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

**Caracterização nutricional do Mangarito (*Xanthosoma mafaffa*
Schott)**

Luciana Tedesco Yoshime

Dissertação para obtenção do grau de
MESTRE

Orientadora:
Prof^a. Dr^a. Marilene De Vuono Camargo
Penteado

São Paulo
2007

(Nota da BCQ: Não foi possível capturar fielmente a imagem das figuras desta dissertação)

LUCIANA TEDESCO YOSHIME

**Caracterização nutricional do Mangarito (*Xanthosoma mafaffa*
Schott)**

Dissertação apresentada à Faculdade
de Ciências Farmacêuticas da
Universidade de São Paulo para a
obtenção do título de Mestre.

Área de concentração: Bromatologia
Orientadora: Prof^a. Dr^a. Marilene De
Vuono Camargo Penteado

São Paulo
2007

1000000

DEDALUS - Acervo - CQ

30100013042

Ficha Catalográfica

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

Yoshime, Luciana Tedesco
Y65c Caracterização nutricional do Mangarito (*Xanthosma mafaffa*
Schott) / Luciana Tedesco Yoshime. -- São Paulo, 2007.
90p.

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

Orientador: Penteado, Marilene De Vuono Camargo

1. *Xanthosoma* sp: Ciência dos alimentos 2. Alimento : Composição
química : Ciência dos alimentos 3. Carotenóide : Ciência dos
alimentos I. T. II Penteado, Marilene De Vuono Camargo, orientador.

641.35 CDD

Luciana Tedesco Yoshime

Caracterização nutricional do Mangarito (*Xanthosoma mafaffa* Schott)

Comissão Julgadora da
Dissertação para obtenção do grau de Mestre

Prof^a. Dr^a. Marilene De Vuono Camargo Penteado
orientador/presidente

Prof. Dr. Odair Zenebon
1º. examinador

Prof. Dra. Lígia Brandão de Almeida Muradian
2º. examinador

São Paulo, 29 de agosto de 2007.

AGRADECIMENTOS

Para a realização deste trabalho, algumas pessoas e instituições foram indispensáveis. Registro aqui, meus agradecimentos àqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste estudo, principalmente:

À Prof^a. Dr^a. Marilene De Vuono Camargo Penteado, de quem tive o privilégio de ser aceita como orientada, acreditando, apoiando e incentivando o estudo.

À Prof^a. Dr^a. Ligia Bicudo de Almeida Muradian, por ter-me aceito na monitoria da disciplina de Fiscalização de Alimentos, além dos ensinamentos das análises de carotenóides e disponibilização dos equipamentos que me foram necessários.

À Prof^a. Dr^a. Ursula Maria Lanfer Marquez, por ter-me aceito na monitoria da disciplina de Química e Bioquímica de Alimentos; e principalmente por disponibilizar os equipamentos necessários para as análises.

À técnica, do Laboratório de Análise de Alimentos, Rosa Maria Cerdeira Barros pela importante prontidão e colaboração das análises.

À técnica, do Laboratório de Bioquímica de Alimentos, Lúcia Helena Justino pela paciência nos ensinamentos dos procedimentos das análises de fibras.

À Prof^a. Deborah Inês Teixeira Favaro, do IPEN, pela realização das análises dos minerais.

À amiga, de mestrado e de vida, Illana Louise P. de Melo que veio de tão longe para compartilhar os momentos de alegria e aflição; por ser companheira das análises de carotenóides e do α -tocoferol em especial, da qual foi minha tutora, e que por algumas vezes nos consumiram a madrugada.

Agradeço de forma especial os meus pais Tokinobu Yoshime e Nilcea Tedesco Yoshime, que me amparam em todos os momentos, sendo o “meu porto seguro” além de serem inspiração para me tornar uma pessoa melhor.

Aos meus sogros, Vera Lucia de Andrade e Manuel D. Chagas, por ter educado e criado maravilhosamente seu filho, Carlos Eduardo Andrade Chagas; e à ele, agradeço pelo amor incondicional, por compartilhar de mais um momento importante da minha vida, pelos incentivos e paciência durante os momentos difíceis.

Outro agradecimento muito especial é reservado à minha amiga mineirinha Bárbara Bicalho Gomes, que conheci no momento da prova de ingresso no mestrado e nossa amizade se consolidou durante esses anos de convívio.

A amiga que já concluiu o programa de pós-graduação, porém não menos importante, Karla C. L. S. Oliveira, mais conhecida como Karlota, por sua amizade até os dias de hoje e que sempre me concedeu seu ombro amigo, compartilhando até mesmo seus melhores vinhos.

À ex-técnica do Laboratório de Análise de Alimentos, porém eterna amiga e “filha-do-corção” Cinthya F. Higashi por todos os almoços compartilhados e ajudas indispensáveis durante as análises realizadas no laboratório.

À “quase nutricionista” Thaís Campos, que se revelou uma excelente pesquisadora e se tornou mais uma “filha” durante esses anos de convivência, e que sempre me presenteou com a sua jovialidade, animação e gargalhadas.

As mais recentes amigas do Laboratório, Isabel L. Massaretto por sua alegria e serenidade, Cristina S. C. I. Pascual por ser solícita e nos presentear com a pequena Bi, Vanilda por sua iniciativa sempre pontual, e à Simone por sua animação e sorriso espontâneo até mesmo nos momentos mais difíceis.

À biomédica, amiga e exímia estatística Bruna K. Bassoli, por todas as análises estatísticas realizadas e pelos ótimos momentos compartilhados ao lado de bons vinhos.

Aos demais colegas de turma – Otilia T. de Carvalho, Daniela Borrmann, Graziela L. Sousa, Renato Sousa, Alexandre Bera, Nádía de Mira pela exata dosagem de descontração e compromisso.

À FAPESP e CAPES pelo apoio financeiro.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudo.

“... É melhor tentar e falhar que ocupar-se em ver a vida passar. É melhor tentar ainda que em vão, que nada fazer. Eu prefiro caminhar na chuva a, em dias tristes, me esconder em casa. Prefiro ser feliz, embora louco, a viver em conformidade ...”

Martin Luther King

RESUMO

YOSHIME, L.T. **Caracterização nutricional do mangarito (*Xanthosoma mafaffa* Schott)**. 2007. 90 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

O mangarito (*Xanthosoma mafaffa* Schott) ou mangará, é uma das espécies da família *Araceae*, e está entre inúmeras plantas rústicas encontradas nas regiões tropicais. A grande maioria dessas espécies são amiláceas, classificadas como calóricas e consideradas alimentos de subsistência, porém, não há muitos dados sobre esses alimentos não-convencionais, e o estudo deles, pode ter um papel importante na suplementação da alimentação de populações desnutridas e de baixo poder aquisitivo. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivos avaliar a composição centesimal, fibras solúveis e insolúveis, minerais, α -tocoferol e o perfil de carotenóides, no mangarito cru (CR) e cozido (CZ). Foram avaliadas cinco colheitas do mangarito provenientes de um único cultivar no interior do Estado de São Paulo entre os anos de 2005 e 2007. Sua composição centesimal foi de aproximadamente 71,93% de umidade; 1,23% de cinzas; 1,43% de lipídeos e 2,11% de proteínas e houve perdas estatisticamente significativas após o cozimento. Dessa forma, o valor calórico total do mangarito foi de aproximadamente 103,11kcal/100g. Os valores de fibras alimentares foram de 3,5% (CR) e 3,62% (CZ), não havendo diferença estatisticamente significativa entre eles. O resultado da análise de minerais revelou valores elevados de cálcio (CR=290,60 e CZ=330,0mg/100g), ferro (CR=3,90 e CZ=1,8mg/100g), potássio (CR=1408,70 e CZ=1300,4mg/100g) e zinco (CR=4,2 e CZ=5,20mg/100g). Foram encontrados 72,04 μ g/g de α -tocoferol e a perda pelo cozimento foi de 14,28%. Os carotenóides encontrados nas amostras foram α -caroteno (1,26 μ g/g), ζ -caroteno (3,41 μ g/g) e traços de mutatócromo e micronona e o cozimento ocasionou perda de 20 a 66% para α -caroteno e de 6 a 60% para ζ -caroteno. Apesar da identificação de um carotenóide com atividade pró-vitáminica A (α -caroteno), as quantidades encontradas no mangarito não foram suficientes para que o alimento recebesse a designação de fonte dessa vitamina.

Palavras-chave: Mangarito. Composição química de alimentos. Carotenóides. *Xanthosoma mafaffa* Schott. α -tocoferol.

ABSTRACT

YOSHIME, L.T. **Nutritional characterization of Tannia (*Xanthosoma mafaffa* Schott)**. 2007. 90 p. Dissertation (Master degree) – Faculty of Pharmaceutical Science, University of Sao Paulo, Sao Paulo, 2007.

Tannia (*Xanthosoma mafaffa* Schott) is characterized as a rustic plant found in tropical countries such as Brazil. Vegetables are sources of carotenoids that could be used in prevention of vitamin A deficiency. Considering the generally higher cost of animal foods, the provitamin A from vegetables should be considered as an expressive and easily obtainable source of vitamin A in developing countries. Although tannia are popularly classified as a source of carotenoids, studies on its chemical composition are rare. Thus, because of the absence of the cultivation, tannia as well as others non-traditional vegetables may become extinct and still be classified as potential source of nutrients. Therefore the goal of the present study is to characterize the chemical composition and carotenoids profile of raw (RT) and cooked tannia (CT). It was analyzed 5 different crops of tannia from the countryside of Sao Paulo state harvested between years 2005 and 2007. When compared to RT, CT presented less ($p<0.05$) water, protein and fat. Regarding the total amount of energy, RT presented values between 95,12 to 143,60 Kcal/100g while CT presented values between 100,96 to 142,91 Kcal/100 g. In both RT and CT it was found great quantity of calcium (RT = 290,60 mg/100 g; CT = 330,0 mg/100 g), iron (RT = 3,90 mg/100 g; CT = 1,8 mg/100 g), potassium (RT = 1408,70 mg/100 g; CT = 1300,4 mg/100 g) and zinc (RT = 4,2 mg/100 g; CT = 5,20 mg/100 g). Moreover, in RT it was found 72,04 μg of α -tocopherol while CT presented 14,28 % less. It was found α -carotene and ζ -carotene, mutatochrome and micronone in both RT and CT; however CT presented smaller ($p<0.05$) concentration of these carotenoids. In conclusion, tannia can not be considered a good source of provitamin A because of the small concentration of α -carotene. Although the great quantity of important minerals, more studies are necessary to elucidate their bioavailability in tannia.

Keywords: Tannia. Chemical composition of foods. Carotenoids. *Xanthosoma mafaffa* Schott. α -tocopherol.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Mangarito (<i>Xanthosoma mafaffa</i> Schott).....	3
Figura 2 -	A: folha; B: folha e rizoma, C: rizoma do mangarito (<i>Xanthosoma mafaffa</i> Schott).....	4
Figura 3 -	Estruturas do retinol e dois de seus derivados.....	7
Figura 4 -	Estrutura química de alguns carotenos.....	16
Figura 5 -	Estrutura química de algumas xantofilas.....	17
Figura 6 -	Isômeros do β -caroteno.....	18
Figura 7 -	Clivagem simétrica e assimétrica do β -caroteno.....	19
Figura 8 -	Estrutura química do α - e γ -tocoferol.....	27
Figura 9 -	A: variações de tamanho e B: variação da coloração do mangarito (<i>Xanthosoma mafaffa</i> Schott).....	48
Figura 10 -	Curva de calibração do padrão de α -tocoferol.....	60
Figura 11 -	Determinação de umidade por: A: estufa a 105°C por 6 horas; B: estufa a vácuo a 70°C por 19 horas e C: liofilizador por 48 horas....	62
Figura 12 -	Separação dos carotenóides do mangarito (<i>Xanthosoma mafaffa</i> Schott).....	70
Figura 13 -	Espectro de absorção do α -caroteno (fração 1) do mangarito (<i>Xanthosoma mafaffa</i> Schott), em éter de petróleo.....	71
Figura 14 -	Espectro de absorção do ζ -caroteno (fração 2) do mangarito (<i>Xanthosoma mafaffa</i> Schott), em éter de petróleo.....	72
Figura 15 -	Espectro de absorção do <i>mutatocromo</i> (fração 3) do mangarito (<i>Xanthosoma mafaffa</i> Schott), em éter de petróleo.....	72
Figura 16 -	Espectro de absorção do <i>micronone</i> (fração 4) do mangarito (<i>Xanthosoma mafaffa</i> Schott), em éter de petróleo.....	73
Figura 17 -	A: Cromatograma do padrão de α -tocoferol, em coluna de sílica Shimpack CLC-Sil de 25 cm e com fase móvel, hexano e álcool isopropílico (99:1) com fluxo de 2,0 mL/min. B: Cromatograma da identificação do α -tocoferol na amostra de mangarito em coluna de sílica Shimpack CLC-Sil de 25 cm e com fase móvel, hexano e álcool isopropílico (99:1) com fluxo de 2,0 mL/min.	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Ingestão Dietética de Referência (DRI) da Vitamina A.....	11
Tabela 2 -	Atividade pró-vitáminica A de alguns carotenóides.....	20
Tabela 3 -	Fontes de β -caroteno da dieta brasileira.....	23
Tabela 4 -	Fonte de β -criptantina em alguns alimentos brasileiros.....	24
Tabela 5 -	Alguns alimentos fonte de licopeno.....	24
Tabela 6 -	Luteína em alguns vegetais folhosos.....	24
Tabela 7 -	Recomendações de ingestão de vitamina E.....	29
Tabela 8 -	Conteúdo de vitamina E em alguns alimentos.....	30
Tabela 9 -	Classificação dos minerais.....	32
Tabela 10 -	Conteúdo de cálcio em alguns alimentos.....	34
Tabela 11 -	Ingestão adequada (AI) para cálcio.....	35
Tabela 12 -	Conteúdo de ferro em alguns alimentos.....	37
Tabela 13 -	Ingestão de referência de ferro.....	38
Tabela 14 -	Valores aproximados de potássio em alguns grupos de alimentos.....	39
Tabela 15 -	Ingestão de referência de potássio.....	40
Tabela 16 -	Valores aproximados de sódio em alguns alimentos.....	41
Tabela 17 -	Ingestão de referência do sódio.....	41
Tabela 18 -	Conteúdo de zinco em alguns alimentos.....	43
Tabela 19 -	Recomendações de ingestão diária de zinco.....	43
Tabela 20 -	Fatores de conversão em equivalentes de retinol.....	59
Tabela 21 -	Comparação da determinação de umidade do mangarito (<i>Xanthosoma mafaffa</i> Schott) por três métodos, expresso em porcentagem.....	65
Tabela 22 -	Composição centesimal de cinco colheitas do mangarito (<i>Xanthosoma mafaffa</i> Schott) expressa em porcentagem.....	65
Tabela 23 -	Média dos resultados da análise de minerais no mangarito (<i>Xanthosoma mafaffa</i> Schott) cru e cozido da safra de setembro de 2006.....	66
Tabela 24 -	Carotenóides totais ($\mu\text{g/g}$) do mangarito (<i>Xanthosoma mafaffa</i> Schott) em amostra saponificada e não saponificada.....	69
Tabela 25 -	Características dos carotenóides do mangarito (<i>Xanthosoma mafaffa</i> Schott).....	70

Tabela 26 - Concentração de carotenóides ($\mu\text{g}/100\text{g}$) e valor da pró-vitamina A ($\text{UI}/100\text{g}$) do mangarito [†] (<i>Xanthosoma mafaffa</i> Schott) cru e cozido.....	74
Tabela 27 - Concentração de vitamina E (α -tocoferol) ($\mu\text{g}/\text{g}$) no mangarito (<i>Xanthosoma mafaffa</i> Schott) cru e cozido.....	75

