17. Observando-se estas curvas nota-se que os cultivares SRT-252 (Figura 12) e IAC-2-71 (Figura 13) apresentaram aumento mais abrupto das percentagens de reflexão a comprimentos de onda superiores a 440 nm com comportamento próximo ao de uma reta até o comprimento de onda ao redor de 520 nm, após o que os valores de reflexão continuaram aumentando, porém de maneira menos intensa. O mesmo tipo de comportamento ocorreu no cultivar Monalisa, porém com o ponto de início do aumento intenso à valores superiores a 460 nm e final ao redor de 540 nm. Nos cultivares que apresentaram o componente vermelho na cor (Vineland Bush, Centennial e Heart Gold), o comportamento

Figura 12: Curvas espectrofotométricas médias dos três cortes transversais de batatas-doces cruas do cultivar SRT-252.

Figura 13: Curvas espectrofotométricas médias dos três cortes transversais de batatas-doces cruas do cultivar IAC-2-71.

Figura 14: Curvas espectrofotométricas médias dos três cortes transversais de batatas-doces cruas do cultivar Monalisa.

Figura 15: Curvas espectrofotométricas médias dos três cortes transversais de batatas-doces cruas do cultivar Vineland Bush.

Figura 16: Curvas espectrofotométricas médias dos três cortes transversais de batatas-doces cruas do cultivar Centennial.

Figura 17: Curvas espectrofotométricas médias dos três cortes transversais de batatas-doces cruas do cultivar Heart Gold.

das curvas foi semelhante. O início do aumento mais abrupto de reflexão para os cultivares Vineland Bush e Heart Gold ocorreu ao redor de 520 nm e final a 600 nm. O cultivar Centennial foi o que apresentou elevação maior dos valores de percentagem de reflexão, com início no comprimento de onda ao redor de 540 até 660 nm.

Tabela 2 - Valores médios de 10 repetições dos dados de cor L, a, b, ângulo do tom (θ), croma, no sistema Hunter e carotenóides totais ($\mu\text{g/g}$) de seis cultivares de batata-doce crua

Cultivar/ Corte	L	a	b	âng.	croma	carot.
Centennial						
AB	61,3 ^a	33,7 ^a	31,3 ^a	42,9 ^a	46,0 ^a	206,1 ^a
BC	61,5 ^a	33,6 ^a	31,2 ^a	42,9 ^a	45,8 ^a	198,8 ^a
CD	61,8 ^a	32,7 ^a	31,0 ^a	43,5 ^a	45,0 ^a	203,2 ^a
DMS (5%)	1,5	1,4	0,9	1,0	1,5	22,1
SRT-252						
AB	83,1 ^a	-4,2 ^a	26,0 ^a	99,2 ^a	26,3 ^a	2,6 ^a
BC	84,0 ^a	-4,5 ^a	25,4 ^a	100,0 ^a	25,8 ^a	2,3 ^a
CD	83,9 ^a	-4,3 ^a	25,7 ^a	99,6 ^a	26,1 ^a	2,4 ^a
DMS (5%)	1,6	0,5	2,4	1,0	2,4	2,1
Monalisa						
AB	82,9 ^a	-1,6 ^a	31,2 ^a	92,5 ^a	31,3 ^a	6,8 ^a
BC	82,8 ^a	-1,5 ^a	32,2 ^a	92,7 ^a	32,2 ^a	6,4 ^a
CD	82,6 ^a	-1,3 ^a	30,8 ^a	92,4 ^a	30,9 ^a	7,1 ^a
DMS (5%)	1,3	1,1	2,3	2,1	2,3	3,6

- Continuação da Tabela 2 -

Cultivar/ Corte	L	a	b	âng.	croma	carot.
<hr/>						
IAC-2-71						
AB	85,5 ^a	-3,7 ^a	24,8 ^a	98,4 ^a	25,1 ^a	2,0 ^a
BC	85,8 ^a	-3,8 ^a	24,9 ^a	98,7 ^a	25,2 ^a	2,5 ^a
CD	86,4 ^a	-4,2 ^a	25,9 ^a	99,2 ^a	26,3 ^a	1,9 ^a
DMS (5%)	2,3	0,6	2,6	1,9	2,5	1,6
<hr/>						
Heart Gold						
AB	66,8 ^a	22,7 ^a	28,3 ^a	51,3 ^a	36,3 ^a	63,0 ^a
BC	66,7 ^a	22,6 ^a	28,0 ^a	50,8 ^a	36,0 ^a	67,8 ^a
CD	65,6 ^a	23,3 ^a	28,3 ^a	50,5 ^a	36,7 ^a	71,1 ^a
DMS (5%)	3,9	4,0	0,9	5,1	2,7	22,6
<hr/>						
Vineland Bush						
AB	71,9 ^a	17,3 ^a	27,1 ^a	53,8 ^a	34,9 ^a	39,2 ^a
BC	72,5 ^a	15,9 ^a	27,5 ^a	60,0 ^a	31,9 ^a	34,5 ^a
CD	73,4 ^a	14,4 ^a	27,6 ^a	62,7 ^b	31,2 ^a	30,9 ^a
DMS (5%)	3,4	4,4	2,8	7,3	5,5	12,2

DMS (5%) = diferença mínima significativa a nível de 5% de erro

^a^b = as médias seguidas das mesmas letras, da mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si ao nível de erro de 5%

L = luminosidade

a = vermelho

-a = verde

b = amarelo

croma = $\sqrt{a^2 + b^2}$

âng. = ângulo do tom

carot. = carotenóides totais

5.1.2 - BATATA-DOCE COZIDA

Os dados obtidos dos parâmetros de cor e carotenóides totais de batatas-doces cozidas estão expressos na Tabela 3. Observando-se as Tabelas 1 e 3 podemos verificar que com o cozimento destas houve diminuição dos valores de luminosidade (L Hunter), vermelho (a Hunter), amarelo (b Hunter) e aumento dos valores de verde (-a Hunter) em relação às batatas cruas. Com relação à luminosidade, os pares de cultivares Centennial e Heart Gold, SRT-252 e Monalisa não diferiram estatisticamente entre si a nível de 5% de erro. Quanto ao vermelho (+a) e verde (-a), os cultivares SRT-252, Monalisa, IAC-2-71 não diferiram estatisticamente entre si o mesmo ocorrendo com o par Heart Gold e Vineland Bush. Quanto aos teores de amarelo (+b), os pares de cultivares Centennial e IAC-2-71, IAC-2-71 e Heart Gold, Monalisa e Vineland Bush não diferiram entre si. Em decorrência das alterações dos valores de a Hunter e b Hunter da batata-doce cozida em relação à crua, os valores de ângulo de tom e croma também variaram. Observou-se (Tabela 3) pequena diminuição dos teores de carotenóides totais em decorrência do cozimento ao qual as batatas-doces foram submetidas. Da mesma maneira que nas raízes cruas (Tabela 1), os valores de carotenóides totais dos cultivares SRT-252, Monalisa e IAC-2-71 não diferiram estatisticamente entre si (Tabela 3).

Tabela 3 - Valores médios de cor (30 repetições) L, a, b, ângulo do tom (θ), croma no sistema Hunter e carotenóides totais ($\mu\text{g/g}$) de seis cultivares de batata-doce cozida

Cultivar	L	a	b	âng.	croma	carot.
Centennial	49,5 ^a (1,25)	23,4 ^c (1,41)	25,9 ^c (0,80)	48,0 ^a (1,59)	35,1 ^d (1,07)	194,1 ^d (16,25)
SRT-252	62,2 ^c (3,31)	-5,6 ^a (0,81)	20,6 ^a (2,49)	105,3 ^a (1,56)	21,4 ^a (2,56)	2,0 ^a (0,63)
Monalisa	63,7 ^c (2,13)	-4,7 ^a (0,65)	29,6 ^d (1,33)	99,0 ^d (1,25)	30,0 ^c (1,33)	5,3 ^a (1,97)
IAC-2-71	72,9 ^d (4,45)	-5,7 ^a (0,62)	24,2 ^b (2,37)	103,4 ^a (1,37)	24,9 ^b (2,41)	2,0 ^a (0,68)
Heart Gold	46,8 ^a (2,84)	13,1 ^b (2,88)	23,0 ^b (1,61)	60,7 ^c (4,48)	26,6 ^b (2,64)	61,8 ^c (11,41)
Vineland Bush	54,5 ^b (2,75)	11,5 ^b (2,25)	27,9 ^d (1,23)	67,7 ^c (4,47)	30,3 ^c (1,05)	30,8 ^b (7,92)
DMS (5%)	3,2	1,8	1,9	3,0	2,1	9,4

DMS (5%) = diferença mínima significativa a nível de 5% de erro

abcde = as médias seguidas das mesmas letras, da mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si ao nível de erro de 5%

L = luminosidade

a = vermelho

-a = verde

b = amarelo

croma = $\sqrt{a^2 + b^2}$

âng. = ângulo do tom

carot. = carotenóides totais

() = os valores entre parêntesis representam os desvios padrão das médias.