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	2
2.1 Mangarito (<i>Xanthosoma mafaffa</i> Schott)	2
2.2 Vitamina A	6
2.2.1 Definição e fontes dietéticas	6
2.2.2 Hipovitaminose A no Brasil	8
2.2.3 Recomendações nutricionais de Vitamina A	10
2.3 Carotenóides	11
2.3.1 Introdução	11
2.3.2 Propriedades	13
2.3.3 Estrutura	15
2.3.4 Função pró-vitáminica A	18
2.3.5 Funções biológicas	21
2.3.6 Principais fontes de carotenóides	23
2.3.7 Efeitos do processamento	25
2.4 Vitamina E	26
2.4 Minerais	30
2.4.1 Cálcio (Ca)	33
2.4.2 Ferro (Fe)	35
2.4.3 Potássio (K)	38
2.4.4 Sódio (Na)	40
2.4.5 Zinco (Zn)	42
2.5 Fibra alimentar	44
3 OBJETIVOS	46
4 MATERIAL E MÉTODOS	47
4.1 Amostras	47
4.1.1 Preparo das amostras	47
4.1.2 Cocção da amostra	49
4.2 Reagentes	49
4.3 Análise da composição centesimal	49
4.3.1 Umidade	49

4.3.2 Resíduo por incineração (cinzas).....	51
4.3.3 Extrato etéreo (lipídeos).....	51
4.3.4 Nitrogênio total	51
4.3.5 Carboidratos totais	52
4.3.6 Valor calórico total.....	52
4.3.7 Análise de Fibra Alimentar	52
4.4 Análise de minerais	52
4.5 Análise de carotenóides.....	53
4.5.1 Extração	53
4.5.2 Saponificação.....	54
4.5.3 Separação dos carotenóides.....	55
4.5.3.1 Cromatografia em coluna de MgO:Hyflosupercel	55
4.5.3.2 Cromatografia em coluna de Hidróxido de cálcio	56
4.5.4 Identificação dos carotenóides	56
4.5.4.1 Espectrofotometria de absorção na região visível e ultra-violeta.....	56
4.5.4.2 Isomeria <i>cis-trans</i>	57
4.5.4.3 Quantificação dos carotenóides.....	57
4.5.5 Cálculo do valor de vitamina A.....	58
4.6 Análise de vitamina E (α -tocoferol)	59
4.7 Análise estatística.....	60
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	62
5.1 Composição centesimal.....	62
5.2 Análise de minerais	66
5.3 Carotenóides	68
5.4 Vitamina E (α -tocoferol)	75
6 CONCLUSÕES	77
7 REFERÊNCIAS*	79

1 INTRODUÇÃO

Nos países tropicais e subtropicais, detentores da maior biodiversidade, a falta de pesquisas a longo prazo, divulgação e valorização das espécies nativas e hortaliças não-convencionais é um contra-senso à riqueza biológica (KINUPP e BARROS, 2006).

Os dados sobre os alimentos não-convencionais são escassos, e o estudo deles pode ter um papel importante na suplementação da alimentação de populações desnutridas e de baixo poder aquisitivo.

Assim, o mangarito (*Xanthosoma mafaffa* Schott) está entre inúmeras espécies de plantas rústicas encontradas nas regiões tropicais do globo terrestre. A grande maioria dessas espécies são amiláceas, classificadas como calóricas e consideradas alimentos de subsistência, capazes de proporcionar energia para populações carentes (ZÁRATE *et al*, 2006).

Contudo, há evidências de que a população brasileira apresenta índices de má alimentação, registrando-se carências de vitaminas e/ou energia não apenas em classes sociais menos favorecidas, mas também em populações mais jovens, cujas refeições principais são nutricionalmente desbalanceadas (PINTO; VILAS BOAS; CARVALHO, 1999).

Dentre as carências vitamínicas encontradas no Brasil, a hipovitaminose A é um grande problema de saúde pública, e sua prevalência é encontrada em crianças pré-escolares e em mulheres grávidas e lactantes. A deficiência em vitamina A é a causa mais importante de cegueira entre crianças, e também, contribui significativamente para o aumento das taxas de morbi-mortalidade

associadas aos processos infecciosos comuns na infância (SOUZA e VILAS BOAS, 2002; GERALDO *et al*, 2003; RAMALHO, 2006).

Em decorrência do alto custo dos alimentos de origem animal, os alimentos vegetais ricos em carotenóides, podem constituir a maior fonte de vitaminas na dieta. Embora haja grande disponibilidade de frutas e verduras como fontes de carotenóides no Brasil, a falta de informação da população no que diz respeito às fontes alimentares é uma possível associação para essa contradição (AMBRÓSIO; CAMPOS; FARO, 2006).

Dessa forma, valorizando e destacando o consumo das hortaliças não convencionais, o mangarito poderia ser utilizado no combate das carências vitamínicas ou energéticas, por ser um vegetal facilmente cultivado e apreciado em algumas regiões do Brasil, principalmente nas áreas rurais.

Portanto, considerando-se o pouco que se sabe sobre a composição nutricional do mangarito, o objetivo do presente estudo foi caracterizar sua composição centesimal, teores pró-vitaminínicos A, vitamina E e de minerais.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Mangarito (*Xanthosoma mafaffa* Schott)

O mangarito (*Xanthosoma mafaffa* Schott) ou mangará (**Figura 1**), é uma das espécies da família *Araceae* (CRIA, 2007), a mesma da taioba (*Xanthosoma sagittifolium* Schott), do inhame (*Dioscorea bulbifera*) e do cará (*Colocasia esculenta*). Pelas características culinárias de seu rizoma, é um alimento

muito apreciado pela população rural do Estado de São Paulo, Minas Gerais e Santa Catarina, e sua comercialização é sazonal e próxima aos locais de produção (MONTEIRO e PERESSIN, 1997; ZÁRATE; VIEIRA; PONTIM, 2005; ZÁRATE *et al*, 2006).

Figura 1. Mangarito (*Xanthosoma mafaffa* Schott)

Fonte: http://www.hort.purdue.edu/newcrop/tropical/lecture_27/lec_27.html

Alimento tipicamente brasileiro, o mangarito já era consumido pelos índios muito antes da descoberta do Novo Mundo. O tubérculo cativou colonizadores e caboclos, tanto que no Brasil colonial, são relatadas menções por dois portugueses ilustres, o cronista Gabriel Soares de Sousa, autor do “Tratado Descritivo do Brasil em 1587”, e o padre jesuíta Fernão Cardim, autor do livro “Do Clima e Terra do Brasil” de 1585 (CARDOSO, 2004; MENICHELLI, 2004).

Recentemente num levantamento sobre as aráceas consumidas no litoral norte catarinense, descobriram-se citações do século XIX sobre o mangarito, relatando a facilidade de cultivo e abundância de produção. A área de abrangência desse estudo é a região de Joinvile e Itajaí, praticamente colonizada por alemães. Anteriormente o mangarito era empregado como base alimentar de povos indígenas, e depois foi agregado à agricultura dos colonos. Todavia, seu cultivo desapareceu com o passar dos anos, provavelmente devido à modernização da agricultura, mudanças de hábitos alimentares e êxodo rural (SANTOS, 2005).

Não há dados específicos sobre a produção mundial do mangarito (*Xanthosoma mafaffa* Schott). Entretanto, segundo a Food and Agriculture Organization (FAO, 2001), foram produzidos em torno de 6,6 milhões de toneladas dos gêneros *Xanthosoma* em 1998 (SANTOS, 2005). Talvez essa falta de detalhamento sobre a espécie *Xanthosoma mafaffa* Schott seja por sua produção ser considerada tradicionalmente como cultivo de subsistência. Contudo, pequenos agricultores seguem com o cultivo do mangarito.

Segundo o Instituto Agrônômico (IAC), o plantio deve ser nos meses de setembro a outubro, em uma área de boa irrigação; a colheita é manual e ocorre uma vez por ano, por volta dos meses de abril a julho. A característica marcante da colheita é quando as folhas murcham e secam, sinal de que os rizomas estão maduros e podem ser retirados do interior da terra (**Figura 2**) (OLIVEIRA, 2004; SANTOS, 2005).

Figura 2. A: folha; B: folha e rizoma, C: rizoma do mangarito (*Xanthosoma mafaffa* Schott).

Após a colheita do mangarito, o cozimento é feito com casca e a polpa branca ou amarelada, ganha consistência tenra, que faz lembrar a da castanha européia. Assim, talvez por sua produção ter-se limitado à subsistência, não

conquistou notoriedade nos centros urbanos e sucumbiu à propagação da batata (MENICHELLI, 2004).

Além dos pequenos agricultores, algumas iniciativas quanto à reintrodução do mangarito são tomadas, caso visto na reportagem de Pimenta (2003) que defende a importância da educação infantil vinculada à alimentação de crianças até seis anos. Seu maior argumento é a associação da educação infantil ao programa Fome Zero como combate à miséria incluindo a utilização de determinados alimentos tipicamente brasileiros, mais nutritivos e mais baratos. O autor ainda cita o mangarito como alimento utilizado amplamente no interior do Estado de Minas Gerais e propõe a oportunidade de aproveitá-lo para resgatar a rica alimentação brasileira.

Da mesma forma, no Estado do Amazonas, o pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa/MCT) Carlos Roberto Bueno ressalta a inclusão de hortaliças exóticas de alto valor nutricional na alimentação diária e na merenda escolar. Um exemplo cultivado e consumido pelas comunidades indígenas, populações ribeirinhas e agricultores tradicionais são espécies nativas como o mangarito (MANSUÊTO, 2006).

Outro incentivo à produção do mangarito, foi a indicação ao *Slow Food Award*, prêmio dado a iniciativas de preservação dos costumes e tradições culinárias. Essa premiação faz parte do movimento *Slow Food*, que vai contra a massificação do ato de comer rapidamente, e também disponibiliza assistência e verbas a pequenos agricultores que mantêm a produção de gêneros considerados raros ou ameaçados de extinção (SILVA, 2002).

Apesar desses incentivos, poucos estudos foram feitos a respeito da composição e das propriedades vitamínicas dos gêneros *Xanthosomas*, fato este

que desperta interesse, por ser um alimento brasileiro e a deficiência de vitaminas e minerais ainda ser um problema de saúde pública no Brasil.

Cabe frisar mais uma vez a necessidade de pesquisas sobre a caracterização e conservação de recursos genéticos, melhoramento, sistemas de cultivo e processamento agroindustrial das espécies de hortaliças não-convencionais, especialmente as nativas. Do contrário, daqui a dezenas de anos nossas espécies, aquelas não extintas ou com reduzida variabilidade genética pela destruição dos habitats, ainda estarão precedidas de palavras “potenciais” ou “promissoras” (KINUPP e BARROS, 2006).

2.2 Vitamina A

2.2.1 Definição e fontes dietéticas

Vitaminas são compostos orgânicos presentes naturalmente nos alimentos, essenciais para a manutenção do metabolismo normal, na qual desempenham funções fisiológicas específicas (FERRINI *et al*, 2000). Elas não podem ser sintetizadas pelas células e quando faltam na dieta, as vitaminas causam déficits metabólicos específicos (GUYTON e HALL, 1997).

Vitamina A é um termo genérico que abrange substâncias lipossolúveis, no caso os retinóides (que têm em sua estrutura cíclica um anel β -ionona) e seus derivados: retinol todo-*trans*, retinal e o ácido retinóico (**Figura 3**); exceto os carotenóides cujo termo é pró-vitamina A. Portanto, quando nos referimos

à ingestão de vitamina A, englobamos todos os compostos com atividade de vitamina A presentes na dieta (EL BEITUNE *et al*, 2003; YUYAMA *et al*, 2007a).

Retinol todo-*trans*

Retinal

Ácido retinóico

Figura 3. Estruturas do retinol e dois de seus derivados.

Fonte: ALMEIDA-MURADIAN e PENTEADO, 2003.

Historicamente, a função fisiológica mais conhecida da vitamina A, também conhecida como retinol, é a sua participação no processo da visão junto ao grupo prostético das opsinas, proteínas sensíveis à luz na retina. Sendo assim, a cegueira noturna é um dos primeiros sintomas da sua deficiência (ALMEIDA-MURADIAN e PENTEADO, 2003; YUYAMA *et al*, 2007a).

A atuação da vitamina A também está presente na síntese de ácido ribonucléico (RNA) e proteínas, enzimas, globulinas, glicoproteínas, queratina, na permeabilidade celular e nos metabolismos da hemoglobina e do zinco. Além dessas funções, destaca-se a sua importância no crescimento, desenvolvimento e a manutenção do tecido epitelial, a função imunológica e do desenvolvimento

embrionário (ALMEIDA-MURADIAN e PENTEADO, 2003; EL BEITUNE *et al*, 2003; GOMES; SAUNDERS; ACCIOLY, 2005; YUYAMA *et al*, 2007a).

As fontes dietéticas de vitamina A podem ser a vitamina A pré-formada e a pró-vitamina A (representada pelos carotenóides). O retinol (vitamina A pré-formada) só pode ser encontrado em tecidos animais, tendo como exemplo de fontes alimentares, o fígado, o óleo de fígado de peixe, o leite integral e seus derivados, os ovos e as aves. No entanto, a pró-vitamina A é encontrada em hortaliças verdes escuras (espinafre, couve e brócolis) e em alguns vegetais alaranjados (cenoura, abóbora, mamão e manga) ou em óleos vegetais (dendê africano) (ALMEIDA-MURADIAN e PENTEADO, 2003; EL BEITUNE *et al*, 2003; OLIVEIRA, 2006; YUYAMA *et al*, 2007a).

2.2.2 Hipovitaminose A no Brasil

A deficiência de vitamina A (DVA) é um dos problemas nutricionais mais frequentes no mundo, a Organização Mundial da Saúde estima que mais de 250 milhões de crianças tenham reservas diminuídas de vitamina A (RAMALHO; FLORES; SAUNDERS, 2002; GERALDO *et al*, 2003).

A prevalência desta carência é encontrada principalmente em crianças pré-escolares e em mulheres grávidas e lactantes. Sua deficiência poderá interferir na reprodução e no crescimento e desenvolvimento infantil (GERALDO *et al*, 2003).

Estudos realizados em vários países demonstraram que a hipovitaminose A está associada ao desmame precoce e que contribui significativamente para o aumento das taxas de morbi-mortalidade associadas aos processos infecciosos comuns na infância. Além disso, a dieta pré-gestacional

insuficiente em vitamina A pode ocasionar baixa reserva hepática do nutriente, que se persistente, aumenta o risco para o desenvolvimento da deficiência de vitamina A e da cegueira noturna (SOUZA e VILAS BOAS, 2002; RAMALHO *et al*, 2006).

Acrescenta-se ainda que, durante a gestação o feto utiliza as reservas de vitamina A da mãe, e após o parto, obtém esse micronutriente por meio do aleitamento materno. Entretanto, quando o parto é prematuro, o leite materno apresenta menores teores de vitamina A (LOPES *et al*, 2006).

Em vários países em desenvolvimento, inclusive no Brasil, a hipovitaminose A é um grande problema de saúde pública, que ocorre principalmente em escolares, estando, às vezes, associada à desnutrição protéico-calórica, infecções parasitárias, doenças diarréicas, deficiência de zinco e distúrbios do fígado (SOUZA e VILAS BOAS, 2002; ALMEIDA-MURADIAN e PENTEADO, 2003; GERALDO *et al*, 2003; FERNANDES *et al*, 2005; JÚNIOR e OSÓRIO, 2005; SANTOS *et al*, 2005).

No Brasil, foi criada a Política Nacional de Alimentação e Nutrição (PNAN) que tem como uma das metas de combate a hipovitaminose A. A atuação é realizada nas áreas reconhecidas como de risco, e são tomadas medidas como a aplicação periódica de megadoses de retinol, além do incentivo à produção e consumo de fontes alimentares ricas em vitamina A ou em seus precursores (BRASIL, 2000; RAMALHO; FLORES; SAUNDERS, 2002; PAIVA *et al*, 2006).

Os instrumentos utilizados para a avaliação de consumo de vitaminas, como inquéritos recordatórios de 24 horas e frequência alimentar, utilizam as tabelas de composição química de alimentos, das quais os dados contribuem para o diagnóstico e combate de carências nutricionais específicas (SAUNDERS *et al*, 2000).

Algumas pesquisas demonstram flutuações dos valores médios de vitamina A relatados nas tabelas de composição química de alimentos, com diferenças significativas do ponto de vista estatístico (TAYLOR; KOZLOWSKI; BAER, 1985; LAJOLO e VANNUCCHI, 1987; SAUNDERS *et al*, 2000). Este fato se deve a omissões de critérios adotados para a obtenção do valor de vitamina A e, as formas de vitamina A consideradas em cada alimento, além do modo de preparação dos mesmos, que podem interferir na biodisponibilidade da vitamina (SAUNDERS *et al*, 2000).

A necessidade de se obter dados confiáveis sobre a composição da vitamina A é reconhecida em várias áreas da ciência e tecnologia, porém, sua determinação não é simples, devido a fatores como: variação qualitativa e quantitativa na composição dos alimentos; variação na concentração do nutriente nos alimentos e a isomerização e saturação da molécula que podem ocorrer durante a análise (KIMURA e RODRIGUEZ-AMAYA, 2003).

2.2.3 Recomendações nutricionais de Vitamina A

A ingestão diária de referência (DRI) recomendada para a vitamina A é em micrograma de equivalente ativo de retinol (RAE), segundo idade, sexo e estado fisiológico (**Tabela 1**).

Tabela 1 – Ingestão Dietética de Referência (DRI) da Vitamina A.

Nutriente	Faixa Etária	RDA
Vitamina A Incluindo carotenóides com atividade pró-vitáminica A precursores do retinol	Crianças	(µg/d)
	0-6 meses	400
	7-12 meses	500
Nota: Dado como Atividade de Retinol Equivalente (RAEs).		
1 ARE = 1µg retinol, 12 µg β-caroteno, 24 µg α-caroteno ou 24µg de β-criptoxantina	Crianças	
	1-3 anos	300
	4-8 anos	400
Para calcular RAEs dos carotenóides com atividade pró-vitáminica A nos alimentos, divide-se o Retinol Equivalente por 2. Para a vitamina A pré formada dos alimentos ou suplementos e para carotenóides com atividade pró-vitáminica A em suplementos, 1 Retinol Equivalente (RE) = 1 RAE.	Homens	
	9-13 anos	600
	14-18 anos	900
	19-30 anos	900
	31-50 anos	900
	50-70 anos	900
	>70 anos	900
	Mulheres	
	9-13 anos	600
	14-18 anos	700
	19-30 anos	700
	31-50 anos	700
	50-70 anos	700
	>70 anos	700
	Grávidas	
	≤ 18 anos	750
	19-30 anos	770
	31-50 anos	770
	Lactantes	
	≤ 18 anos	1,200
	19-30 anos	1,300
	31-50 anos	1,300

Adaptado de IOM, 2001.

2.3 Carotenóides

2.3.1 Introdução

Os carotenóides representam um amplo grupo de pigmentos naturais com cores que variam do amarelo ao vermelho, contudo, ocorrem também em tecidos fotossintéticos (folhas verdes) e não fotossintéticos (frutas, flores, sementes

e raízes), e são ainda encontrados em algas, bactérias, fungos e leveduras (SOUZA e VILAS BOAS, 2002; ALMEIDA-MURADIAN e PENTEADO, 2003; YUYAMA *et al*, 2007a).

Com estrutura similar ao da vitamina A, os carotenóides são um grupo de aproximadamente 600 compostos, onde somente 50 deles possuem atividade pró-vitáminica A (capacidade de ser metabolicamente convertido em retinóides) (PALACE *et al*, 1999; TANUMIHARDJO, 2002; ALMEIDA-MURADIAN e PENTEADO, 2003; YUYAMA *et al*, 2007a).

O termo pró-vitamina A é usado como indicador genérico para todos os carotenóides que tem a atividade biológica da vitamina A. Das pró-vitaminas, a mais ativa e mais importante é o β -caroteno-*todo-trans* (TANUMIHARDJO, 2002; ALMEIDA-MURADIAN e PENTEADO, 2003). Portanto, o interesse pelo estudo dos carotenóides se deve ao fato de que, quando presentes nos alimentos alguns pigmentos carotenóides exercem atividade pró-vitáminica A, realizando assim, um importante papel nutricional.

Dentre as ações benéficas dos carotenóides, destaca-se sua ação antioxidante que está relacionada com a diminuição do risco de doenças degenerativas como alguns tipos de câncer, doenças cardiovasculares, degeneração macular, formação de catarata e proteção das mucosas gástricas (PALACE *et al*, 1999; ALMEIDA-MURADIAN; VANDERLINDE; SASAKI, 2000; SILVA e MERCADANTE, 2002; SU; ROWLEY; BALAZS, 2002; NASCIMENTO, 2006).

Reconhecidos como principais fontes de carotenóides para a saúde humana, os alimentos de origem vegetal contribuem com cerca de 68% da vitamina A da dieta em termos mundiais, e com 82% nos países desenvolvidos. Este fator é

decorrente da larga distribuição e baixo custo, que os tornam uma fonte fundamental na dieta humana (ALMEIDA-MURADIAN e PENTEADO, 2003), bem como alvo de intensos estudos, tanto no Brasil como no exterior.

Há alguns fatores que afetam a composição dos carotenóides nas plantas, entre eles os métodos de plantio e colheita, a variedade da planta, o processo de industrialização, o armazenamento e as técnicas utilizadas para o preparo (ALMEIDA-MURADIAN e PENTEADO, 2003), sendo o preparo final, no domicílio, o principal motivo para a perda de vitaminas (ERDMAN, 1979).

Face ao exposto é indispensável a geração de técnicas analíticas eficazes para determinação dos carotenóides nos alimentos, bem como a consideração da variação de solo, clima, estações do ano e alterações sofridas pelos alimentos na cocção, com o objetivo de evitar a superestimação ou a subestimação dos teores de vitamina A dos alimentos de origem vegetal (SAUNDERS *et al*, 2000; ALMEIDA-MURADIAN e PENTEADO, 2003).

Sendo assim, os valores da vitamina A são muito importantes na formulação das tabelas de composição de alimentos, pois são ferramentas indispensáveis para profissionais, principalmente da área da saúde, para ajudar no combate a hipovitaminose A (AMAYA-FARFAN, 1999; CHÁVES; CHÁVES; CALVO, 1999; ALMEIDA-MURADIAN e PENTEADO, 2003).

2.3.2 Propriedades

Os carotenóides são substâncias hidrofóbicas, lipofílicas, geralmente insolúveis em água e sua estrutura química é um sistema de duplas ligações alternadas entre átomos de carbono (cadeia poliêncica), que se dissolvem em

solventes orgânicos como acetona, álcool, éter etílico, tetrahidrofurano e clorofórmio (BRITTON; LIAANEN-JENSEN; PFANDER, 1995; RODRIGUEZ-AMAYA, 1999). Os carotenos são facilmente solúveis em éter de petróleo e hexano, já as xantofilas se dissolvem melhor em metanol e etanol (RODRIGUEZ-AMAYA, 1999).

A propriedade de absorver luz origina-se, da presença de duplas ligações conjugadas em sua estrutura. Assim, um cromóforo de sete ou mais duplas ligações promove ao carotenóide a habilidade de absorver luz visível, por exemplo, amarelo, laranja e vermelho e, conseqüentemente, sua grande capacidade de coloração (BRITTON *et al*, 1995), como por exemplo o ξ -caroteno que confere uma coloração amarela ao maracujá. À medida que o sistema conjugado vai sendo estendido, a cor também se intensifica; portanto, o licopeno com 11 duplas ligações conjugadas, colore o tomate de vermelho. A ciclização coloca as duplas ligações que se encontram dentro dos anéis, fora do plano daquelas da cadeia poliênica, diminuindo a sua coloração. Assim, o γ -caroteno, como uma dupla ligação conjugada localizada no anel, é laranja-avermelhado, enquanto o β -caroteno, com duas destas ligações em anéis, é laranja (RODRIGUEZ-AMAYA, 1999; NASCIMENTO, 2006).

Esta cadeia poliênica também é extremamente susceptível a oxidação e isomerização por meio da luz, calor ou ácidos. As propriedades físicas e químicas dos carotenóides *in vivo* podem ser modificadas por interações com outras biomoléculas e podem ser diferentes daquelas encontradas nos carotenóides livres em substâncias orgânicas. Essas interações com outras biomoléculas, especialmente proteínas, podem ser críticas para o funcionamento ou ações biológicas dos carotenóides *in vivo* (BRITTON *et al*, 1995).

2.3.3 Estrutura

A estrutura básica dos carotenóides é de um tetraterpeno (C_{40}), formado por oito unidades isoprenóides (C_5H_8) unidas por ligações tipo “cabeça-cauda”, com exceção da posição central onde a ligação é do tipo “cauda-cauda”. Esse esqueleto básico pode sofrer modificações por hidrogenação, dehidrogenação, ciclização, migração da dupla ligação, encurtamento ou extensão da cadeia, reordenamento, isomerização, introdução de funções oxigenadas ou por combinações desses processos, resultando em uma diversidade de estruturas (NASCIMENTO, 2006; YUYAMA *et al*, 2007a).

Os carotenóides classificam-se em carotenos e xantofilas. Os caroteno (**Figura 4**) são hidrocarbonetos poliênicos com variados graus de insaturação que podem ser acíclicos (licopeno e ζ -caroteno) ou cíclicos (β -caroteno e α -caroteno) (AMBRÓSIO *et al*, 2006; NASCIMENTO, 2006).

Licopeno

ζ -caroteno

β-caroteno

α-caroteno

Figura 4. Estrutura química de alguns carotenos.

Fonte: GROSS, 1991.

As xantofilas (**Figura 5**) são sintetizadas a partir dos carotenos que contém oxigênio em sua estrutura, por meio de reações de hidroxilação e epoxidação; os substituintes mais comuns são os grupos hidroxilas como o da β-criptoxantina (mono-hidroxilado) e luteína (di-hidroxilado) e grupos epóxi como da violaxantina e 5,8-monoepóxi-β-caroteno (AMBRÓSIO *et al*, 2006; NASCIMENTO, 2006).

β-criptoxantina

luteína

Figura 5. Estrutura química de algumas xantofilas.

Fonte: GROSS, 1991.

Ainda com relação a estrutura desses compostos, os quatro grupos químicos que se ligam à dupla ligação carbono-carbono (C=C) nos carotenóides ficam no mesmo plano. Consequentemente, cada dupla ligação di-substituída pode existir de duas formas, conhecidas como isômeros geométricos. No caso dos carotenóides, a dupla ligação C=C é designada como *cis* ou *trans* em relação a disposição dos substituintes (**Figura 6**). Se estes estiverem do mesmo lado da axe C=C, a dupla ligação é chamada de *cis* e se estiverem em lados opostos é chamada de *trans* (ALMEIDA-MURADIAN e PENTEADO, 2003).

9 *cis*- β -caroteno 13 *cis*- β -caroteno**Figura 6.** Isômeros do β -caroteno.

Fonte: ALMEIDA-MURADIAN e PENTEADO, 2003.

Recentemente, a designação latina *cis* / *trans* tem sido substituída pela designação germânica Z (*zusammen* = juntos) e E (*entgegen* = opostos). Estas são utilizadas em nomenclatura semi-sistemática (ALMEIDA-MURADIAN e PENTEADO, 2003).

A maioria dos carotenóides naturais ocorre predominantemente na forma *toda-E*, no entanto, alguns carotenóides com a configuração Z foram isolados. Anteriormente a essas denominações, os carotenóides eram nomeados conforme a ordem de eluição num sistema cromatográfico. Os que eram adsorvidos menos fortemente eram chamados de *neo A* e os mais fortemente adsorvidos *neo U* (ALMEIDA-MURADIAN e PENTEADO, 2003).

2.3.4 Função pró-vitâmica A

A função mais conhecida dos carotenóides é a sua capacidade de serem metabolicamente convertidos em retinóides.

Nos países em desenvolvimento, onde os produtos de origem animal (fonte de vitamina A pré-formada) não são economicamente acessíveis a grande

parte da população, a vitamina A da dieta é proveniente principalmente das pró-vitaminas A. Esta, por sua vez, tem a vantagem de ser bioconvertida pelo organismo quando há carência, além de não causar risco de hipervitaminose (YUYAMA *et al*, 2007a).

Os carotenóides que podem ser convertidos em vitamina A são aqueles que possuem pelo menos um anel β -ionona não substituído, ligado a uma cadeia poliênica conjugada de no mínimo 11 carbonos (TANUMIHARDJO, 2002; ALMEIDA-MURADIAN, 2003; AMBRÓSIO *et al*, 2006; YUYAMA *et al*, 2007a).

A transformação dos carotenóides pró-vitamínicos em vitamina A ocorre por clivagem central (mecanismo principal) (**Figura 7**), onde o carotenóide é dividido ao meio, formando duas moléculas de retinal no caso do β -caroteno ou uma molécula no caso dos demais carotenóides pró-vitamínicos A, que são posteriormente transformadas em retinol. Ainda assim, pode ocorrer clivagem excêntrica em que segmentos são retirados de uma das extremidades da molécula do carotenóide, formando apocarotenóides e eventualmente retinal (NIIZU, 2003).

Figura 7. Clivagem simétrica e assimétrica do β -caroteno.

Fonte: AMBRÓSIO *et al*, 2006.

A provitamina A mais importante é o β -caroteno, tanto em termos de bioatividade (100%) (**Tabela 2**) como de ocorrência em alimentos. Inserem-se ainda nesse grupo as frações α -caroteno, γ -caroteno, β -criptoxantina e γ -criptoxantina com 50% da bioatividade do β -caroteno. Entretanto, o fitoflueno, ξ -caroteno e licopeno, pela ausência dos anéis de β -ionona em uma das extremidades da molécula, não exercem atividade pró-vitâmica A. O mesmo é extensivo a zeaxantina, a luteína, a violaxantina e a astaxantina, onde os dois anéis de β -ionona são substituídos pelos radicais hidróxi, epóxi ou ceto (BRITTON *et al*, 1995; ALMEIDA-MURADIAN, 2003; YUYAMA, *et al*, 2007a).

Tabela 2 – Atividade pró-vitâmica A de alguns carotenóides

Carotenos e Xantofilas	Atividade (%)
β -caroteno	100
α -caroteno	50-54
γ -caroteno	42-50
5,6-monoepóxi β -caroteno	21
β -criptoxantina	50-60
β -apo 10' – carotenal	Ativo
β -apo 8' – carotenal	32-72
Luteína	Inativo
Licopeno	Inativo
9 <i>cis</i> β -caroteno	37
13 <i>cis</i> β -caroteno	45,6

Fonte: ALMEIDA-MURADIAN e PENTEADO, 2003.

2.3.5 Funções biológicas

Além da atividade pró-vitamínica A, os carotenóides desempenham outras funções biológicas, como sua propriedade antioxidante. Estudos epidemiológicos evidenciam sua associação com a redução do risco de doenças crônico-degenerativas, assim como o câncer, doenças cardiovasculares e síndromes oculares (PALACE *et al*, 1999; SU; ROWLEY; BALAZS, 2002).