Pelos dados obtidos dentro de cada cultivar estudado (Tabela 4), não houve diferença significativa ao nível de 5% de erro entre os três cortes, AB, BC e CD quanto aos parâmetros de cor e carotenóides totais das batatas-doces cozidas.

As curvas espectrofotométricas médias das batatas-doces cozidas estão expressas nas Figuras 18 a 23. Podendo-se observar que as curvas de reflexão das amostras cozidas tiveram comportamento semelhante ao das batatas-doces cruas (Figuras 12 a 17). As principais diferenças residiram nas percentagens de reflexão que foram inferiores nas batatas-doces cozidas.

Devido a não existência de diferença significativa entre os 3 cortes das batatas-doces tanto cruas como cozidas, estudou-se a significância das diferenças entre a cor medida das batatas-doces cruas e cozidas dentro de cada cultivar (Tabela 5).

Figura 18: Curvas espectrofotométricas médias dos três cortes transversais de batatas-doces cozidas do cultivar SRT-252.

Figura 19: Curvas espectrofotométricas médias dos três cortes transversais de batatas-doces cozidas do cultivar IAC-2-71.

Figura 20: Curvas espectrofotométricas médias dos três cortes transversais de batatas-doces cozidas do cultivar Monalisa.

Figura 21: Curvas espectrofotométricas médias dos três cortes transversais de batatas-doces cozidas do cultivar Vineland Bush.

Figura 22: Curvas espectrofotométricas médias dos três cortes transversais de batatas-doces cozidas do cultivar Centennial.

Figura 23: Curvas espectrofotométricas médias dos três cortes transversais de batatas-doces cozidas do cultivar Heart Gold.

Tabela 4 - Valores médios de 10 repetições dos dados de cor L, a, b, ângulo do tom (θ), croma, no sistema Hunter e carotenóides totais ($\mu\text{g/g}$) de seis cultivares de batata-doce cozida

Cultivar/ Corte	L	a	b	ang.	chroma	carot.
Centennial						
AB	50,1 ^a	23,0 ^a	25,8 ^a	48,7 ^a	35,2 ^a	202,0 ^a
BC	49,5 ^a	24,3 ^a	25,9 ^a	46,9 ^a	35,5 ^a	192,9 ^a
CD	48,9 ^a	23,0 ^a	26,0 ^a	48,4 ^a	34,7 ^a	187,6 ^a
DMS (5%)	2,1	2,3	1,5	2,5	1,9	27,4
SRT-252						
AB	62,7 ^a	-5,7 ^a	20,8 ^a	105,3 ^a	21,6 ^a	1,9 ^a
BC	63,0 ^a	-5,5 ^a	21,0 ^a	104,8 ^a	21,7 ^a	2,0 ^a
CD	61,0 ^a	-5,7 ^a	20,1 ^a	105,8 ^a	20,9 ^a	2,1 ^a
DMS (5%)	5,8	1,5	4,5	2,7	4,6	1,1
Monalisa						
AB	63,5 ^a	-4,6 ^a	29,5 ^a	98,8 ^a	29,9 ^a	4,8 ^a
BC	64,4 ^a	-4,5 ^a	30,0 ^a	98,5 ^a	30,3 ^a	5,1 ^a
CD	63,1 ^a	-5,0 ^a	29,4 ^a	99,6 ^a	29,8 ^a	6,0 ^a
DMS (5%)	3,7	1,1	2,4	2,1	2,4	3,5
IAC-2-71						
AB	73,3 ^a	-5,6 ^a	23,5 ^a	103,5 ^a	24,2 ^a	2,3 ^a
BC	71,6 ^a	-5,4 ^a	23,5 ^a	103,7 ^a	24,1 ^a	2,2 ^a
CD	73,8 ^a	-6,0 ^a	25,5 ^a	103,1 ^a	26,2 ^a	1,6 ^a
DMS (5%)	7,9	1,0	3,9	2,5	4,0	1,1

- Continuação da Tabela 4 -

Cultivar/ Corte	L	a	b	âng.	croma	carot.
Heart Gold						
AB	47,0 ^a	12,7 ^a	23,1 ^a	61,5 ^a	26,4 ^a	61,0 ^a
BC	47,0 ^a	13,6 ^a	23,3 ^a	60,3 ^a	27,1 ^a	59,3 ^a
CD	46,3 ^a	13,1 ^a	22,7 ^a	60,4 ^a	26,2 ^a	65,1 ^a
DMS (5%)	5,1	5,2	2,9	8,1	4,7	20,3
Vineland Bush						
AB	52,7 ^a	11,7 ^a	27,1 ^a	66,7 ^a	29,7 ^a	33,7 ^a
BC	54,7 ^a	12,6 ^a	28,3 ^a	66,0 ^a	31,0 ^a	31,9 ^a
CD	56,1 ^a	10,2 ^a	28,3 ^a	70,3 ^a	30,2 ^a	26,8 ^a
DMS (5%)	4,2	3,6	2,0	7,3	1,6	13,3

DMS (5%) = diferença mínima significativa a nível de 5% de erro

^ab = as médias seguidas das mesmas letras, na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si ao nível de erro de 5%

L = luminosidade

a = vermelho

-a = verde

b = amarelo

croma = $\sqrt{a^2 + b^2}$

âng. = ângulo do tom

carot. = carotenóides totais

Tabela 5 - Análise de variância dos valores de cor e carotenóides totais de seis cultivares de batatas-doces cruas e cozidas

Cultivar	trat.	L	a	b	ângulo	croma	carot.
Centennial	cru	61,5 ^a	33,3 ^a	31,2 ^a	43,1 ^a	45,6 ^a	202,7 ^a
	coz.	49,5 ^b	23,4 ^b	25,9 ^b	48,0 ^b	35,1 ^b	194,2 ^a
	DMS	1,0	1,5	0,2	1,7	1,0	13,1
SRT-252	cru	83,7 ^a	-4,3 ^a	25,7 ^a	99,6 ^a	26,1 ^a	2,5 ^a
	coz.	62,2 ^b	-5,6 ^b	20,6 ^b	105,3 ^b	21,4 ^b	2,0 ^b
	DMS	1,9	0,3	0,9	1,1	0,8	0,3
Monalisa	cru	82,8 ^a	-1,5 ^a	31,4 ^a	92,5 ^a	31,5 ^a	6,8 ^a
	coz.	63,7 ^b	-4,7 ^b	29,6 ^b	99,0 ^b	30,0 ^b	5,3 ^b
	DMS	1,1	0,5	1,3	1,0	1,2	1,1
IAC-2-71	cru	85,9 ^a	-3,9 ^a	25,2 ^a	98,8 ^a	25,5 ^a	2,1 ^a
	coz.	72,9 ^b	-5,7 ^b	24,2 ^a	103,4 ^b	24,8 ^a	2,0 ^a
	DMS	2,0	0,6	2,1	0,7	2,2	0,8
Heart	cru	66,3 ^a	22,9 ^a	28,2 ^a	52,0 ^a	36,3 ^a	67,3 ^a
Gold	coz.	46,8 ^b	13,1 ^b	23,0 ^b	60,7 ^b	26,6 ^b	61,8 ^a
	DMS	1,2	1,0	0,6	1,2	0,9	8,1
Vineland	cru	72,6 ^a	15,9 ^a	27,4 ^a	58,8 ^a	32,7 ^a	34,9 ^a
Bush	coz.	54,5 ^b	11,5 ^b	27,9 ^a	67,7 ^b	30,3 ^a	30,8 ^a
	DMS	3,0	3,0	1,2	8,2	3,3	8,7

trat. = tratamento

carot. = carotenóides totais

coz. = cozido

DMS = diferença média significativa a nível de 5%

^a^b = as médias seguidas das mesmas letras, da mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de erro.