Os carotenóides com mais de nove duplas ligações conjugadas são os melhores eliminadores de radicais livres, exceto o fiteno (com três duplas ligações). Alguns autores consideram que os carotenóides têm potencial de proteger os lipídeos dos tecidos contra peroxidação *in vivo* por um mecanismo diferente do usual. Confirmam também que os carotenóides são incorporados as membranas e organelas celulares, expostas a baixas pressões parciais de oxigênio, ligando-se a radicais peroxil, interrompendo a cadeia de oxidação (SU; ROWLEY; BALAZS, 2002; ALMEIDA-MURADIAN e PENTEADO, 2003).

O conhecimento da ação protetora dos carotenóides contra danos oxidativos e dos diversos mecanismos através dos quais exercem esta ação, permite justificar seu efeito benéfico à saúde no tratamento de certas patologias associadas a danos celulares. (SU; ROWLEY; BALAZS, 2002).

Estudos associam a baixa ingestão de frutas e vegetais com o aumento do risco de câncer. A combinação dos resultados de estudos epidemiológicos, com ensaios em animais e estudos *in vivo*, demonstra uma proteção dos carotenóides em relação ao câncer (NIIZU, 2003; ALMEIDA-MURADIAN e PENTEADO, 2003).

Em geral os países em desenvolvimento da África, América Latina e Ásia, têm em comum uma taxa relativamente alta de câncer de boca, faringe, laringe, esôfago, fígado (primário) e cérvix. Em contrapartida, países economicamente desenvolvidos da Europa, América do Norte e Austrália, tendem a uma taxa relativamente alta de câncer de cólon, reto e dos hormonalmente relacionados como o de mama, endométrio e próstata. No mundo inteiro, evidências são de que a incidência de câncer de estômago vem diminuindo nas gerações mais recentes, enquanto o de esôfago e pulmão vem aumentando (NIIZU, 2003).

Assim, em modelo experimental de hepatocarcinogênese, Moreno e colaboradores descreveram ação protetora digna de nota por parte do β -caroteno quando administrado durante as etapas iniciais pré-neoplásicas (MORENO *et al.*, 1991; FONSECA *et al.*, 2005; SAMPAIO *et al.*, 2006) e durante a etapa de progressão (MORENO *et al.*, 2002). Além disso, o grupo também observou ação quimiopreventiva por parte da luteína e do licopeno (TOLEDO *et al.*, 2003). Como mecanismo de ação, destaca-se a ação dessas substâncias na redução da proliferação celular (MORENO *et al.*, 2002; FONSECA *et al.*, 2005) e de danos oxidativos ao DNA hepático (TOLEDO *et al.*, 2003; FONSECA *et al.*, 2005).

A capacidade antioxidante dos carotenóides é devida ao sistema de duplas ligações conjugadas, e o outro possível mecanismo é a modulação do metabolismo de carcinógenos, a inibição da proliferação celular, aumentando a diferenciação das células através dos retinóides, estimulando a comunicação intercelular e aumentando a resposta imunológica (NIIZU, 2003; ALMEIDA-MURADIAN e PENTEADO, 2003).

2.3.6 Principais fontes de carotenóides

Os carotenóides pró-vitâmnicos podem ser obtidos em alimentos de origem animal, tais como fígado, leite e gema de ovo, e também por meio de frutas e hortaliças. Geralmente a maioria da ingestão humana de vitamina A é proveniente de frutas vermelhas e amarelas e vegetais verdes que contêm principalmente α , β e γ -carotenos. Porém, esses valores de carotenóides pró-vitâmnicos mudam conforme a variedade das frutas e verduras, bem como o amadurecimento, porque a diminuição da clorofila é acompanhada pelo aumento de carotenóides (SOUZA e VILAS BOAS, 2002; ALMEIDA-MURADIAN e PENTEADO, 2003).

A seguir, observamos algumas fontes de β -caroteno da dieta brasileira, segundo ALMEIDA-MURADIAN e PENTEADO (2003) (**Tabela 3**):

Tabela 3 – Fontes de β -caroteno da dieta brasileira.

Alimento	Nome científico	β -caroteno ($\mu\text{g/g}$)
Óleo de dendê (vermelho)	<i>Elaeis guineensis</i>	363
Abóbora baianinha	<i>Curcubita moschata</i>	235
Óleo de dendê	<i>Elaeis guineensis</i>	223
Folha de macacheira	<i>Manihot esculenta</i>	129
Folha de quiabo	<i>Hibiscus esculentus</i>	116
Caruru (folha)	<i>Amaranthus viridis</i>	110
Folha de espinafre indiano	<i>Amaranthus sp</i>	63
Folhas de mostarda	<i>Brassica juncea</i>	60
Salsa	<i>Apium graveolens</i>	55
Cenoura (raiz)	<i>Daucus carota L.</i>	34
Chicória (folha)	<i>Chicorium intybus</i>	34
Escarola	<i>Chicorium endivia</i>	16,29 – 26,53
Mandioquinha	<i>Aracacia xanthorrhiza</i>	0,82
Batata-doce	<i>Ipomoea batatas Lam.</i>	0,61
Repolho	<i>Brassica Oleracea</i>	0,38

Adaptado de ALMEIDA-MURADIAN e PENTEADO, 2003

Na **Tabela 4**, podemos visualizar outra pró-vitamina A, a β -criptoxantina:

Tabela 4 – Fonte de β -criptoxantina em alguns alimentos brasileiros.

Alimento	Nome científico	β-criptoxantina ($\mu\text{g/g}$)
Pitanga	<i>Eugenia uniflora</i> L.	49
Cajá	<i>Spondias lútea</i> L.	16
Mamão	<i>Carica papaya</i>	9,7

Adaptado de NASCIMENTO, 2006.

O licopeno, atualmente é considerado o carotenóide com maior poder antioxidante, estando presente nos seguintes alimentos (**Tabela 5**):

Tabela 5 – Alguns alimentos fonte de licopeno.

Alimento	licopeno ($\mu\text{g/g}$)
Pitanga	72
Goiaba	66
Mamão	40
Melancia	36
Tomate	35

Adaptado de NASCIMENTO, 2006.

Em vegetais folhosos, além de conter β -caroteno também, encontra-se importantes fontes de luteína (**Tabela 6**):

Tabela 6 – Luteína em alguns vegetais folhosos.

Alimento	luteína ($\mu\text{g/g}$)
Rúcula	76
Espinafre	68
Almeirão	57
Agrião	56

Adaptado de NASCIMENTO, 2006.

2.3.7 Efeitos do processamento

Com estrutura altamente insaturada, os carotenóides são bastante susceptíveis a degradação (isomerização, oxidação e epoxidação) durante o processamento e estocagem dos alimentos (ALMEIDA-MURADIAN e PENTEADO, 2003; NASCIMENTO, 2006).

A isomerização de *trans*-carotenóides para *cis*-carotenóides são promovidas pelo contato com ácidos, tratamento térmico e exposição à luz, diminuindo a cor e alterando a atividade biológica do alimento (BRITTON *et al*, 1995).

A degradação dos carotenóides durante o processamento e estocagem aumenta a destruição da estrutura celular dos alimentos. Assim, o período ou severidade das condições de processamento (a temperatura de estocagem, a exposição à luz e permeabilidade da embalagem ao oxigênio) podem alterar os valores desses compostos (NASCIMENTO, 2006).

Em contrapartida, foi demonstrado que o cozimento ou processamento pode aumentar a biodisponibilidade dos carotenóides nos alimentos (GRANADO, *et al*, 1992; SÁ e RODRIGUEZ-AMAYA, 2003). Deste modo, como a maioria das hortaliças e tuberosas são consumidas após o cozimento em água, torna-se importante avaliar tais alterações causadas pelo tratamento térmico com relação aos pigmentos carotenóides (ALMEIDA-MURADIAN e PENTEADO, 2003).

2.4 Vitamina E

O termo vitamina E se refere a oito compostos homólogos, lipossolúveis, dentre eles, os tocoferóis (α -, β -, γ - e δ -), que possuem uma cadeia lateral saturada, e os tocotrienóis (α -, β -, γ - e δ -), que apresentam uma cadeia lateral insaturada com três duplas ligações (BRIGELIUS-FLOHÉ e TRABER, 1999; BRAMLEY *et al*, 2000; BIANCHINI-PONTUSCHKA e PENTEADO, 2003; COZZOLINO, 2007).

A vitamina E é sintetizada apenas por plantas, sendo os óleos vegetais as principais fontes, e neles estão contidos os isômeros mais abundantes o α - e o γ - tocoferóis (**Figura 8**). O α -tocoferol é o composto que apresenta maior atividade vitamínica, as outras formas naturais como β -, γ - e δ -tocoferóis e tocotrienóis, não contribuem para o preenchimento das necessidades de vitamina E, pois embora possam ser absorvidas, não são convertidas para α -tocoferol pelos humanos, além de serem fracamente reconhecidas pela proteína transportadora de α -tocoferol no fígado. Considera-se, a propósito de estabelecer as recomendações nutricionais dessa vitamina, que as formas mais importantes sejam as derivadas do α -tocoferol natural. (BURTON *et al*, 1985; COZZOLINO, 2007).

α -tocoferol

Figura 8. Estrutura química do α - e γ -tocoferol.

Fonte: BRIGELIUS-FLOHÉ e TRABER, 1999.

Portanto, a principal função da vitamina E é atuar como antioxidante lipídico não enzimático, tanto *in vitro* quanto *in vivo*, sendo também, parte integrante de um sistema de proteção que envolve outros componentes, dentre eles o ácido ascórbico e as enzimas como a glutathione redutase, a glutathione peroxidase, o superóxido dismutase e a catalase. Também há referências quanto ao sinergismo da vitamina E e do selênio na proteção de biomembranas contra o ataque oxidante (BIANCHINI-PONTUSCHKA e PENTEADO, 2003; COZZOLINO, 2007).

Dessa forma, há vários estudos epidemiológicos acerca da ação antioxidante da vitamina E no organismo e o benefício que ela traz, como por exemplo, o retardamento do envelhecimento precoce e a proteção contra danos no DNA; além de sua associação com a prevenção de doenças crônicas ligadas ao estresse oxidativo, a prevenção da aterosclerose, a inibição ou aumento da atividade de certas enzimas e o controle da expressão de genes como o da α -tropomiosina (BIANCHINI-PONTUSCHKA e PENTEADO, 2003).

Contudo, ainda não foi observada deficiência de vitamina E de origem alimentar em humanos, mas em animais experimentais ela resulta em falha reprodutiva, danos hepáticos e renais e anormalidades neurológicas. Porém, em humanos, a deficiência dessa vitamina aparece em crianças prematuras de baixo peso e em pacientes com anormalidades na absorção de gorduras, sendo sua

consequência o aparecimento de disfunções neurológicas (BIANCHINI-PONTUSCHKA e PENTEADO, 2003; COZZOLINO, 2007).

Além disso, o mecanismo de absorção da vitamina E ainda não está totalmente claro, pois, aparentemente todas as formas de vitamina E podem ser absorvidas pelas células intestinais. Entretanto, estudos recentes mostram que há alguma seletividade, pois a absorção do α -tocoferol é maior que a do γ -tocoferol. Ainda assim, a absorção dos tocoferóis é ineficiente sendo absorvido somente cerca de 20 a 40% do α -tocoferol ingerido. Essa eficiência na absorção e consequentemente, a biodisponibilidade da vitamina E é aumentada pelo consumo de alimentos fontes de gordura, como óleos vegetais (COZZOLINO, 2007).

Apesar disso, a deficiência de vitamina E é muito rara em humanos, e sintomas da deficiência em indivíduos normais com ingestão muito baixa nunca foram descritos. Em estudos de depleção, muitos meses são necessários antes que apareça qualquer queda significativa na concentração do tocoferol circulante nos indivíduos, indicando que as reservas nos tecidos são relativamente grandes (COZZOLINO, 2007).

Dessa forma, a recomendação para ingestão de vitamina E (DRIs) (**Tabela 7**), que foram elaboradas para a população dos Estados Unidos e do Canadá, tomaram como base estudos de indução da deficiência em humanos e na correlação entre a hidrólise do eritrócito induzida pelo peróxido de hidrogênio e a concentração de α -tocoferol no plasma. Devido ao fato do tocoferol ser transportado pelas lipoproteínas do plasma, sua recomendação é expressa por mol de colesterol ou mg de lipídeos totais (COZZOLINO, 2007).

Tabela 7 – Recomendações de ingestão de vitamina E.

Fases da vida	AI (mg/dia α -tocoferol)	EAR (mg/dia α -tocoferol)	RDA (mg/dia α -tocoferol)	UL (mg/dia α -tocoferol)
0 – 6 meses	4	-	-	-
7 – 12 meses	5	-	-	-
1 – 3 anos	-	5	6	200
4 – 8 anos	-	6	7	300
9 – 13 anos	-	9	11	600
14 – 18 anos	-	12	15	800
19 - >70 anos	-	12	15	1000
Gestação	-	12	15	800
Lactação	-	16	19	800

Fonte: COZZOLINO, 2007.

Contudo, é difícil avaliar o consumo da vitamina E pela ingestão alimentar, pois a principal fonte dessa vitamina são os óleos vegetais, e normalmente as pessoas desconhecem as quantidades adicionadas na preparação dos alimentos. Outras fontes alimentares dessa vitamina podem ser encontradas em alimentos de origem animal como ovos, leite e fígado, porém com teores mais baixos. Na **Tabela 8** constam alguns valores de vitamina E para alguns alimentos.

Tabela 8 – Conteúdo de vitamina E em alguns alimentos.

Alimento	Peso (g)	Vitamina E mg (αTE)
Óleo de gérmen de trigo	13,6	26
Óleo de girassol	13,6	7,0
Castanha-do-Brasil	70	5,0
Óleo de milho	13,6	2,9
Óleo de canola	13,6	2,9
Óleo de oliva	13,6	1,7
Abóbora	123	1,3
Brócolis cozido	85	0,9
Espinafre cozido	95	0,9
Quiabo cozido	92	0,6
Repolho crespo cozido	65	0,55
Couve cozida	90	0,55
Ovo cozido	48-50	0,5
Alface	56	0,3
Banana	118	0,30
Cenoura cozida	76	0,30
Purê de batata	105	0,30
Pão branco	28	0,30
Vagem de ervilha cozida	80	0,30
Arroz integral	98	0,26

Adaptado de COZZOLINO, 2007.

2.4 Minerais

Os minerais, são elementos inorgânicos amplamente distribuídos na natureza e que, no organismo, desempenham uma variedade expressiva de funções metabólicas que incluem ativação, regulação, transporte e controle. As necessidades de ingestão de minerais variam conforme a fase de crescimento, as condições

fisiológicas e o estado nutricional e de saúde do indivíduo (LOBO e TRAMONTE, 2004).

Assim, as frutas e os vegetais são exemplos de importantes fontes desses elementos essenciais que atuam na regulação do metabolismo enzimático, equilíbrio ácido-básico, irritabilidade nervosa e muscular, e a pressão osmótica. Os minerais facilitam, também, a transferência de compostos pelas membranas celulares e compõem tecidos orgânicos, além de possuírem funções sinérgicas entre si, visto que o excesso ou deficiência de um interfere no metabolismo do outro (BORGES *et al*, 2000).

Os minerais podem ser classificados (**Tabela 9**), no que se refere à quantidade e funções orgânicas em: eletrólitos, com relevante importância na manutenção do equilíbrio eletrolítico; macronutrientes ou minerais, presentes em maiores concentrações no organismo; micronutrientes, presentes em menor quantidade, mas com funções específicas e essenciais; e, elementos ultratraços, presentes em diminutas quantidades e com funções metabólicas ainda não totalmente elucidadas (BORGES *et al*, 2000).

Devido às dificuldades econômicas atuais, torna-se cada vez mais difícil adquirir alimentos adequados para o consumo do dia-a-dia, razão pela qual a alimentação equilibrada é atualmente uma das maiores preocupações do nosso cotidiano, e este trabalho visa contribuir para o conhecimento da composição do mangarito e de seus micronutrientes.

Tabela 9 – Classificação dos minerais.

Classificação	Minerais
Eletrólitos	Potássio (K)
	Cloro (Cl)
	Sódio (Na)
Macronutrientes ou minerais	Cálcio (Ca)
	Fósforo (P)
	Magnésio (Mg)
	Enxofre (S)
Micronutrientes essenciais ou elementos traço	Ferro (Fe)
	Zinco (Zn)
	Cobre (Cu)
	Iodo (I)
	Cromo (Cr)
	Selênio (Se)
	Manganês (Mn)
	Molibidênio (Mo)
	Níquel (Ni)
	Flúor (F)
Elementos ultratraços	Cobalto (Co)
	Silício (Si)
	Vanádio (V)
	Estanho (Sn)
	Chumbo (Pb)
	Mercúrio (Hg)
	Boro (B)
	Lítio (Li)
	Estrôncio (Sr)
	Cádmio (Cd)
	Arsênio (As)

Fonte: BORGES *et al*, 2000

2.4.1 Cálcio (Ca)

O cálcio é o mineral mais abundante no corpo humano, responsável por cerca de 1 a 2% do peso corporal. Um homem adulto contém aproximadamente 1000 a 1500g de cálcio (dependendo do sexo, raça e do peso do corpo) dos quais 99% são encontrados nos ossos na forma de hidroxipatita, que confere rigidez ao esqueleto e dentes. (ILICH e KERSTETTER, 2000; SILVA e COZZOLINO, 2007).

Por essa razão, o cálcio é provavelmente o nutriente mais estudado na área de saúde óssea e, é considerado importante na prevenção e tratamento da osteoporose. A ingestão adequada desse mineral, desde os primeiros anos de vida e, em especial, durante a adolescência, garante melhor densidade do osso, retardando assim o processo de perda óssea e subsequente desenvolvimento de osteoporose (BEDANI e ROSSI, 2005; NAVES *et al*, 2007).

Além da importância do cálcio para o osso, existem outras funções desse mineral. Várias proteínas de coagulação do sangue que necessitam de cálcio para sua atividade além de exercer papel funcional na regulação metabólica, na regulação da contração muscular, na secreção de hormônios e de neurotransmissores, entre outros (SILVA e COZZOLINO, 2007).

A necessidade de uma dieta rica em nutrientes é essencial, pois o cálcio é perdido diariamente pelo corpo em quantidades consideráveis. Essa perda ocorre por meio da pele, cabelo, unhas, suor, urina e secreções digestivas, em quantidades que vão de 4 a 8 mmol/dia em adultos, dependendo da atividade física e de outros constituintes da dieta, tais como sódio (BEDANI e ROSSI, 2005).

Assim, podemos obter o cálcio na dieta a partir da ingestão de alimentos naturalmente ricos em minerais (**Tabela 10**), tais como leite e produtos derivados e alimentos fortificados. Todavia, a ingestão de cálcio é, em geral,

insuficiente para atingir as necessidades do organismo, sobretudo no caso de adolescentes e idosos. Um agravante para o fato é a população de baixa renda que tem acesso limitado aos alimentos fonte de cálcio, sendo alvo de programas que incentivam o consumo de fontes alternativas desse nutriente (NAVES *et al*, 2007).

Tabela 10 – Conteúdo de cálcio em alguns alimentos.

Alimentos	Peso (g)	Cálcio (mg)
Leite desnatado	245	300
Leite integral	244	290
Castanha do brasil	70	123
Feijão de soja cozido	86	119
Beterraba cozida	72	82
Brócolis cozido	85	42
Abóbora cozida	123	32
Purê de batatas	105	27

Adaptado de: SILVA e COZZOLINO, 2007.

As recomendações de ingestão de cálcio (**Tabela 11**) são voltadas para o leite e os vegetais de folhas verdes, que são considerados alimentos ricos desse mineral. Geralmente os produtos lácteos contribuem com cerca de dois terços do cálcio alimentar; com vegetais, frutas e grãos suprimdo praticamente o restante. As carnes, aves e peixes suprem apenas uma pequena parte do cálcio da dieta (SILVA e COZZOLINO, 2007).

Tabela 11 – Ingestão adequada (AI) para cálcio.

Estágio da vida	Homens (mg/dia)	Mulheres (mg/dia)
Recém-nascidos		
0 – 6 meses	210	210
7 – 12 meses	270	270
Crianças		
1 – 3 anos	500	500
4 – 8 anos	800	800
9 – 13 anos	1300	1300
Adultos		
14 – 18 anos	1300	1300
19 – 30 anos	1000	1000
31 – 50 anos	1000	1000
51 – 70 anos	1200	1200
> 70 anos	1200	1200
Gravidez		
≤ 18 anos		1300
19 – 30 anos		1000
31 – 50 anos		1000
Lactação		
≤ 18 anos		1300
19 – 30 anos		1000
31 – 50 anos		1000

Fonte: SILVA e COZZOLINO, 2007

2.4.2 Ferro (Fe)

O ferro é o mineral mais estudado e descrito na história, é encontrado em todas as células dos seres vivos, tanto vegetais como animais e está distribuído por todos os alimentos. Sua função resulta de suas propriedades físicas e químicas, principalmente de sua habilidade de participar das reações de oxidação e redução,

como é o caso das enzimas envolvidas no processo de respiração celular (GERMANO, 2002).

A deficiência em ferro, incluindo a sua forma mais severa, a anemia, é a carência nutricional mais comum no mundo, onde crianças e mulheres em idades reprodutivas são os grupos mais vulneráveis à ocorrência dessa condição (ASSUNÇÃO e SANTOS, 2007).

Atualmente, a anemia atinge de 2 a 3 bilhões de indivíduos em todo o mundo. Dados da Organização Mundial da Saúde apontam que 2 milhões e 150 mil crianças na idade pré-escolar estão em risco de deficiência em ferro, com reflexos no desenvolvimento mental, incluindo apatia, irritabilidade, redução da capacidade de concentração e do aprendizado. No Brasil, estudos evidenciam índices de prevalência de anemia variando de 22 a 80% em crianças menores de 5 anos de idade. As dietas de indivíduos de baixa renda são ainda mais prejudicadas pela pouca ingestão de carnes (MACHADO; CANNIATTI-BRAZACA; PIEDADE, 2006; ASSUNÇÃO e SANTOS, 2007; HENRIQUES e COZZOLINO, 2007).

A diversidade da alimentação e o estado nutricional dos indivíduos com relação ao ferro têm importantes implicações para a fortificação de alimentos nos países em desenvolvimento. Como a maior parte do ferro de origem animal é mais biodisponível, as carnes são as melhores fontes desse elemento. A carne bovina possui 50% do seu teor de ferro na forma de ferro heme, cuja disponibilidade varia de 15 a 35%. Alimentos como espinafre, ostras, fígado, ervilhas, legumes e carnes possuem as maiores densidades de ferro (mg/kcal). Entretanto, nem o total de ferro contido no alimento nem a densidade do nutriente são guias sensíveis para escolha da fonte de ferro alimentar, pois algumas delas são praticamente não biodisponíveis (**Tabela 12**) (HENRIQUES e COZZOLINO, 2007).

Tabela 12 – Conteúdo de ferro em alguns alimentos.

Alimentos	Peso (g)	Ferro (mg)
Marisco no vapor	100	22
Vagem de ervilha cozida	80	1,75
Massa fresca cozida	150	1,7
Abóbora cozida	123	1,7
Espinafre cozido	95	1,4
Arroz branco	79	1,0
Brócolis cozido	85	0,68
Repolho cozido	65	0,59

Fonte: HENRIQUES e COZZOLINO, 2007

Portando, a biodisponibilidade de ferro presente na refeição depende da forma química, da presença ou ausência de fatores que influenciam a absorção e das necessidades de ferro do indivíduo.

A causa mais comum da anemia na infância pode ser devida à superconfiança no leite, fonte muito pobre de ferro, associada à pequena quantidade de carne ingerida. A solução nessa etapa do desenvolvimento é a utilização de fórmulas e cereais fortificados com ferro (ASSUNÇÃO e SANTOS, 2007).

A anemia é o resultado de uma insuficiência de hemoglobina na circulação e os sinais clínicos incluem capacidade de trabalho diminuída, apatia, cansaço persistente, respiração curta, palpitações, dores de cabeça, tontura e irritabilidade (SANT'ANA *et al*, 2006).

O conteúdo total de ferro no organismo varia de 800 a 1040 mmol (45-60mg)/kg de peso corporal do homem e de 630-730 mmol (34-41mg)/kg de peso corporal da mulher. Assim, verificamos os dados correspondentes a recomendação segundo as novas DRIs na **Tabela 13**.

Tabela 13 – Ingestão de referência de ferro.

Estágios da vida	AI/EAR mg/dia	RDA (mg/dia)	UL (mg/dia)
Recém-nascidos e crianças			
0 – 6 meses	0,27	-	40,0
7 – 12 meses	6,9	11,0	40,0
1 – 3 anos	3,0	7,0	40,0
4 – 8 anos	4,1	10,0	40,0
Meninos			
9 – 13 anos	5,9	8,0	40,0
14 – 18 anos	7,7	11,0	45,0
Meninas			
9 – 13 anos	5,7	8,0	40,0
14 – 18 anos	7,9	15,0	45,0
Homens			
19 – 70 anos	6,0	8,0	45,0
Mulheres			
19 – 30 anos	8,1	18,0	45,0
31 – 50 anos	8,1	18,0	45,0
51 – 70 anos	5,0	8,0	45,0
>70 anos	5,0	8,0	45,0
Gravidez			
≤ 18 anos	23,0	27,0	45,0
19 – 50 anos	22,0	27,0	45,0
Lactação			
≤ 18 anos	7,0	10,0	45,0
19 – 50 anos	6,5	9,0	45,0

Fonte: HENRIQUES e COZZOLINO, 2007.

2.4.3 Potássio (K)

O potássio é essencial para a síntese de proteínas e metabolismo dos carboidratos, transmissão nervosa, contração muscular e cardíaca, tonicidade

intracelular e função renal. São as maiores fontes de potássio os vegetais e as frutas, conforme mostra a **Tabela 14**.

Tabela 14 – Valores aproximados de potássio em alguns grupos de alimentos.

Grupos de alimentos	Potássio mg (mmol)/100kcal	Exemplos
Folhas verdes	1500 (38)	Espinafre, alface, repolho
Vegetais	1200 (30)	Tomates, abobrinha, jiló
Grãos	500 (13)	Ervilhas, feijão, soja
Frutas	430 (11)	Maça, laranja, banana
Tubérculos	400 (10)	Batata, batata doce

Adaptado de: IOM, 2007.

Sua absorção ocorre rapidamente pelo trato gastrointestinal e sua reabsorção é renal. Os sinais e sintomas clínicos de deficiência são: diminuição dos reflexos, paralisia, parestesia, confusão mental, vômitos, distensão peritoneal, arritmia cardíaca, diminuição da frequência respiratória e dispnéia, diminuição da filtração glomerular, dores musculares e hipotensão.

As recomendações de potássio segundo a DRIs, verificamos na **Tabela 15**.

Tabela 15 – Ingestão de referência de potássio

Estágios da vida	AI (g/d)
Recém-nascidos e crianças	
0 – 6 meses	0,4
7 – 12 meses	0,7
1 – 3 anos	3,0
4 – 8 anos	3,8
Meninos	
9 – 13 anos	4,5
14 – 18 anos	4,7
Meninas	
9 – 13 anos	4,5
14 – 18 anos	4,7
Homens	
19 – 70 anos	4,7
Mulheres	
19 – 70 anos	4,7

Adaptado de: IOM, 2007.

2.4.4 Sódio (Na)

O sódio é o principal cátion do fluido extracelular, essencial à manutenção da pressão osmótica do sangue, plasma e fluidos intercelulares. Dessa forma, é essencial para a distribuição orgânica de água e volume sanguíneo, que são fundamentais na manutenção do equilíbrio ácido-básico. Verificamos os valores de sódio em alguns alimentos na **Tabela 16**; bem como os valores de ingestão diária do sódio na **Tabela 17**.

Tabela 16 – Valores aproximados de sódio em alguns alimentos.

Alimentos	Sódio mg (mmol)/100kcal
Leite	122
Banana	1
Cenoura	62
Salmão	44

Adaptado de: IOM, 2007.

Tabela 17 – Ingestão de referência do sódio.

Estágios da vida	AI (g/d)	UL (g/d)
Recém-nascidos e crianças		
0 – 6 meses	0,12	-
7 – 12 meses	0,37	-
1 – 3 anos	1,0	1,5
4 – 8 anos	1,2	1,9
Meninos		
9 – 13 anos	1,5	2,2
14 – 18 anos	1,5	2,3
Meninas		
9 – 13 anos	1,5	2,2
14 – 18 anos	1,5	2,3
Homens		
19 – 30 anos	1,5	2,3
31 – 50 anos	1,5	2,3
50 – 70 anos	1,3	2,3
> 70 anos	1,2	2,3
Mulheres		
19 – 30 anos	1,5	2,2
31 – 50 anos	1,5	2,3
51 – 70 anos	1,3	2,3
>70 anos	1,2	2,3
Gravidez		
≤ 18 anos	1,5	2,3
19 – 50 anos	1,5	2,3
Lactação		
≤ 18 anos	1,5	2,3
19 – 50 anos	1,5	2,3

Adaptado de: IOM, 2007.

2.4.5 Zinco (Zn)

O zinco é o segundo elemento traço mais abundante no corpo humano, sendo um componente essencial para a atividade de mais de 300 enzimas e estabilizador de estruturas moleculares de constituintes citoplasmáticos. Além disso, participa da síntese e da degradação de carboidratos, lipídeos, proteínas e ácidos nucléicos, e desempenha função primordial na transcrição de polinucleotídeos e, conseqüentemente, na regulação de expressão gênica (YUYAMA *et al*, 2007b).

A deficiência desse mineral é considerada um problema nutricional mundial, pois afeta igualmente grupos populacionais em países desenvolvidos e em desenvolvimento, por exemplo, países latino-americanos e dos Estados Unidos da América, onde a ingestão média de zinco varia entre 50 a 80% da recomendação. Assim, os grupos de maior risco para a deficiência de zinco, são as crianças, idosos, mulheres grávidas, vegetarianos, pessoas com dieta para emagrecimento, alguns grupos de atletas, pessoas hospitalizadas e institucionalizadas, indivíduos com doenças crônicas inflamatórias, entre outros (CESAR *et al*, 2005).

As principais fontes alimentares de zinco são ostras, camarão, carnes bovinas, de frango e de peixe, fígado, gérmen de trigo, grãos integrais, castanhas, cereais, leguminosas e tubérculos. As frutas, hortaliças e outros vegetais em geral são fontes pobres de zinco (**Tabela 18**).

Tabela 18 – Conteúdo de zinco em alguns alimentos.