Com relação aos valores de cor (Tabela 5), observou-se que houve diminuição significativa dos parâmetros de luminosidade (L) e vermelho (+a) com o cozimento. Houve ainda um aumento no teor de verde (-a) e no ângulo do tom. O parâmetro b (amarelo) e croma diminuíram pelo cozimento nos cultivares Centennial, SRT-252, Monalisa e Heat Gold. Já os cultivares IAC 2-71 e Vineland Bush não apresentaram diferença significativa.

Quanto aos carotenóides totais, apenas os cultivares SRT-252 e Monalisa apresentaram diminuição significativa devido ao cozimento (Tabela 5).

Foram realizadas correlações simples e múltiplas dos valores encontrados para carotenóides totais e os diversos parâmetros de cor, tanto das batatas-doces cruas quanto cozidas, sendo que os resultados estão expressos na Tabela 6.

Os valores dos coeficientes de correlação entre os teores de carotenóides totais e os valores de luminosidade (L) e ângulo do tom (θ) foram negativos significando correlação inversa, tanto nas batatas-doces cruas como cozidas (Tabela 6). Nas batatas-doces cozidas os melhores coeficientes de correlação foram obtidos em relação ao "La" (0,9052) e "Lab" (0,9096). Uma vez que a inclusão do terceiro parâmetro (b) na correlação não melhorou o coeficiente significativamente ao nível de 5% de erro,

optou-se pela relação com "La", cuja equação de regressão é dada por:

$$1) \text{ Carotenóides totais } (\mu\text{g/g}) = -170,09 + 3,08 L + 7,45 a$$

$$R^2 = 0,8194$$

Os valores estimados de carotenóides totais nas batatas-doces cozidas calculados pela equação (1) foram:

cultivar	carotenóides totais ($\mu\text{g/g}$)		
	valor real	valor estimado	fator de erro
Centennial	194,2	156,7	1,2
SRT-252	2,0	20,2	0,1
Monalisa	5,3	8,9	0,6
IAC-2-71	2,0	12,0	0,17
Heart Gold	61,8	71,6	0,86
Vineland Bush	30,8	83,5	0,37

fator de erro = valor real $\div$ valor estimado.

Pelos valores dos dados estimados e dos fatores de erro, observou-se que o uso da equação (1) com os parâmetros de cor de batata-doce cozida não foi adequado para estimação dos teores de carotenóides totais.

Tabela 6 - Correlações simples e múltiplas da média de 30 valores de carotenóides totais versus os parâmetros de cor das batatas-doces cruas e cozidas de seis cultivares distintos

Parâmetros de cor	carotenóides	
	batata-doce cozida	batata-doce crua
L	-0,6711	-0,8770
a	0,8830	0,8757
b	0,0562	0,5699
La	0,9052	0,9056
Lb	0,6818	0,8705
ab	0,8832	0,9075
Lab	0,9096	0,9184
ângulo do tom	-0,8383	-0,8117
croma	0,7503	0,9504

Nas batatas cruas, os coeficientes de correlação (Tabela 6) foram maiores com "La" (0,9056), "Lab" (0,9184) e o croma ou intensidade de cor (0,9504). As equações de regressão das relações entre carotenóides totais e croma e Lab são:

2) Carotenóides

$$\text{totais } (\mu\text{g/g}) = - 993,2 + 10,5 L + 10,6 a + + 5,2 b$$

$$R^2 = 0,8435$$

3) Carotenóides totais $(\mu\text{g/g}) = - 273,5 + 9,9 \text{ Croma}$

$$R^2 = 0,9030$$

Os dados estimativos dos teores de carotenóides totais calculados a partir dos dados de cor das batatas cruas, com base nas equações (2) e (3) foram:

Cultivar	Teor carot.	valor eq. (2)	fator de erro	valor eq. (3)	fator de erro
Centennial	202,7	167,8	1,21	177,9	1,14
SRT-252	2,5	26,3	0,09	15,1	0,17
Monalisa	6,8	23,6	0,29	38,4	0,18
IAC-2-71	2,1	1,6	1,31	21,1	0,10
Heart Gold	67,3	92,3	0,73	85,9	0,78
Vineland Bush	34,9	80,1	0,44	50,2	0,70

Teor carot. = teor de carotenóides totais ($\mu\text{g/g}$)

valor eq. = valor estimado pela equação

fator de erro = valor real $\div$ valor estimado

Pelos dados acima verificou-se que as equações (2) e (3) usando os dados de medição de cor não estimaram de maneira conveniente o teor de carotenóides. Tentou-se então a utilização do logaritmo neperiano dos valores de carotenóides totais (Tabela 7).

Tabela 7 - Correlações simples e múltiplas dos logaritmos neperianos dos valores de carotenóides totais e dos parâmetros de cor de seis cultivares de batatas-doces cruas e cozidas

Parâmetros de cor	logaritmo neperiano (carotenóides)	
	batata-doce crua	batata-doce cozida
L	- 0,9846	- 0,8982
a	0,9858	0,9826
b	0,5908	0,2061
La	0,9849	0,9870
Lb	0,9925	0,9255
ab	0,9938	0,9848
Lab	0,9944	0,9936
ângulo do tom	- 0,9831	- 0,9905
croma	0,9443	0,7613

Observou-se pela Tabela 7 valores elevados de coeficientes de correlação entre o $\ln C$ e os dados de cor, excetuando-se a correlação de $\ln C$ com b Hunter na batata-doce crua e com L , b e croma na cozida.

A contribuição de cada fator das correlações múltiplas foi estimada pela técnica Backwise ou "step wise" (19) onde $\ln (\text{carotenóides}) = f (L, a, b)$.

Os dados para a batata-doce crua estão apresentados a seguir sendo F o valor da estatística do teste de significância da contribuição dos respectivos parâmetros.

Contribuição de $L = 0,0700$
 $F = 1,7500$ (não significativa)

Contribuição de $a = 0,2000$
 $F = 5,0000$ ($\alpha = 5\%$)

Contribuição de $b = 0,8100$
 $F = 20,2500$ ($\alpha = 1\%$)

Testou-se a função $\ln(\text{carotenóides}) = f(a, b)$ onde :

Contribuição de $a = 33,6700$
 $F = 841,7500$ ($\alpha = 1\%$)

Contribuição de $b = 0,9000$
 $F = 22,5000$ ($\alpha = 1\%$)

Neste caso, a equação para estimar carotenóides totais foi:

4) Carotenóides totais ($\mu\text{g/g}$) = $e^{(-1,2081 + 0,1075 a + 0,1013 b)}$
 sendo $e = 2,7183$

Os valores estimados de carotenóides totais nas batatas-doces cruas calculadas pela equação foram :

Cultivar	valor real	valor eq. (4)	fator de erro
Centennial	202,7	253,4	0,80
SRT-252	2,5	2,5	1,00
Monalisa	6,8	6,1	1,11
IAC-2-71	2,1	2,5	0,84
Heart Gold	67,3	61,3	1,10
Vineland Bush	34,9	26,7	1,31

valor eq. 4 = valor estimado pela equação 4.

fator de erro = valor real $\div$ valor estimado.