Alimentos	Peso (g)	Zinco (mg)
Ostras cozidas	100	39
Castanha-do-Brasil	70	3,2
Feijão cozido	127	1,8
Ervilhas partidas cozidas	98	1,0
Arroz integral	98	0,61
Abóbora cozida	90	0,35
Brócolis cozido	85	0,29
Purê de batata	105	0,28

Fonte: YUYAMA *et al*, 2007b

Com base no organismo adulto humano que possui cerca de 2,0g de zinco, sendo que 80% são distribuídos em ossos, músculos, fígado e pele, a concentração de zinco no plasma está ao redor de 100 μ L/dL. As recomendações de zinco (Tabela 19) foram baseadas em medidas de perdas basais durante estudo metabólico e análises fatoriais (YUYAMA *et al*, 2007b).

Tabela 19 – Recomendações de ingestão diária de zinco.

Estágios da vida	AI/EAR mg/dia	RDA (mg/dia)	UL (mg/dia)
Recém-nascidos e crianças			
0 – 6 meses	-	2,0	4,0
7 – 12 meses	2,2	3,0	5,0
1 – 3 anos	2,2	3,0	7,0
4 – 8 anos	4,0	5,0	12,0
9 – 13 anos	7,0	8,0	23,0
Homens			
14 – 18 anos	8,5	11,0	34,0
19 – 30 anos	9,4	11,0	40,0
31 – 50 anos	9,4	11,0	40,0
50 – 70 anos	9,4	11,0	40,0
> 70 anos	9,4	11,0	40,0
Mulheres			
14 – 18 anos	7,3	9,0	34,0
19 – 30 anos	6,8	9,0	40,0
31 – 50 anos	6,8	9,0	40,0
50 – 70 anos	6,8	9,0	40,0
> 70 anos	6,8	9,0	40,0

Fonte: YUYAMA *et al*, 2007b

2.5 Fibra alimentar

A fibra alimentar é considerada como principal componente de vegetais, frutas e cereais integrais, o que permitiu que esses alimentos pudessem ser incluídos na categoria dos alimentos funcionais, pois a sua utilização dentro de uma dieta equilibrada pode reduzir o risco de algumas doenças, como as coronarianas e certos tipos de câncer (GIUNTINI; LAJOLO; MENEZES, 2003; CALLEGARO *et al*, 2005; GONÇALVES *et al*, 2007).

Estudos sobre a relação das fibras com a saúde começaram na década de 1970, evidenciando que em comunidades as quais consumiam poucos alimentos processados industrialmente, eram raras as doenças como hipertensão, infarto do miocárdio, obesidade e distúrbios gastrointestinais (GONÇALVES *et al*, 2007).

Nos países ibero-americanos existem um grande potencial de alimentos e produtos que vêm sendo pesquisados, nem sempre convencionais, mas de grande importância do ponto de vista nutricional e que poderiam ser melhor explorados (GIUNTINI; LAJOLO; MENEZES, 2003).

A fibra dietética ou alimentar é a parte comestível de plantas ou análogos aos carboidratos que são resistentes à digestão e absorção pelo intestino delgado humano, com fermentação parcial ou total no intestino grosso (GONÇALVES *et al*, 2007).

Existem dois tipos de fibras dietéticas quanto à solubilidade: insolúveis, representadas por celulose, hemicelulose e lignina; e solúveis, representadas pela pectina, goma guar, fibras da aveia e das leguminosas. Enquanto as fibras insolúveis são importantes para fornecer a massa necessária para a ação peristáltica

do intestino, as fibras solúveis têm a propriedade de se ligarem à água, formando um gel que reduz a absorção de lipídeos e açúcares, tornando-se substrato para a formação da flora bacteriana (GONÇALVES *et al*, 2007).

Há recentes pesquisas associando o consumo de alimentos ricos em fibras como: a aveia, o feijão, a maçã, o tomate, a abóbora, a cenoura, a berinjela, a chicória, entre outras, com a redução do risco de doenças (GONÇALVES *et al*, 2007). Dessa forma a análise do teor de fibras do mangarito, faz com que esse trabalho possa contribuir com a formação do banco de dados de composição de alimentos e informar a população sobre a composição do mesmo.

3 OBJETIVOS

O objetivo principal do presente estudo foi avaliar a qualidade nutricional do Mangarito (*Xanthosoma mafaffa* Schott) e contribuir com dados para a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos.

Os objetivos específicos são:

- Determinar a composição centesimal e verificar a influência da colheita em diferentes épocas do ano na composição dos macronutrientes do mangarito;
- Verificar as concentrações de fibras e sua alteração com o cozimento no mangarito;
- Identificar e quantificar os carotenóides majoritários e suas alterações com o processamento do mangarito;
- Identificar e quantificar o α -tocoferol presente no mangarito;
- Identificar e quantificar os principais minerais que compõem o mangarito.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Amostras

As amostras para a análise do mangarito foram provenientes de uma plantação particular, do produtor Sr. João Lino Vieira, localizada no interior do Estado de São Paulo, em Sarapuí, região administrativa de Sorocaba.

O procedimento da colheita do mangarito foi caracterizada pela secagem das folhas, que é o indicativo de que os rizomas podem ser retirados da terra. Dependendo da época do plantio, todos os pés de uma plantação podem apresentar esse sinal de colheita.

É o caso das amostras adquiridas para as análises as quais foram colhidas nos meses de maio e setembro dos anos de 2005 e 2006 e maio de 2007.

4.1.1 Preparo das amostras

Logo após a colheita, os rizomas do mangarito foram selecionados para análise conforme seu tamanho e coloração (**Figura 9**), assim, foram obtidas quantidades iguais das variações citadas, para que se caracterizasse o consumo caseiro da amostra.

Figura 9. A: variações de tamanho e **B:** variação da coloração do mangariti (*Xanthosoma mafaffa* Schott)

Os rizomas foram lavados em água corrente, com a finalidade de retirar resíduos de terra, insetos e larvas, e então enxutos e descascados para a análise do mangariti cru. Após esse processo, a amostra foi triturada em processador, para garantir a homogeneidade e dar sequência às análises.

4.1.2 Cocção da amostra

O processo de lavagem foi realizado conforme método acima citado. Assim, os mangaritos foram cozidos em panela antiaderente com água destilada fervente, utilizando-se cerca de 400mL de água para cada 10g de rizoma.

Após o tratamento térmico estipulado de 40 minutos, o mangarito foi imediatamente resfriado em água destilada para a retirada da casca. A homogeneização da amostra foi realizada em processador, para subseqüentes análises.

4.2 Reagentes

Foram utilizados reagentes e solventes P.A. para as análises da composição centesimal, de carotenóides e de fibras; e para análises no cromatógrafo líquido de alta eficiência, foram utilizados reagentes grau HPLC e padrão de α -tocoferol da marca Sigma[®].

4.3 Análise da composição centesimal

4.3.1 Umidade

A determinação de umidade foi realizada por três métodos diferentes de gravimetria: secagem direta em estufa a 105°C, em estufa a vácuo a 70°C e pelo processo de liofilização a vácuo a uma temperatura de -40°C.

Em todos os procedimentos, pesou-se cerca de 10g de amostra em cápsula de porcelana, para a estufa a 105°C; em placa de metal com tampa, para estufa a vácuo a 70°C; e, em placa de metal sem tampa, para o liofilizador, sendo que, todos os materiais foram previamente tarados.

Na estufa a 105°C, as amostras foram aquecidas por 3 horas, posteriormente resfriadas em dessecador até a temperatura ambiente, em seguida pesadas. Foi repetida a operação de aquecimento por mais 2 horas até obter o peso constante da amostra (BRASIL, 2005).

As amostras foram aquecidas por 6 horas para a análise realizada em estufa a vácuo e posteriormente resfriadas em dessecador até a temperatura ambiente e, em seguida, pesadas. Houve a necessidade do aquecimento por mais 13 horas para se obter o peso constante (BRASIL, 2005).

A umidade determinada pelo processo de liofilização foi realizada no equipamento da marca Edwards® modelo EC Super Modulyo, a temperatura de -40°C por 48 horas e vácuo final inferior a 4×10^{-1} Torr, segundo as normas do fabricante. O princípio do processo de liofilização é a separação por sublimação, sendo assim, a água é removida como vapor da substância congelada. Este processo tem como objetivo preservar a qualidade do produto além de minimizar algumas reações de degradação que ocorre durante a secagem, como exemplos, a reação de Maillard, desnaturação de proteínas e reações enzimáticas (LIAPIS *et al*, 1985; BOSS, 2004).

Das amostras obtidas com a secagem foram realizadas as seguintes análises: resíduo mineral fixo (cinzas), extrato etéreo (lipídeos) e nitrogênio total (proteína).

4.3.2 Resíduo por incineração (cinzas)

A determinação do resíduo por incineração ou cinzas foi realizada por gravimetria. Pesou-se aproximadamente 5g de amostra em cadinhos de porcelana previamente tarados. Posteriormente, numa chapa elétrica, a amostra foi carbonizada e em seguida incinerada em mufla a 550°C, até a eliminação completa da matéria orgânica (BRASIL, 2005).

Quando as cinzas ficaram brancas ou levemente acinzentadas, modificação ocorrida num período de 8 horas, as amostras foram resfriadas em dessecador até a temperatura ambiente e posteriormente pesadas.

4.3.3 Extrato etéreo (lipídeos)

A fração extrato etéreo foi determinada em extrator intermitente de Soxhlet utilizando-se éter etílico como solvente (BRASIL, 2005).

4.3.4 Nitrogênio total

O teor de nitrogênio total foi determinado pelo método Micro-Kjeldahl, utilizando-se o fator 6,25 para a transformação deste em proteína (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, 1995)

4.3.5 Carboidratos totais

Os teores de carboidratos totais foram obtidos por diferença e os resultados calculados em base seca foram convertidos para base integral.

4.3.6 Valor calórico total

O valor calórico total foi determinado a partir dos resultados das análises de carboidratos, proteínas e lipídeos. O cálculo é realizado pelo sistema de Atwater, baseado na multiplicação dos seguintes fatores: proteína x 4 kcal/g, lipídeos x 9 kcal/g e carboidratos x 4 kcal/g (MENEZES *et al*, 2005).

4.3.7 Análise de Fibra Alimentar

As frações insolúveis e solúveis da fibra alimentar foram determinadas segundo o método da AOAC (1995) sob o número 991.43, pelo princípio enzimático e gravimétrico. A fibra alimentar total foi obtida pela soma das frações insolúveis e solúveis, como preconiza o método.

4.4 Análise de minerais

A técnica para a determinação de minerais foi realizada pela Análise por Ativação com Nêutrons Instrumental (AANI), no Instituto de Pesquisa Energéticas Nucleares (IPEN-CNEN) em São Paulo.

As amostras foram submetidas à irradiação com nêutrons no reator e posteriormente, foram feitas as leituras da atividade gama induzida nos espectrômetros de raios gama. Utilizou-se a AANI comparativa onde em cada análise foi irradiada conjuntamente duas amostras (duplicata), uma amostra de material de referência e os padrões sintéticos (MAIHAMA *et al*, 2001).

4.5 Análise de carotenóides

A determinação de carotenóides foi baseada no procedimento descrito por RODRIGUEZ *et al* (1976) e colaboradores, com modificações conforme necessidade de melhor extração e purificação das porções. A análise consta basicamente de uma extração, saponificação, e cromatografia em coluna aberta para separação dos pigmentos.

4.5.1 Extração

Considerando que o tecido vegetal contém elevada porcentagem de água e que os carotenóides são lipossolúveis, utilizou-se a acetona como solvente extrator, pois é um solvente orgânico miscível em água.

Antes da extração propriamente dita, as amostras ficaram em contato com o solvente por 20 minutos e sob refrigeração, ao abrigo da luz.

Assim, as amostras foram homogeneizadas em extrator mecânico (Turax) e filtradas a vácuo. Este procedimento foi repetido por cinco vezes ou até que o resíduo da amostra se apresentasse incolor. Os filtrados combinados,

contendo os pigmentos dissolvidos em acetona, foram transferidos para o éter de petróleo.

Uma vez quantitativamente transferidos para o éter de petróleo, mais lavagens com água foram efetuadas para assegurar a retirada completa da acetona.

A solução de éter com os pigmentos foi recolhida para um balão volumétrico, onde houve o teste de saponificação.

4.5.2 Saponificação

A solução contendo os pigmentos extraídos e armazenados em balão volumétrico foi saponificada para prevenir a interferência de lipídeos e clorofila nas etapas posteriores.

A saponificação dos pigmentos foi feita por meio da adição de uma solução de hidróxido de potássio a 10% em metanol, na proporção de 1:1 em relação ao volume do éter de petróleo.

Esta mistura permaneceu em repouso por uma noite (aproximadamente 12 horas) à temperatura ambiente e ao abrigo da luz. Após a saponificação, esta solução foi submetida a lavagens sucessivas com água destilada, em funil de separação, até a eliminação total da base. Adicionou-se, à solução de pigmentos, uma pequena porção de sulfato de sódio anidro, com a finalidade de retirar água residual da amostra.

4.5.3 Separação dos carotenóides

4.5.3.1 Cromatografia em coluna de MgO:Hyflosupercel

Para a cromatografia em coluna aberta, a solução de pigmentos foi concentrada em um evaporador rotativo, a vácuo, à temperatura de 35° C.

A separação efetuou-se em coluna de vidro (dois cm de diâmetro por 25 cm de altura) adaptada a um frasco de Kitassato. O empacotamento ocorreu a seco com uma mistura de Óxido de Magnésio (MgO):Hyflosupercel (1:2) ou (1:3), conforme necessário, até uma altura de 15 cm. No topo da mistura acrescentou-se um cm de sulfato de sódio anidro para reter a água que ainda estivesse presente na amostra.

Adicionou-se, então, éter de petróleo para umedecer a coluna e em seguida aplicou-se quantitativamente a amostra concentrada. Assim que toda a amostra foi adsorvida, a cromatografia foi desenvolvida com aplicação de vácuo, utilizando-se inicialmente, como fase móvel, éter de petróleo e depois concentrações crescentes de éter etílico (2 a 5%) ou acetona (1 a 30%) em éter de petróleo, com o intuito de manter um gradiente de polaridade.

Após a separação dos pigmentos, por faixas coloridas correspondentes a cada carotenóide, cada fração da eluição foi cortada e recolhida em cadinho de placa sinterizada e este, foi lavado com acetona para a retirada dos pigmentos, que foram recolhidos, filtrados e transferidos para o éter de petróleo.

As frações foram transferidas para balões volumétricos e em seguida para a identificação e quantificação por espectrofotometria nos comprimentos de onda de 350 a 550nm.

4.5.3.2 Cromatografia em coluna de Hidróxido de cálcio

Este procedimento tem a finalidade de identificar isômeros nas frações de carotenos.

Após a identificação e quantificação das frações, a amostra em éter de petróleo foi concentrada em evaporador rotativo a uma temperatura não superior a 35 °C, a fim de evitar a degradação dos carotenóides. A separação dos mesmos ocorreu em uma coluna de vidro empacotada com hidróxido de cálcio, adicionou-se no topo uma pequena quantidade de sulfato de sódio anidro, e como fase móvel utilizou-se o éter de petróleo.

O procedimento seguinte foi realizado conforme a separação em coluna de MgO:Hyflosupercel. Após o recolhimento das frações, por ordem de eluição, em balão volumétrico com éter de petróleo, as frações foram identificadas e quantificadas por espectrofotometria nos comprimentos de onda de 350 a 550nm.

4.5.4 Identificação dos carotenóides

4.5.4.1 Espectrofotometria de absorção na região visível e ultra-violeta

Os espectros de absorção de cada fração foram obtidos na faixa de comprimento de onda de 350 a 550nm em espectrofotômetro de duplo feixe SHIMADZU UV-1650PC acoplado a um computador. Uma vez identificados os picos,

foram comparados com os valores já tabelados para vários carotenóides (DAVIES, 1976).