Para a batata-doce cozida aplicou-se a técnica de back wise (19) para teste de $\ln$ (carotenóides) = $f(L, a, b)$ obtendo-se:

Contribuição de L = 0,7700

$F = 15,4000$ ($\alpha = 1\%$)

Contribuição de a = 7,1700

$F = 143,40$ ($\alpha = 1\%$)

Contribuição de b = 0.7300

$F = 14.6000$ ($\alpha = 1\%$)

Observou-se que a contribuição das 3 variáveis foi significativa, sendo a equação para estimativa do teor de carotenóides totais na batata-doce cozida:

5) Carotenóides

$$\text{totais } (\mu\text{g/g}) = e (3,1074 - 0,0476L + 0,1164 a + 0,0667 b)$$

Os valores estimados de carotenóides totais nas batatas-doces cozidas calculados pela equação (5) foram:

Cultivar	valor real	valor eq. (5)	fator de erro
Centennial	194,2	181,2	1,07
SRT-252	2,0	2,4	0,83
Monalisa	5,3	4,5	1,18
IAC-2-71	2,0	1,8	1,11
Heart Gold	61,8	50,9	1,21
Vineland Bush	30,8	41,2	0,75

valor eq. 5 = valor estimado pela equação 5.

fator de erro = valor real ÷ valor estimado.

5.2. ANÁLISE DOS CAROTENOIDES INDIVIDUAIS E VALOR PRO-VITAMINICO A DE ALGUNS CULTIVARES DE BATATA-DOCE

Em trabalhos prévios (3,6,7) foram encontrados na batata-doce comercializada na CEAGESP de São Paulo os seguintes carotenóides: 5,6,5',6'-diepóxi- β -caroteno; 5,6-epóxi- β -caroteno; β -caroteno; luteocromo; α -zeacaroteno; neurosporeno e dzeta-caroteno.

No presente trabalho foram identificados em dez cultivares de batatas-doces os seguintes carotenóides: 5,6,5',6'-diepóxi- β -caroteno; 5,6-monoepóxi- β -caroteno; β -caroteno; α -zeacaroteno; β -zeacaroteno; luteocromo e aurocromo. As características dos diferentes carotenóides estão expressos na Tabela 8.

As estruturas dos carotenóides presentes nas batatas-doces encontram-se na Figura 24 e seus espectros de absorção nas Figuras 25 a 31.

O β -caroteno tem sido apresentado como principal pigmento das raízes de batatas-doces (36). Alguns autores como CHANDLER & SCHWARTZ (17), MARTIN (54), PURCEL & WALTER Jr.(66) apontaram o β -caroteno como principal pigmento de batatas-doces dos cultivares americanos Jewel, Goldrush e Centennial, além dos diversos cultivares de Porto Rico

Tabela 8 : Características dos carotenóides encontrados em diferentes cultivares de batatas-doces (*Ipomoea batatas* Lam.)

Carotenóides	absorção em éter de petróleo (nm)			reações químicas
5,6,5',6'-monoepoxi- β -caroteno	415	438	468	teste epoxi +
5,6-mono-epoxi- β -caroteno	419	442	471	teste epoxi +
β -caroteno	(425)	448	476	teste epoxi -
luteocromo	398	421	448	teste epoxi +
α -zeacaroteno	403	424	449	teste epoxi -
β -zeacaroteno	404	425	451	teste epoxi -
aurocromo	379	400	425	teste epoxi +

A estrutura do 5,6,5',6'-diepóxi- β -caroteno foi confirmada por ALMEIDA et al (6) em 1988, através de espectro UV/visível, HPLC e CD indicando a quiralidade 5R,6S,5'R,6'S.

O luteocromo foi isolado pela primeira vez como carotenóide natural em batatas-doces brasileiras por ALMEIDA et al (7) em 1986. Neste mesmo trabalho, através de técnicas como HPLC, ^1H NMR e CD, determinou-se que o pigmento consistia numa mistura de (5R,6S,5R,8'R) e (5R,6S,5'R,8'S)-luteocromos. GOODWIN & BRITTON (38) citaram o mesmo trabalho como tendo sido o primeiro exemplo a provar a ocorrência de um 5,6 epóxi-carotenóide opticamente ativo.

5,5',5'',5'''-diepoxido - β - caroteno 5,5'-monoepoxi - β - caroteno β - caroteno

luteochrome

α - zeacaroteno β - zeacaroteno

aurochrome

Figura 24: Estrutura e química dos carotenóides encontrados em diversos cultivares de batatas-doces (*Ipomoea batatas* Lam.)

Figura 25: Espectro de absorção da fração 1, identificada como 5,6,5',6'-diepoxi- β -caroteno, em éter de petróleo.

Figura 26: Espectro de absorção da fração 2, identificada como 5,6,monoepóxi- β -caroteno, em éter de petróleo.

Figura 27: Espectro de absorção da fração 3, identificada como β -caroteno, em éter de petróleo.

Figura 28: Espectro de absorção da fração 4, identificada como luteocromo em éter de petróleo.

Figura 29: Espectro de absorção da fração 5A, identificada como alfa-zeacaroteno, em éter de petróleo.

Figura 30: Espectro de absorção da fração 5B, identificada como β -zeacaroteno, em éter de petróleo.

Figura 31: Espectro de absorção da fração 6, identificada como aurocromo, em éter de petróleo.

O β -zeacaroteno, cujas características estão expressas na Tabela 8, não havia sido encontrado nas batatas-doces provenientes da CEAGESP (3). O teste para isômeros cis-trans indicou ser o isômero trans. MARTIN (54) em Porto Rico também encontrou esse pigmento em batata-doce.

O aurocromo também não apareceu na composição da batata-doce da CEAGESP (3). No entanto, seu espectro de absorção foi idêntico ao do dzeta-caroteno sendo o teste para epóxidos, na cromatografia em camada delgada, positivo. A posição dele na coluna também indica ser um carotenóide mais polar que o dzeta-caroteno. MARTIN (54) cita a presença do dzeta-caroteno na composição dos carotenóides de batatas-doces de Porto Rico. Já PURCELL & WALTER Jr (66) citam a presença do aurocromo na composição da batata-doce Centennial.

Com os dados quantitativos obtidos (Tabela 9) podemos observar que a batata-doce que apresentou maior teor de carotenóides foi o cultivar Acadian, seguido pelo Centennial e Heart Gold.

De todas as batatas-doces analisadas a que apresenta maior número de dados da literatura é a Centennial (21;41;50;64;66;70;77). Os valores de carotenóides totais apresentados pelos autores anteriormente citados variaram de 9,69 - 20,25 mg/100g. O valor por nós encontrado (Tabela 9) foi de 16,9 mg/100g, portanto semelhante aos descritos pela

Tabela 9: Teores de carotenóides de dez cultivares de batatas-doces cruas procedentes do Instituto Agronômico de Campinas e EMBRAPA, expressos em $\mu\text{g/g}$.

Carotenóide	5,6,5',6'- diepóxi- β - caroteno	5,6-monoe- póxi- β -ca- roteno	β -caro- teno	luteo- cromo	α -zea- caroteno	β -zea- caroteno	aurocromo
Cultivar							
Monalisa	0,56	0,15	0,40	1,55	0,48	-	0,91
Centennial	4,59	8,32	148,81	1,48	-	3,43	2,55
Clone CNPH	1,15	0,57	4,87	2,90	0,62	-	-
Heart Gold	2,02	2,64	51,79	2,35	-	2,08	1,46
Anápolis	0,31	0,64	14,24	0,81	-	0,66	0,71
Acadian	3,05	5,77	218,15	4,92	-	2,24	1,72
Morada Inta	0,23	0,29	10,61	0,62	0,48	-	-
IAC-2-71	0,23	0,06	0,02	0,77	0,19	-	0,68
SRT-252	0,41	0,18	0,08	0,92	0,27	-	0,80
Vineland Bush	2,70	2,03	22,60	2,40	0,93	-	2,13

médias de no mínimo três determinações.

literatura. PURCELL & WALTER Jr.(66) citam que dos carotenóides totais da batata-doce Centennial, 86,35% foi de β -caroteno; 1,05% de 5,6-monoepóxi- β -caroteno; 0,21% de luteocromo; 0,05% de 5,6,5',6'-diepóxi- β -caroteno e 0,05% de aurocromo. Em nosso trabalho obtivemos a seguinte proporção: 88% de β -caroteno; 5% de 5,6-monoepóxi- β -caroteno; 3% de 5,6,5',6'-diepóxi- β -caroteno; 2% de β -zeacaroteno; 1% de aurocromo e 1% de luteocromo.