4.5.4.2 Isomeria *cis-trans*

Para identificar a isomeria *cis-trans* das frações dos carotenóides, foram realizadas reações químicas adicionando-se três gotas de solução de iodo em éter de petróleo, imediatamente após o registro do espectro da mesma.

Após 5 minutos de exposição à luz, registrou-se novamente o espectro e a configuração *todo-trans* pôde ser confirmada quando houve o deslocamento hipsocrômico (para menores comprimentos de onda) e a *cis* pelo deslocamento bacrômico (para maiores comprimentos de onda) ou pela ausência de deslocamento.

4.5.4.3 Quantificação dos carotenóides

A quantificação de cada pigmento foi realizada a partir da absorbância máxima obtida no espectro de absorção visível e absortividade correspondente, baseando-se na lei de Beer e usando-se a seguinte fórmula:

$$\mu\text{g carotenóides/g amostra integral} = \frac{A \times vol \times 10^5}{100 \times E_{1\text{cm}}^{1\%} \times peso}$$

onde:

A = absorbância máxima obtida no espectro de absorção;

vol = volume do solvente no qual se encontra dissolvido o pigmento carotenóide (mL);

$E_{1cm}^{1\%}$ = coeficiente de extinção, específico para cada pigmento num determinado solvente;

$peso$ = peso da amostra integral (g),

10^6 = fator de conversão de g para μg

Os valores dos coeficientes de extinção $E_{1cm}^{1\%}$ utilizados nos cálculos dos teores de carotenóides foram àqueles citados por Davies (1976), referentes ao éter de petróleo como solvente.

4.5.5 Cálculo do valor de vitamina A

A vitamina A presente nos alimentos é expressa em termos de equivalentes de retinol, ou seja, a soma das vitaminas provenientes do retinol pré-formado e dos carotenóides. Por causa da baixa absorção dos carotenos e da clivagem incompleta para gerar retinol, é geralmente aceito que 12 μg de β -caroteno são equivalentes a 1 μg de retinol ou equivalente de retinol (RE) ou 1 atividade de equivalente de retinol (RAE), e que 24 μg de outros carotenóides sejam equivalentes a 1 μg de retinol (**Tabela 20**) (YUYAMA *et al*, 2007a).

Os cálculos efetuados para a vitamina A foram utilizados conforme **Tabela 8**, levando em consideração a atividade vitamínica A de cada carotenóide precursor.

Tabela 20 – Fatores de conversão em equivalentes de retinol.

FBN (2000)	
1 Atividade de equivalente de retinol (RAE)	= 1µg de retinol <i>todo-trans</i> = 12µg de β-caroteno <i>todo-trans</i> = 24µg de outras pró-vitaminas A
1 UI Atividade de vitamina A	= 0,3µg de retinol <i>todo-trans</i> = 3,6µg de β-caroteno <i>todo-trans</i> = 7,2µg de outras pró-vitaminas A

Fonte: YUYAMA *et al*, 2007

4.6 Análise de vitamina E (α-tocoferol)

O método para a determinação da vitamina E (PRESOTO; RIOS; ALMEIDA-MURADIAN, 2000; OLIVEIRA, 2005) do mangarito (*Xanthosoma mafaffa* Schott) foi a cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE).

A extração do α-tocoferol consistiu no mesmo método descrito para os carotenóides, conforme o item 4.5.1. O extrato etéreo foi concentrado em um evaporador rotativo, ressuspenso em 10mL de fase móvel e filtrado em unidade filtrante de 0,22µm.

Em seguida, a amostra foi analisada no cromatógrafo líquido da marca Shimadzu modelo 20A, composto por uma bomba modelo LC-20AT, injetor manual e detector de fluorescência modelo RF-10AXL, programado para 295nm de excitação e 330nm de emissão. A separação foi realizada em coluna de sílica Shimpack CLC-Sil de 25 cm e com fase móvel, previamente filtrada e degaseificada, composta de hexano e álcool isopropílico (99:1) com fluxo de 1,0 mL/min.

O α -tocoferol foi identificado por comparação do tempo de retenção do padrão sintético e a quantificação foi realizada a partir da curva de calibração, utilizando cinco níveis da solução padrão (**Figura 10**).

Figura 10. Curva de calibração do padrão de α -tocoferol.

4.7 Análise estatística

Todos os dados obtidos foram analisados no software Statística® 6.0, no qual foram realizados testes quanto à distribuição normal (teste de Shapiro-Wilk) e a homogeneidade de variância (testes de Levene e Brown-Forsythe). Na constatação de que foram satisfeitas as condições para aplicação dos testes estatísticos paramétricos de comparação de médias, a comparação entre os resultados antes e após a cocção do mangarito (porcentagem da umidade, cinzas, proteínas e lipídeos, fibras solúveis e insolúveis, α -caroteno, ζ -caroteno e α -tocoferol) e entre as amostras submetidas ou não à saponificação foi realizada de forma pareada pelo teste t de Student para amostras dependentes. Nos conjuntos de dados em que não foram observadas distribuição normal e, principalmente, a

homogeneidade das variâncias, o teste estatístico não-paramétrico de Wilcoxon foi adotado. A comparação entre os três métodos de secagem de umidade foi realizada por One-way ANOVA seguida de Tukey.

Os resultados foram expressos como média $\pm$ desvio padrão. Todas as análises estatísticas foram realizadas adotando-se nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todas as análises foram realizadas em triplicata e os resultados apresentados são as médias e os desvios-padrão em base integral.

5.1 Composição centesimal

Inicialmente, foi realizada uma análise comparativa entre três métodos para determinar a umidade no mangarito, em estufa a 105°C, estufa a 70°C e liofilizador a -40°C, e se entre as metodologias haveria variação nos resultados.

Após a realização dos três métodos, verificou-se inicialmente a alteração de coloração da amostra (**Figura 11**).

Figura 11. Determinação de umidade por: **A:** estufa a 105°C por 6 horas; **B:** estufa a vácuo a 70°C por 19 horas e **C:** liofilizador por 48 horas.

Assim, descartou-se a possibilidade de dar continuidade com o método de secagem na estufa a 105°C, pois, em se tratando de uma amostra vegetal ocorre um superaquecimento com caramelização, ocasionando a superestimação do valor

de umidade para a amostra. O mesmo ocorreu com a amostra seca na estufa a 70°C , além do elevado tempo que foi necessário para se obter o peso constante. Outro problema encontrado nas amostras secas em estufas foi a dificuldade de homogeneização, pois, a caramelização forma grânulos que não se destacam nem em moinho analítico.

Por fim, a amostra que sofreu secagem pelo método de liofilização, teve a menor alteração na coloração, além do processo ser simples, e que não necessita de várias pesagens até se obter o peso constante.

Comparando-se as médias pelo teste de Tukey, verificou-se que as amostras secas em estufa a 70°C e em liofilizador não apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$). Os valores dos resultados para a análise de umidade pelos três métodos aplicados estão na **Tabela 21**.

Assim, o método de liofilização foi escolhido para a determinação de umidade, e a partir das amostras secas foram realizadas as análises de resíduo por incineração (cinzas), extrato etéreo (lípidos) e nitrogênio total (proteínas).

Os resultados obtidos da análise centesimal de cinco colheitas do mangarito (*Xanthosoma mataffa* Schott) estão apresentados na **Tabela 22**.

No ano de 2005, a umidade do mangarito cru variou de 69,93 a 76,09%, os valores de cinzas entre de 0,28 a 0,41%, os valores de lípidos entre 0,12 a 0,16%, e a proteína entre 0,61 a 2,71%. O cálculo dos carboidratos por diferença variou entre os valores de 22,90 a 26,79%.

As análises do mangarito cozido não puderam ser realizadas no ano de 2005, pela insuficiência de amostra.

Em 2006, nos meses de maio e setembro, o valor de umidade variou de 62,96 a 73,30% para o mangarito cru e 63,15 a 73,71% para o mangarito cozido.

O valor de cinzas variou de 1,22 a 1,44% na amostra crua e de 1,20 a 1,36 para a amostra cozida. Os resultados para os lipídeos variaram entre 0,24 a 0,37% no mangarito cru e de 0,12 a 0,19% no cozido. Os valores de proteína foram de 1,35 a 3,53% para a amostra crua e de 1,34 a 3,37% para a amostra cozida.

No mês de maio de 2007 os valores das seguintes determinações diminuíram com o cozimento: cinzas em 9,52%, os lipídeos em 7,69% e o teor de proteína em 6,86%. Em relação à análise de fibras alimentares, foram observados valores de 0,34 e 2,19 para fibras solúveis e 2,28 e 1,3 para fibras insolúveis no mangarito cru e cozido, respectivamente. Os resultados de fibras totais não apresentaram diferença estatisticamente significativa entre o mangarito cru e cozido.

Os resultados obtidos da umidade mostram diferenças dos dados entre os meses de maio a setembro, que podem ser explicados pelo maior índice de chuva que ocorre no período (janeiro a março) que antecede o mês de maio.

A diminuição no teor de Resíduo Mineral Fixo (RMF) após o cozimento pode estar relacionado à solubilização dos sais da amostra na água do cozimento, no entanto, a diminuição observada nos teores de lipídeos pode estar relacionada à presença de compostos com polaridade intermediária que podem ter solubilizado na água do cozimento.

Não existem artigos científicos em relação à composição centesimal do mangarito, entretanto, num estudo realizado sobre tuberosas, Almeida e Penteado (1987a, 1987b e 1988) verificaram um aumento da umidade no cozimento da mandioquinha (*Arracacia xanthorrhiza*) e da batata-doce (*Ipomoea batatas* (L) Lam.), além da diminuição nos valores de cinzas, extrato etéreo e proteínas, comportamento igualmente apresentado pelo mangarito.

Tabela 21 – Comparação da determinação de umidade do mangarito (*Xanthosoma mafaffa* Schott) por três métodos, expresso em porcentagem.

Equipamentos	Tempo (horas)	Média da umidade (%)*
Estufa a 105°C	6	71,37±0,16 ^a
Estufa a vácuo 70°C	19	73,12±0,15 ^b
Liofilizador a -40°C	48	73,30±0,11 ^b

Médias com letras diferentes representam diferenças significativas (p<0,05).

* Média ± Desvio Padrão de n= 3.

Tabela 22 – Composição centesimal de cinco colheitas do mangarito (*Xanthosoma mafaffa* Schott), expressa em porcentagem*.

Composição centesimal	maio de 2005	setembro de 2005	maio de 2006	setembro de 2006	Maio de 2007
	Cru	Cozido	Cru	Cozido	Cru
Umidade	76,09±0,12	-	73,30±0,11	73,71±0,98**	62,96±0,11
Cinzas [†]	0,28±0,01	-	1,22±0,01	1,20±0,02**	1,44±0,02
Lípidios [†]	0,12±0,01	-	0,37±0,02	0,12±0,01**	0,24±0,01
Proteínas [†]	0,61±0,07	-	2,71±0,06	1,34±0,01**	3,53±0,01
Fibra alimentar total	-	-	-	-	-
Carboidratos	22,90±0,21	-	23,76±0,19	23,63±1,02	31,83±0,15
VCT	95,12	-	119,44	100,96	143,60
					142,91
					68,61
					65,48

* Média ± Desvio Padrão de n= 4

[†] Valores transformados para base integral

VCT: Valor Calórico Total (kcal/100g)

** Diferença significativa em relação ao mangarito cru e cozido (p<0,05).

5.2 Análise de minerais

As análises de minerais foram realizadas nas amostras cruas e cozidas do mangarito provenientes da safra de setembro de 2006.

A técnica de análise de ativação com nêutrons apresentou os seguintes elementos minerais: Bromo (Br), Cálcio (Ca), Cobalto (Co), Césio (Cs), Ferro (Fe), Potássio (K), Sódio (Na), Rubídio (Rb) e Zinco (Zn).

Os resultados das análises estão apresentados na **Tabela 23**.

Tabela 23 – Média* dos resultados da análise de minerais no mangarito (*Xanthosoma mafaffa* Schott) cru e cozido da safra de setembro de 2006.

Minerais	Mangarito cru	Mangarito cozido
Br ($\mu\text{g/g}$)	1,7 $\pm$ 0,1	2,58 $\pm$ 0,02
Ca ($\mu\text{g/g}$)	2906,0 $\pm$ 168,0	3330,0 $\pm$ 200
Co (ng/g)	16,0 $\pm$ 2,0	7,9 $\pm$ 1,6
Cs (ng/g)	10,7 $\pm$ 1,3	11,5 $\pm$ 0,01
Fe ($\mu\text{g/g}$)	39,0 $\pm$ 4,0	18,1 $\pm$ 1,4
K ($\mu\text{g/g}$)	14087,0 $\pm$ 671	13004,0 $\pm$ 668
Na ($\mu\text{g/g}$)	16,0 $\pm$ 2,0	17,9 $\pm$ 1,7
Rb ($\mu\text{g/g}$)	21,8 $\pm$ 1,7	22,3 $\pm$ 1,8
Zn ($\mu\text{g/g}$)	42,0 $\pm$ 3,0	52,0 $\pm$ 3,0

* Média $\pm$ Desvio Padrão de n=3

Avaliando-se individualmente os elementos minerais, observa-se que a quantidade de bromo no mangarito cru foi de 1,7 $\mu\text{g/g}$ e no cozido de 2,58 $\mu\text{g/g}$.

O cálcio presente no mangarito apresentou valores de 290,6mg/100g na amostra crua e 333,0mg/100g na amostra cozida. Esse mineral, além de

desempenhar seu papel na estrutura do osso, ele está presente nos tecidos moles e músculos. Observa-se como alimentos fontes de cálcio alguns vegetais como a beterraba cozida com 113,88mg/100g, o feijão cozido que possui 50,40mg/100g e o brócolis cozido com 49,41g/100g (SILVA e COZZOLINO, 2007), visivelmente, o mangarito apresenta valores de cálcio superiores aos alimentos citados.

Quanto ao cobalto no mangarito cru o valor foi de 16,0ng/g e no mangarito cozido foi de 7,9ng/g.

Apesar da toxicidade do cézio ser relativamente baixa, ele é considerado um elemento ultratraço contaminante, e não um mineral nutriente, isso se deve, por não haver comprovação de sua necessidade fisiológica. A ingestão diária média de cézio por um indivíduo é cerca de 8,8 μ g (MAZZANTINI *et al*, 2007). A análise desse mineral no mangarito revelou que sua quantidade varia de 10,7ng/g no mangarito cru a 11,5ng/g no mangarito cozido.

No que se refere ao ferro, os valores encontrados no mangarito cru foi de 3,9mg/100g e 1,81mg/100g no mangarito cozido. A deficiência desse mineral em dietas pode acarretar a anemia, doença que atinge bilhões de indivíduos no mundo. A comparação de alguns alimentos apresentados por Henriques e Cozzolino (2007), demonstra que os valores de ferro no mangarito são maiores do que a abóbora cozida (1,38mg/100g), do que a batata assada (1,39mg/100g) e do espinafre cozido (1,45mg/100g).

Outro mineral encontrado no mangarito foi o potássio. Sua função no organismo está envolvida na transmissão neural, na contração e no tônus vascular. As fontes alimentares de potássio são: batata assada com 418mg/100g, purê de batata com 288,57mg/100g, beterraba 304,70mg/100g e banana 395,72mg/100g (TRAMONTE, 2007). Os valores de potássio encontrados no mangarito cru

(1408,70mg/100g) e cozido (1300,4mg/100g) foram superiores aos alimentos acima citados.

Os valores de sódio no mangarito cru foram de 1,60mg/100g e 1,79mg/100g no mangarito cozido. Esse mineral é importante na transmissão dos impulsos nervosos e estimulação celular, além da participação na absorção de glicose no intestino delgado. Na literatura, encontram-se valores em torno de 10gm/100g de sódio na beterraba crua e 9mg/100g na batata doce crua (TRAMONTE, 2007).