No cultivar Monalisa (Tabela 9), o carotenóide principal foi o luteocromo (38%) seguido pelo aurocromo (22%); 5,6,5',6'-diepóxi- β -caroteno (14%) ; α -zeacaroteno (12%); β -caroteno (10%) e 5,6-monoepóxi- β -caroteno (4%).

O clone CNPH (Tabela 9) apresentou o β -caroteno como carotenóide principal (48%), seguido do luteocromo (29%); 5,6,5',6'-diepóxi- β -caroteno (11%); α -zeacaroteno (6%) e 5,6-monoepóxi- β - caroteno (6%).

O cultivar Heart Gold também apresentou o β -caroteno como principal pigmento (Tabela 9) correspondendo a 83% de todos os carotenóides. Os demais apareceram nas proporções: 5,6-monoepóxi- β -caroteno (4%); luteocromo (4%); β -zeacaroteno (4%); 5,6,5',6'-diepóxi- β -caroteno (3%) e aurocromo (2%).

A batata-doce Anápolis teve um comportamento semelhante ao do cultivar Heart Gold apresentando o β -caroteno como carotenóide principal (Tabela 9) numa proporção de 82%,

sendo que os demais apareceram na ordem de 4% (luteocromo, β -zeacaroteno, 5,6-monoepóxi- β -caroteno) e 2% de 5,6,5',6'-diepóxi- β -caroteno.

O cultivar Acadian foi o que apresentou maior proporção de β -caroteno: 93% (Tabela 9). Os demais pigmentos apareceram em concentrações muito baixas: luteocromo e 5,6-monoepóxi- β -caroteno (2%); β -zeacaroteno, aurocromo e 5,6,5',6'-diepóxi- β -caroteno (1%).

A batata-doce Morada Inta também teve uma porcentagem alta de β -caroteno: 87% (Tabela 9). Os demais carotenóides apareceram nas proporções: luteocromo (5%); α -zeacaroteno (4%); 5,6,5',6'-diepóxi- β -caroteno (2%) e 5,6-monoepóxi- β -caroteno (2%).

Dos carotenóides encontrados os únicos que possuem atividade pró-vitâmica A são o 5,6-monoepóxi- β -caroteno com 21% de atividade, o β -caroteno com 100% e o β -zeacaroteno com 25%. A Tabela 10 mostra os valores de atividade pró-vitâmica A de diversos cultivares de batatas-doces, utilizando-se para o cálculo os três carotenóides acima mencionados. Podemos visualizar que a batata-doce mais rica em termos de vitamina A foi a Acadian, seguida da Centennial e Heart Gold (Tabela 10).

GODDARD & MATTHEWS (33) citam o valor de 3.695 UI/100g para a batata-doce Centennial, dado este obtido pelo USDA.

Em nosso trabalho verificamos valores bem maiores (25.236 UI/100g).

Podemos ainda verificar a diferença entre os valores citados pelas Tabelas de Composição de Alimentos: 300 eq. retinol/100g (31) e 250 (30), sendo que nossos resultados variaram de 1 a 3.703 conforme o cultivar.

Tabela 10 : Atividade pró-vitâmica A de dez cultivares de batatas-doces cruas expressos em equivalentes de retinol e em unidades internacionais

Cultivar	eq.retinol/100g	UI/100g
Monalisa	8	72
Centennial	2.578	25.236
Clone CNPH	45	832
Heart Gold	903	8.811
Anápolis	248	2.424
Acadian	3.703	36.653
Morada Inta	297	2.954
IAC-2-71	1	5
SRT-252	3	20
Vineland Bush	394	3.838

5.3 - ALTERAÇÕES NO TEOR DE β -CAROTENO E VITAMINA A PELO COZIMENTO DE BATATAS-DOCES

Cinco cultivares de batatas-doces foram analisadas quanto aos teores de β -caroteno das raízes cruas e cozidas. Os valores obtidos estão expressos na Tabela 11. Os cultivares foram escolhidos dentre os que apresentaram maior atividade pró-vitâmica A, sendo que os três primeiros (Tabela 9) possuíam porcentagens acima de 80% em sua composição.

Em resultados anteriores (3) com amostras de batatas-doces do CEAGESP obteve-se uma perda de 26% de β -caroteno com o mesmo tipo de cozimento. Ao observarmos a Tabela 11 podemos notar que não houve uma homogeneidade nos valores de perda de β -caroteno sendo que a batata-doce com menor perda foi a Acadian com 4,5% seguida pela Heart Gold com 6,2%. Podemos ainda visualizar a diminuição do β -caroteno como pró-vitamina A na Tabela 12.

Uma vez que a batata-doce é consumida cozida, podemos verificar que a ingestão diária de vitamina A recomendada pelo NAS-NRC (56) de 1.000 equivalentes de retinol para homens, seria atingida com um consumo de 50g da batata-doce Centennial, 159g da Heart Gold, 510g da Vineland bush, 25g da Acadian e 20 kg da Monalisa.

Tabela 11 : Teores de β -caroteno de alguns cultivares de batatas-doces cruas e cozidas

Cultivar	valores médios de β -caroteno		% perda β -carot.
	raiz crua	raiz cozida	
Acadian	252,71	241,26	4,5%
Centennial	150,30	119,86	20,3%
Heart Gold	40,33	37,82	6,2%
Vineland Bush	14,31	11,76	17,8%
Monalisa	0,47	0,27	42,6%

médias de no mínimo 3 determinações.

Tabela 12: Atividade pró-vitâmica A de alguns cultivares de batatas-doces cruas e cozidas expressas em equivalentes de retinol e unidades internacionais

Cultivar	eq. retinol/100g		UI/100g	
	crua	cozida	crua	cozida
Centennial	2.505	1.998	25.050	19.977
Heart Gold	672	630	6.722	6.303
Vineland Bush	239	196	2.385	1.960
Monalisa	8	5	78	45
Acadian	4.212	4.021	42.120	40.210

5.4 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DE BATATAS-DOCES

A composição centesimal de dez cultivares de batatas-doces foi determinada com o intuito de obtenção de dados que possam contribuir na elaboração de uma Tabela Nacional de Composição de Alimentos.

Os resultados obtidos (Tabela 13) variaram conforme o cultivar. Comparando-os com os dados obtidos com batatas-doces procedentes da CEAGESP (2) podemos notar que os valores de umidade na sua maioria foram maiores que o valor 62,97% encontrado anteriormente. O mesmo acontecendo com os valores de proteínas cujo resultado foi de 1,44%. Já os valores de cinzas todos foram maiores que 0,74% do trabalho anterior. Quanto a gordura, todos os cultivares analisados apresentaram valores inferiores ao 1,44% das batatas-doces da CEAGESP.

As Tabelas de Composição de Alimentos do ENDEF (31) apresenta os seguintes valores para a batata-doce crua: umidade 68,90%, cinzas 0,90%, gordura 0,30%, proteínas 1,30% e carboidratos totais 29,50%. Nesta Tabela não é citado qual o(s) cultivar(es) estudados.

A Tabela de Composição de FRANCO (30) cita os valores de 0,10% para lipídeos, 1,90% para proteínas e 20% de glicídios para a batata-doce branca crua. Para a batata-doce

amarela crua os resultados foram: 1,31% de proteínas, 0,78% de lipídeos e 28,31% de glicídios.

ORLANDI (58) obteve os seguintes resultados para a composição centesimal da batata-doce branca crua da região de São Paulo: 59,80% de umidade, 0,62% de cinzas, 0,34% de gordura, 2,53% de proteínas e 36,71% de carboidratos totais. Para a batata-doce amarela a mesma autora obteve: 62% de umidade; 0,87% de cinzas; 0,56% de gordura; 2,97% de proteínas e 33,60% de carboidratos totais.

Nossos resultados com relação a umidade são superiores aos dos demais autores provavelmente pelo fato de termos utilizado raízes recém colhidas.

Tabela 13: Composição centesimal das batatas-doces cruas procedentes do Instituto Agronômico de Campinas e da EMBRAPA, expressa em porcentagem.

Cultivar	Umidade	Cinzas	Proteínas	Gordura	Carb. Tot.
Centennial	72,22	1,09	2,47	0,30	23,92
Monalisa	64,27	1,20	1,60	0,15	32,78
SRT-252	65,21	1,00	1,56	0,20	32,03
IAC-2-71	61,28	1,13	2,24	0,14	35,21
clone CNPH	70,41	3,44	1,30	0,24	27,21
Vineland Bush	63,24	3,06	2,01	0,03	31,66
Heart Gold	74,63	4,49	2,26	0,30	18,32
Acadian	74,67	5,19	2,21	0,32	17,61
Morada Inta	65,08	2,82	1,30	0,36	30,44
Anápolis	61,43	2,71	1,98	0,42	33,46

médias de no mínimo três determinações.

Carb. Tot. = carboidratos totais.

6 - CONCLUSÕES

6.1 - Os principais carotenóides encontrados em dez cultivares de batatas-doces foram : 5,6,5',6'-diepóxi- β -caroteno; ; 5,6-monoepóxi- β -caroteno; β -caroteno; luteocromo; α -zeacaroteno; β -zeacaroteno e aurocromo

6.2 - O β -caroteno foi o principal pigmento em sete dos dez cultivares analisados (Centennial, Heart Gold, Anápolis, Acadian, Morada Inta, Vineland Bush e clone CNPH). O luteocromo foi o principal pigmento nos três cultivares restantes (IAC-2-71, SRT-252 e Monalisa)

6.3 - O valor pró-vitâmico A diminuiu de 4.5 a 42.6% com o cozimento, conforme o cultivar

6.4 - O cozimento das batatas-doces determinaram uma diminuição significativa nos parâmetros de cor L Hunter (luminosidade) e +a Hunter (vermelho), enquanto o -a Hunter (verde) e ângulo do tom aumentaram. Os cultivares Centennial, SRT-252, Monalisa e Heart Gold apresentaram os parâmetros b Hunter (amarelo) e croma diminuídos pelo cozimento.

6.5 - As melhores correlações entre cor/carotenóides foi obtida utilizando-se o logarítmo neperiano do valor de carotenóides totais e "Lab", tanto para as batatas-doces cruas como cozidas.

7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS *

1. AHMED, E.M. & SCOTT, L.E. A rapid objective method for estimation of carotenoid content in sweet potato roots. *Proc. Am. Soc. Hortic. Sci.*, St. Joseph, 80: 497-506, 1962.
2. ALMEIDA, L.B. *Carotenóides e valor pró-vitaminico A de raízes tuberosas de hortaliças e suas alterações no processamento*. São Paulo, 1986. 98p. [Dissertação de Mestrado - Faculdade de Ciências Farmacêuticas - USP].
3. ALMEIDA, L.B. & PENTEADO, M.V.C. Carotenoids and pro vitamin A value of white fleshed Brazilian sweet potatoes (*Ipomoea batatas* Lam.). *J. Food Comp. Anal.*, Blacksburg, 1: 341-52, 1988.
4. ALMEIDA, L.B. & PENTEADO, M.V.C. Carotenóides e valor pró-vitaminico A de mandioquinha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancr.) consumida em São Paulo. *Rev. Bioquim. Univ. S. Paulo*, São Paulo, 23(1): 52-7, 1987.
5. ALMEIDA, L.B. & PENTEADO, M.V.C. Carotenóides com atividade pró-vitaminica A de cenouras (*Daucus carota* L.) comercializadas em São Paulo, Brasil, *Rev. Farm. Bioquim. Univ. S. Paulo*, São Paulo, 23(2): 133-41, 1987.
6. ALMEIDA, L.B.; PENTEADO, M.V.C.; BRITTON, G. UEBELHART, P.; ACEMOGLU, M.; EUGSTER, C.H. Isolation and absolute configuration of β - β -carotene-diepoxide. *Helv. Chim. Acta*, Basel, 71(1): 31-2, 1988.
7. ALMEIDA, L.B.; PENTEADO, M.V.C.; SIMPSON, K.L.; BRITTON, G.; ACEMOGLU, M.; EUGSTER, C.H. Isolation and characterisation of (5R,6S,5'R,8'R)- and (5R, 6S, 5'R, 8'S)-luteochrome from Brazilian sweet potatoes (*Ipomoea batatas* Lam.) *Helv. Chim. Acta*, Basel, 69(7): 1554-8, 1986.

*De acordo com a NB 66/78 preconizada pela ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). As abreviaturas dos títulos de periódicos seguem o CHEMICAL ABSTRACTS SERVICE SOURCE INDEX (CASSI) 1990.

8. ARIMA, H.K. & RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. - Carotenoid composition and vitamin A value of commercial Brazilian squashes and pumpkins. *J. Micronutr. Anal.*, Barking, 4: 177-91, 1988.
9. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. *Official methods of analysis*. 14. ed. Washington, 1984. p 834-5. (Tecn. 47.021).
10. BADILLO-FELICIANO, J.; MORALES-MUÑOZ, A.; SIERRA, C. Performance of yellow-fleshed sweet potato cultivars at two locations in Puerto Rico. *J. Agric. Univ. P. R.*, Rio Piedras, 60 (2): 154-62, 1976.
11. BAUENFEIND, J.C. ed. *Carotenoids as colorants and vitamin A precursors*. New York, Academic Press, 1981. 938 p.
12. BOLETIM ANUAL CEAGESP. São Paulo, 1990, p. 48.
13. BUREAU, J.L. & BUSHWAY, R.J. HPLC determination of carotenoids in fruits and vegetables in the United States. *J. Food Sci.*, Chicago, 51 (1): 128-30, 1986.
14. CARVALHO, M.P. & OLIVEIRA, S. Características físicas e químicas de 53 cultivares de batata-doce: indicação para uso alimentar e para aproveitamento industrial. *Bol. Pesqui. Andamento*. EMBRAPA, Rio de Janeiro, 3: 1-14, 1982.
15. CECCHI, H.M. & RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Carotenoid composition and vitamin A value of fresh and pasteurized cashew apple (*Anacardium occidentale* L.) juice. *J. Food Sci.*, Chicago, 46(1): 147-9, 1981.
16. CECCHI, H.M. & RODRIGUEZ-AMAYA, D. Carotenóides e valor de vitamina A em suco de maracujá processado. *Cienc. Cult.*, São Paulo, 33(1): 72-6, 1981.
17. CHANDLER, L.A. & SCHWARTZ, S.J. Isomerisation and losses of trans- β -carotene in sweet potato as affected by processing treatments. *J. Agric. Food Chem.*, Washington, 36: 129-33, 1988.

18. CLYDESDALE, F.M. Color measurement. In: GRUENWEDEL, D.M. & WHITAKER, J.R. eds. *Food analysis principles and techniques*. New York, Marcel Dekker Inc., 1984. v.1 p. 95-150.
19. DRAPER, N.R. & SMITH, H. *Applied regression analysis*. New York, John Wiley, 1966. 407p.
20. DE MAN, J.M. *Principles of food chemistry*. Westport. AVI, 1980. p. 189 -226.
21. ELKINS, E.R. Nutrient content of raw and canned green beans, peaches and sweet potatoes. *Food Technol.*, Chicago, 33 (2): 66-70, 1979.
22. EZZEL, B.D.; WILCOX, M.S.; DEMAREE, K.D. Relationship of tristimulus colorimeter readings to carotenoid pigments in sweet potatoes. *J. Agric. Food Chem.*, Washington, 7(1): 44-47, 1959.
23. FENEMA, O.W., ed. *Food Chemistry*. 2 ed. New York, Marcel Dekker, 1985. 991 p.
24. FERREIRA, V.L.P. *Princípios e aplicações da colorimetria em alimentos*. Campinas, ITAL, 1981. p. 1-86 [Instruções Técnicas Instituto Tecnologia de Alimentos, nº 19].
25. FONSECA, H.; NOGUEIRA, J.N.; MARCONDES, A.M.S. Teor de ácido ascórbico e beta-caroteno em frutas e hortaliças brasileiras. *Arch. Latinoam. Nutr.*, Caracas, 19(1): 9-16, 1969.
26. FRANCIS, F.J. Colorimetry of foods. In: PEELEG, M. & BAGLEY, E.B., eds. *Properties of foods*. Westport, AVI. 1983.
27. FRANCIS, F.J. Colour and appearance as dominating sensory properties of foods. In: BIRCH, G.G.; BRENNAN, J.G.; PARKER, K.J. eds. *Sensory properties of foods*. London, Applied Science Publishers, 1977. p. 27-43.

28. FRANCIS, F.J. Pigment content and color in fruits and vegetables. *Food Technol.*, Chicago, 23(1): 32-36, 1969.
29. FRANCIS, F.J. & CLYDESDALE, F.M. *Food colorimetry-theory and applications*. Westport, AVI, 1975. p. 118-213.
30. FRANCO, G. *Nutrição: texto básico e tabela de composição química de alimentos*. 6a.ed. Rio de Janeiro, Atheneu, 1982. 230 p.
31. FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Tabelas de composição de alimentos*. Rio de Janeiro, 1985. 216 p. (Estudo Nacional da Despesa Familiar, v.3: publicações especiais, t.1).
32. GARCIA, E.H.; QUERIDO, I.B.; CAHANAP, A.C. The relation of carotene and starch content of some twenty-six varieties of sweet potatoes (*Ipomoea batatas*). *Philipp. J. Plant Ind.*, Quezon City, 35(3-4): 203-13, 1970.
33. GODDARD, M.S. & MATHEWS, R.H. Current knowledge of nutritive values of vegetables. *Food Technol.*, Chicago, 33(2): 71-3, 1979.
34. GODOY, H.T. & RODRIGUEZ - AMAYA, D.B. Carotenoid composition of commercial mangoes from Brazil. *Lebensm. Wiss. Technol.*, Zurich, 22: 100-3, 1989.
35. GODOY, H.T. & RODRIGUEZ - AMAYA, D.B. Changes in individual carotenoids on processing and storage of mango (*Mangifera indica*) slices and puree. *Int. J. Food Sci. Technol.*, Oxford, 22: 451-60, 1987.
36. GOODWIN, T.W. *Biochemistry of carotenoids*. 2. ed. London, Chapman and Hall, 1983.
37. GOMES, F.P. *Curso de estatística experimental*. 3. ed. Piracicaba, Escola Superior Luiz de Queiróz da Universidade de São Paulo, 1966. 404 p.

38. GOODWIN, T.W. & BRITTON, G. Distribution and analysis of carotenoids. In: GOODWIN, T.W. *Chemistry and biochemistry of plant pigments.*, New York, Academic Press, 1988. p. 12-132.
39. GROSS, J. *Pigments in fruits.* London, Academic Press, 1987. 303 p.
40. HEINONEN, M. *Carotenoids and retinoids in Finnish foods and the average diet*, 1990. 75 pp. [Dissertação - University of Helsinki].
41. HERNANDEZ, T.P.; HERNANDEZ, T.P.; CONSTANTIN, R.J.; MILLER, J.C. Inheritance of an method of rating flesh color in Ipomoea batatas. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.*, St. Joseph, 87: 387-90, 1965.
42. INSTITUTO ADOLFO LUTZ, SÃO PAULO. *Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz*. 3.ed. São Paulo, 1985. v.1, p.21-2.
43. INSTITUTO ADOLFO LUTZ, SÃO PAULO. *Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz*. 3.ed. São Paulo, 1985. v.1, p.27-8.
44. INSTITUTO ADOLFO LUTZ, SÃO PAULO. *Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz*. 3.ed. São Paulo, 1985. v.1, p.42-3.
45. KATTAN, A.A.; MOORE, J.N.; FLEMING, J.W. Sweet potatoes - color and enzymatic discoloration. *Arkansas Farm. Res.*, Fayetteville, 6(2): 6, 1957.
46. KLAUI, R. & BAUERNFEIND, J.C. *Carotenoids as food colors and vitamin A precursors.* Academic Press, New York, 1981, 938 p.
47. KRAMER, A. & TWIGG, P.A. *Fundamentals of quality control for the food industry.* Westport, AVI, 1986. p. 19-42.
48. KRINSKY, N.I. Carotenoids in medicine. In: KRINSKY, N.I.; MATHEWS-ROTH, M.M.; TAYLOR, R.T. *Carotenoids chemistry and biology.* Plenum Press, New York, 1989. p. 279-91.

49. LAJOLO, F.M. & VANUCCHI, H. Tabelas de composição de nutrientes em alimentos: situação no Brasil e necessidades. *Arch. Latinoam. Nutr.*, Caracas, 37(4): 702-13, 1987.
50. LANIER, J.J. & SISTRUNK, W.A. Influence of cooking method on quality attributes and vitamin content of sweet potatoes. *J. Food Sci.*, Chicago, 44(2): 374-6, 380, 1979.
51. LAUBER, J.T.; TAYLOR, G.A.; DRINKWATER, W.O. The use of tristimulus colorimetry for the estimation of carotenoid content of raw sweet potato roots. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.*, St. Joseph, 91: 472-77, 1977.
52. LEE, C.Y.; SIMPSON, K.L.; GERBER, L. Vegetables as a major vitamin A source in our diet. *N. Y. Food Life Sci. Bull.*, Ithaca, 126: 1-11, 1989.
53. MAC DOUGAL, D.M. Colour vision and appearance measurement. In: PIGGOTT, J.R.. ed. *Sensory analysis of foods*. 2 ed. London, Elsevier Applied Science, 1988.
54. MARTIN, F.W. The carotenoid pigments of white-fleshed sweet potatoes. *J. Agric. Univ. P.R.*, Rio Piedras, 67(4): 494-500, 1983.
55. MONTEIRO, D.A. Batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.). *Bol. Inst. Agron.*, Campinas, (200): 40-1, 1986.
56. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES/ NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Recommended dietary allowance*. 9.ed. Washington, 1980. p.55-60.
57. OLSON, J.A. Biological actions of carotenoids - introduction. *J. Nutr.*, Philadelphia, 119: 94-5, 1989.
58. ORLANDI, M.M.G. *Valor alimentício de Solanum tuberosum L. e Ipomoea batatas (L.) Lamarck, cultivadas no Brasil*. São Paulo, 1968. 47 p. [Tese - Doutorado - Faculdade de Ciências Farmacêuticas - USP].

59. PADULA, M. & RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Characterization of the carotenoids of guava assessment (Psidium guajava L.) *Food Chem.*, Barking, 20(1): 11-9, 1986.
60. PADULA, M.; RODRIGUEZ - AMAYA, D.B.; MORAES, M.A.C. Comparison of the carotenoid composition and general properties of processed juice of guava cultivar IAC-4 and commercial juices. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 3(2): 109-16, 1983.
61. PANALAKS, T. & MURRAY, T.K. The effect of processing on the content of carotene isomers in vegetables and peaches. *Can. Inst. Food Sci. Technol. J.*, Ottawa, 3(4): 145-51.
62. PENTEADO, M.V.C. & ALMEIDA, L.B. Carotenóides em raízes de cinco cultivares de mandioca (Manihot esculenta Crantz) do Estado de São Paulo. *Rev. Farm. Bioquim. Univ. S. Paulo*, São Paulo, 24(1): 39-49, 1988.
63. PENTEADO, M.V.C.; MINAZZI, R.S.; ALMEIDA, L.B. Carotenóides e atividade pró-vitáminica A de folhas de hortaliças consumidas no norte do Brasil. *Rev. Farm. Bioquim. Univ. S. Paulo*, São Paulo, 22(2): 97-102, 1986.
64. PICHA, D.H. Crude protein, minerals and total carotenoids in sweet potatoes. *J. Food Sci.*, Chicago, 50: 1768-9, 1985.
65. PURCELL, A.E. Carotenoids of Goldrush sweet potato flakes. *Food Technol.*, Chicago, 16(1): 99 -102, 1962.
66. PURCEL, A.E. & WALTER Jr., W.M. Carotenoids of Centennial variety sweet potato Ipomoea batatas L. J. *Agric. Food Chem.*, Washington, 16(5): 769-70, 1968.
67. RAMOS, D.M.R. & RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Determination of the vitamin A value of common Brazilian leafy vegetables. *J. Micronutr. Anal.*, Barking, 3: 147-55, 1987.

68. RODRIGUEZ-AMAYA, D. Critical review of provitamin A determination in plant foods. *J. Micronutr. Anal.*, Barking, 5: 191-225, 1989.
69. RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Os carotenóides como precursores de vitamina A. *Bol. Soc. Bras. Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 3(2): 109-16, 1983.
70. REDDY, N.N. & SISTRUNK, W.A. Effect of cultivar, size, storage and cooking method on carbohydrates and some nutrients of sweet potatoes. *J. Food Sci.*, Chicago, 45(3): 682-4, 1980.
71. SIMPSON, K.L. Chemical changes in natural food pigments In: RICHARDSON T. & FINLEY, J.W. ed. *Chemical changes in food during processing*. Westport, AVI, 1985. p. 409-41.
72. SIMPSON, K.L. Relative value of carotenoids as precursors of vitamin A. *Proc. Nutr. Soc.*, Cambridge, 42: 7-17, 1983.
73. SIMPSON, K.L. & CHICHESTER, C.O. Metabolism and nutritional significance of carotenoids. *Annu. Rev. Nutr.*, Palo Alto, 1: 351-74, 1981.
74. SIMPSON, K.L. & TSOU, S.C.S. Vitamin A and provitamin A composition of foods. In: BAUERNFEIND, J.C. ed. *Vitamin A deficiency and its control*. New York, Academic Press., 1986. p.461-78.
75. SWEENEY, J.P. & MARSH, A.C. Effect of processing on provitamin A in vegetables. *J. Am. Diet. Assoc.*, Chicago, 59: 238-43, 1971.
76. SWEENEY, J.P. & MARSH, A.C. Vitamins and other nutrients, separation of carotene stereoisomers in vegetables. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, Washington, 53(5): 937-40, 1970.
77. THOMPSON, D.P. Composition of sweet potato cultivars at harvest time. *J. Food Sci. Technol.*, Mysore, 21: 43-4, 1984.

8 - RESUMO

Com o objetivo de determinar os parâmetros de cor e carotenóides, assim como as mudanças no teor pró-vitâmico A de batatas-doces cruas e cozidas, foram analisados dez cultivares desta raiz procedentes do Instituto Agrônomo de Campinas e do Centro Nacional de Pesquisa de Hortalças da EMBRAPA de Brasília.

Foram identificados sete carotenóides na análise de batatas-doces, a saber: 5,6,5',6'-diepoxi- β -caroteno; 5,6-monoepoxi- β -caroteno; β -caroteno; luteocromo; α -zeacaroteno; β -zeacaroteno e aurocromo. O β -caroteno foi o principal carotenóide nos cultivares Centennial (148,81 $\mu\text{g/g}$ de batata-doce crua), Heart Gold (51,79 $\mu\text{g/g}$), Anapolis (14,24 $\mu\text{g/g}$), Acadian (218,15 $\mu\text{g/g}$), Morada Inta (10,61 $\mu\text{g/g}$), Vineland Bush (22,60 $\mu\text{g/g}$) e clone CNPH (4,87 $\mu\text{g/g}$). O luteocromo foi o principal carotenóide nos cultivares Monalisa (1,55 $\mu\text{g/g}$ de batata-doce crua), IAC-2-71 (0,77 $\mu\text{g/g}$) e SRT-252 (0,92 $\mu\text{g/g}$).

Com relação as raízes cruas, os valores de vitamina A variaram de 1 equivalente de retinol/100g para o cultivar IAC-2-71 até 3.703 equivalentes de retinol /100g para o cultivar Acadian. Para as raízes cozidas o cultivar que apresentou maior atividade pró-vitâmica A foi o Acadian com 4021 equivalentes de retinol/100g. A perda de β -caroteno pelo cozimento variou de 4,5% a 42,6% conforme o cultivar.

Os parâmetros de cor (L Hunter, a Hunter, b Hunter, croma e ângulo do tom) não diferiram para os três cortes transversais das raízes (parte superior, central e inferior).

Quanto ao cozimento, houve diminuição significativa dos parâmetros L Hunter (luminosidade), +a Hunter (vermelho) e aumento nos parâmetros -a Hunter (verde) e ângulo do tom. O parâmetro b Hunter (amarelo) e croma diminuíram pelo cozimento nos cultivares Centennial, SRT-252, Monalisa e Heart Gold.

Foram obtidas boas correlações do logaritmo neperiano dos carotenóides totais com os parâmetros de cor. A melhor correlação foi com Lab ($R^2 = 0,9944$) para a batata-doce crua e Lab ($R^2 = 0,9936$) para a batata-doce cozida.

As equações para se estimar o teor de carotenóides através dos parâmetros de cor foram:

$C (\mu\text{g/g}) = e^{(-1,2051 + 0,01075a + 0,1013b)}$ para a batata-doce crua e

$C (\mu\text{g/g}) = e^{(3,1074 - 0,0476L + 0,1164a + 0,0667b)}$ para a batata-doce cozida.

9 - SUMMARY

With the purpose of determining the color and carotenoid parameters, as well as the changes in the provitamin A value of sweet potatoes raw and cooked, ten cultivars from "Instituto Agronômico de Campinas" and "Centro Nacional de Pesquisa de Hortalças da EMBRAPA de Brasília" were analysed.

Seven carotenoids were identified in the sweet potatoes analysis, as follows: 5,6,5',6'- β -carotene-diepoxyde; 5,6- β -carotene epoxide; β -carotene; luteochrome; α -zeacarotene; β -zeacarotene and aurochrome. β -carotene was the main carotenoid of the following cultivars: Centennial (148.81 $\mu\text{g/g}$ of sweet potato); Heart Gold (51.79 $\mu\text{g/g}$); Anapolis (14.24 $\mu\text{g/g}$); Acadian (218,15 $\mu\text{g/g}$); Morada Inta (10.61 $\mu\text{g/g}$); Vineland Bush (22.60 $\mu\text{g/g}$) clone CNPH (4.87 $\mu\text{g/g}$). Luteochrome was the main carotenoid of Monalisa (1.55 $\mu\text{g/g}$ of raw sweet potato), IAC-2-71 (0.77 $\mu\text{g/g}$) and SRT-252 (0.92 $\mu\text{g/g}$) cultivars.

For raw roots the vitamin A values varied from 1 retinol equivalent/100g for IAC-2-71 cultivar up to 3,703 retinol equivalents/100g for Acadian cultivar. For cooked roots Acadian cultivar was the one that presented more provitamin A activity, with 4,021 retinol equivalent/100g. The loss of β -carotene due to cooking varied from 4.5% to 42.6%, in accordance with the kind of cultivar.

The color parameters (L Hunter, a Hunter, b Hunter, chroma and hue angle) did not show any change for the three transversal cuts in the root (top, middle and bottom).

Regarding cooking, there were significant decreases in the parameters L Hunter (luminosity) and +a Hunter (red) and an increase of -a Hunter (green) and hue angle parameters. The b Hunter parameter (yellow) and chroma decreased due to cooking in the Centennial, SRT-252, Monalisa and Heart Gold cultivars.

There were obtained good correlations of total carotenoid neperiane logarithim with the color parameters. The best correlation was with "Lab" ($R^2 = 0,9944$) for raw sweet potato and "Lab" ($R^2 = 0,9936$) for cooked sweet potato.

The equation used to estimate carotenoids value through color parameters was the following:

$C (\mu\text{g/g}) = e^{(-1,2051 + 0,1075a + 0,01013b)}$ for raw sweet potato and

$C (\mu\text{g/g}) = e^{(3,1094 - 0,0476L + 0,1164a + 0,0667b)}$ for cooked sweet potato.