O rubídio apresentou valores de 21,8 e 22,3µg/g para o mangarito cru e cozido, respectivamente.

Quanto aos teores de zinco, o valor encontrado no mangarito cru foi de 4,20mg/100g e 5,20mg/100g para o mangarito cozido. Alguns alimentos fonte de zinco são: feijão cozido (1,41mg/100g), abóbora cozida (0,38mg/100g) e batata assada (0,32mg/100g) (YUYAMA *et al*, 2007b), observa-se que o valor de zinco no mangarito cozido foi maior do que os alimentos descritos anteriormente.

5.3 Carotenóides

Inicialmente, para a análise de carotenóides, avaliou-se a necessidade de utilizar a saponificação na amostra do mangarito e conforme **Tabela 24**, onde podemos verificar os resultados da quantificação dos mesmos. Aplicando-se o teste estatístico t de Student para avaliar a diferença significativa dos dois métodos, verifica-se que houve diferença significativa na amostra saponificada.

A saponificação ocorreu após a extração dos pigmentos e foi utilizada uma solução metanólica de KOH a 10%.

Tabela 24 – Carotenóides totais ($\mu\text{g/g}$) do mangarito (*Xanthosoma mafaffa* Schott) em amostra saponificada e não saponificada.

Amostras	Massa (g)	$\mu\text{g/g}$ de carotenóides totais
Mangarito não-saponificado	5,3213 $\pm$ 0,11	14,41 $\pm$ 3,17
Mangarito saponificado	5,6614 $\pm$ 0,16	4,15 $\pm$ 1,24*

* Diferença significativa em relação a amostra de mangarito não saponificada ($p < 0,05$).

Ao dar seqüência ao processo de identificação dos carotenóides, as amostras saponificadas foram cromatografadas em coluna aberta, com fase estacionária de MgO:Hyflosupercel (1:2), e foi utilizada como fase móvel éter de petróleo e concentrações crescentes de éter etílico e acetona. Porém, ao recolher as frações dos pigmentos, e proceder conforme o protocolo, a realização da leitura em espectrofotômetro não foi possível, pois a absorbância e o espectro de absorção das frações não foram característicos, estando abaixo de 0,2nm. Dessa forma, a saponificação não se torna necessária para a identificação dos carotenóides presentes no mangarito.

Verificou-se, ainda, que a coluna com fase estacionária de MgO:Hyflosupercel na proporção de 1:2 foi mais eficiente na separação das frações encontradas na amostra do mangarito cru e cozido, e como fase móvel foi utilizado o éter de petróleo e quando necessário foi aplicado um gradiente de éter etílico ou acetona em éter de petróleo.

Seguindo conforme o protocolo de análise, o esquema da separação dos carotenóides do mangarito encontra-se na **Figura 12**.

Figura 12. Separação dos carotenóides do mangarito (*Xanthosoma mafaffa* Schott).

Dessa forma, foram identificados quatro carotenóides, apresentados na **Tabela 25**.

Tabela 25 – Características dos carotenóides do mangarito (*Xanthosoma mafaffa* Schott).

Fração	Identificação	Absorção em éter de petróleo (nm)		
1	α -caroteno	420	441	470
2	ζ -caroteno	377	398	423
3	mutatocromo	401	427	453
4	micronona	(418)	440	467

A primeira tração eluída, foi identificada como α -caroteno (**Figura 13**) e a segunda tração como ζ -caroteno (**Figura 14**), a terceira e a quarta, foram identificados como elementos traço, no caso, o mutacromo (**Figura 15**) e micronona (**Figura 16**), respectivamente, conforme espectros de absorção característicos. Após leitura em espectrofotômetro adicionou-se a solução de iodo, dessa forma identificou-se as seguintes isomerias: α -caroteno todo-*trans*, *cis*- ζ -caroteno, *cis*-mutacromo e *cis*-micronona.

Figura 13. Espectro de absorção do α -caroteno (fração 1) do mangarito (*Xanthosoma mafaffa* Schott), em éter de petróleo.

Figura 14. Espectro de absorção do ζ -caroteno (fração 2) do mangarito (*Xanthosoma mafaffa* Schott), em éter de petróleo.

A terceira fração foi identificada apenas no mês de maio de 2007, e seu espectro de absorção é mostrado na **Figura 15**.

Figura 15. Espectro de absorção do mutastocromo (fração 3) do mangarito (*Xanthosoma mafaffa* Schott), em éter de petróleo.

A quarta fração foi identificada e encontrada apenas no mês de maio de 2007, e seu espectro de absorção é mostrado na **Figura 16**.

Figura 16. Espectro de absorção do *micronone* (fração 4) do mangarito (*Xanthosoma mafaffa* Schott), em éter de petróleo.

Os resultados obtidos na determinação de carotenóides e valor pró-vitaminico do mangarito nos anos de 2005, 2006 e 2007 bem como o as alterações do cozimento na safra de 2006 e 2007, são apresentados na **Tabela 26**. Em se tratando dos elementos traço encontrados nas frações 3 e 4, por não possuírem atividade pró-vitamina A, optou-se pela não tabulação dos dados.

Observa-se, que o principal pigmento encontrado no mangarito cru foi o ζ -caroteno, com valores que variaram de 8,74 a 8,03 μ g/100g em 2005; e 3,22 a 5,61 μ g/100g em 2006, sendo que o α -caroteno apareceu em menor quantidade, de 7,97 a 4,20 μ g/100g no ano de 2005; e 1,72 a 1,94 μ g/100g em 2006. O mesmo ocorreu no ano de 2007, com valores de ζ -caroteno em torno de 6,52 μ g/100g e α -caroteno em torno de 1,63 μ g/100g.

Tabela 26 – Concentração de carotenóides ($\mu\text{g}/100\text{g}$) e valor da pró-vitamina A (UI/100g) do mangarito[†] (*Xanthosoma mafaffa* Schott) cru e cozido.

Fração	maio 2005			setembro 2005			maio 2006			setembro 2006			maio 2007				
	Cru		μg/100g	Cru		UI/100g	Cru		μg/100g	Cozido		UI/100g	Cru		μg/100g	Cozido	UI/100g
	μg/100g	UI/100g		μg/100g	UI/100g		μg/100g	UI/100g		μg/100g	UI/100g		μg/100g	UI/100g			
α- caroteno	7,97±0,03	1,11	4,20±0,80	0,58	1,72±0,16	0,24	1,37±0,02*	0,19	1,94±0,26	0,27	0,78±0,03*	0,11	4,74±0,37	0,66	1,63±0,18*	0,23	
ζ- caroteno	8,74±0,04	-	8,03±0,18	-	3,22±0,16	-	1,85±0,24*	-	5,61±0,74	-	2,24±0,30*	-	6,52±0,48	-	6,14±0,13*	-	-

[†] Média $\pm$ Desvio Padrão de n=3.

* Diferença significativa em relação ao mangarito (*Xanthosoma mafaffa* Schott) cozido ($p < 0,05$).

Verificou-se que o cozimento diminuiu em 20% o teor de α -caroteno no mês de maio e de 60% no mês de setembro de 2006. Já no mês de maio de 2007 houve a diminuição de 65,61% no teor de α -caroteno, sob as mesmas condições de cocção.

Tendo em vista a recomendação de ingestão diária de vitamina A, o mangarito (*Xanthosoma mafaffa* Schott) não é uma boa fonte desta vitamina (0,08 a 0,33 de RAE). Ressalta-se que ele é consumido cozido (0,03 a 0,06 de RAE) e seus valores são ainda menores.

5.4 Vitamina E (α -tocoferol)

Os valores de α -tocoferol em $\mu\text{g/g}$ na amostra de mangarito (*Xanthosoma mafaffa* Schott), encontra-se na **Tabela 27**.

Tabela 27 – Concentração de vitamina E (α -tocoferol) ($\mu\text{g/g}$) no mangarito (*Xanthosoma mafaffa* Schott) cru e cozido.

Fração	maio 2007	
	Cru	Cozido
Vitamina E (α -tocoferol)	72,40 $\pm$ 11,07	62,06 $\pm$ 1,18

[†] Média $\pm$ Desvio Padrão de n=1.

Apesar de observado uma perda de 14,28% de α -tocoferol após o processo de cocção, não houve diferença estatisticamente significativa segundo o teste t de Student.

Considerando o fornecimento de 6,2mg de α -tocoferol por 100 gramas de mangarito cozido, essa quantidade é capaz de suprir 50% das necessidades diárias de vitamina E de um adulto, segundo a EAR (IOM, 2007).

Os cromatogramas do padrão de α -tocoferol e da amostra de mangarito encontram-se na **Figura 18**.

Figura 18. A: Cromatograma do padrão de α -tocoferol, em coluna de sílica Shimpack CLC-Sil de 25 cm e com fase móvel, hexano e álcool isopropílico (99:1) com fluxo de 1,0 mL/min.

B: Cromatograma da identificação do α -tocoferol na amostra de mangarito em coluna de sílica Shimpack CLC-Sil de 25 cm e com fase móvel, hexano e álcool isopropílico (99:1) com fluxo de 1,0 mL/min.

6 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, concluiu-se que:

- Houve variação quanto a composição centesimal do mangarito entre as colheitas. Os valores nas amostras cozidas oscilaram entre: 63 a 79% de umidade; 1,14 a 1,36% de cinzas; 0,12 a 0,24% de lipídeos e 1,34 a 3,37% de proteínas. Dessa forma, o valor calórico total do mangarito variou de 63 a 143kcal/100g.
- O período de colheita influenciou a umidade do mangarito, uma vez que os meses (janeiro a março) que antecede a colheita de maio apresentam os maiores índices de chuva.
- Não houve perda significativa de fibras alimentares totais após o cozimento, sendo encontrado valores de 3,50 e 3,62% para mangarito cru e cozido, respectivamente.
- O mangarito não pode ser considerado uma boa fonte de vitamina A, pois a concentração média do único carotenóide com atividade pró-vitáminica A (α -caroteno) foi de apenas 2,8 μ g/g. Além disso, houve perda de 20 a 66% após o processo de cocção. Foram encontrados também o ζ -caroteno e traços de mutatocromo e micronona;

- Foi identificada uma quantidade significativa de α -tocoferol (7,2mg/100g) no mangarito e o cozimento ocasionou perda de 14,28% desta vitamina.
- O mangarito cozido apresentou elevados teores de minerais como cálcio (3330,0 μ g/g), ferro (18,1 μ g/g), potássio (13004,0 μ g/g) e zinco (52,0 μ g/g), como observado em vegetais habitualmente consumidos.

7 REFERÊNCIAS*

ALMEIDA, L.B.; PENTEADO, M.D.V.C. Carotenóides com atividade pró-vitamínica A de cenouras comercializadas em São Paulo, Brasil. **Revista de Farmácia e Bioquímica da Universidade de São Paulo**, v.23, n.2, p.133-141, 1987a.

ALMEIDA, L.B.; PENTEADO, M.D.V.C. Carotenóides e valor pró-vitamínico A da mandioquinha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancr.) consumida em São Paulo. **Revista de Farmácia e Bioquímica da Universidade de São Paulo**, v.23, n.1, p.52-57, 1987b.

ALMEIDA, L.B.; PENTEADO, M.V.C. Carotenoids and pro-vitamin A value of white fleshed Brazilian sweet potatoes (*Ipomoea batatas* Lam.). **Journal of Food Composition and Analysis**, v.1, p.341-352, 1988.

ALMEIDA-MURADIAN, L.B.; PENTEADO, M.D.C. Vitamina A. In: PENTEADO, M.D.V.C. **Vitaminas: Aspectos nutricionais, bioquímicos, clínicos e analíticos**. São Paulo: Manole, 2003. cap.2, p.55-72.

ALMEIDA-MURADIAN, L.B.; VANDÉRLINDE, D.W.; SASAKI, R. Provitamin A activity of raw and cooked brazilian leaves. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.20, n.2, p.151-154, 2000.

AMAYA-FARFAN, J. Panorama de la investigación sobre carotenóides en el Brasil. Perspectiva y necesidades. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v.49, supl.1, p. 92-97, 1999.

AMBROSIO, C.L.B.; CAMPOS, F.A.C.S.; FARO, Z.P. Carotenóides como alternativa contra a hipovitaminose A. **Revista de Nutrição**, v.19, n.2, p.233-243, 2006.

* De acordo com: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro, 2002.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis** (Tecn. 47021). 14 ed. Washington, p.988, 1995.

ASSUNÇÃO, M.C.F.; SANTOS, I.S. Efeito da fortificação de alimentos com ferro sobre anemia em crianças: um estudo de revisão. **Cadernos de Saúde Pública**. v.23, n.2, p.269-281, 2007.

BEDANI, R.; ROSSI, E.A. O consumo de cálcio e a osteoporose. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**. v.26, n.1, p.3-14, 2005.

BIANCHINI-PONTUSCHKA, R.; PENTADO, M.D.V.C. In: PENTEADO, M.D.V.C. **Vitaminas: Aspectos nutricionais, bioquímicos, clínicos e analíticos**. São Paulo: Manole, 2003. cap.4, p.123-164.

BORGES, V.C.; FERRINI, M.T.; WAITZBERG, D.L.; OLIVEIRA, G.P.C.; BOTONI, A. In: WAITZBERG, D.L. **Nutrição oral, enteral e parenteral na prática clínica**. São Paulo: Editora Atheneu, 2000. cap. 7, p. 117-148.

BOSS, E.A. **Modelagem e otimização do processo de liofilização: aplicação para leite desnatado e café solúvel**. Campinas 2004. 129p. Tese de Doutorado – Faculdade de Engenharia Química – Universidade Estadual de Campinas.

BRAMLEY, P.M.; ELMADFA, I.; KAFATOS, A.; KELLY, F.J.; MANIOS, Y.; ROXBOROUGH, H.E.; SCHUCH, W.; SHEEHY, P.J.A.; WAGNER, K-H. Vitamin E. **Journal of the science of food and agriculture**. v.80, n.7, p.913-938, 2000.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos físicos e químicos para análise de alimentos**. 4. ed. Brasília, 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Políticas de Saúde. **Política nacional de alimentação e nutrição**. Brasília, 2000. Disponível em: <http://dtr2004.saude.gov.br/nutricao/documentos/pnan.pdf>. Acesso em: 14 janeiro 2007.

BRIGELIUS-FLOHÉ, R.; TRABER, M.G. Vitamin E: function and metabolism. **The FASEB Journal**. V.13, p. 1145-1155, 1999.

BRITTON, G.; LIAANEN-JENSEN, S.; PFANDER, H. Carotenoids today and challenges for the future. In:_____. **Carotenoids: isolation and analysis**. Basel, Boston, Berlim: Birkhäuser, 1995. cap.2, p.13-26.

BURTON, G.W.; DOBA, T.; GABE, E.J.; HUGHES, L.; LEE, F.L.; PRASAD, L.; INGOLD, K.U. Autoxidation of biological molecules. 4.Maximizing the antioxidant activity of phenols. **Journal of American Chemical Society**. v.107, n.24, p.7053-7065, 1985.

CALLEGARO, M.C.K.; DUTRA, C.B.; HUBER, L.S.; BECKER, L.V.; ROSA, C.S.; KUBOTA, E.H.; HECKTHEUR, L.H. Determinação da fibra alimentar insolúvel, solúvel e total de produtos derivados do milho. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v.25, n.2, p.271-274, 2005.

CARDOSO, J.L. Tempos de mangarito. **Universo Online**, São Paulo, 03 ago. 2004. Disponível em: <http://www2.uol.com.br/jornalasemana/edicao186/joao.htm>. Acesso em: 07 janeiro 2007.

CESAR, T.B.; WADA, S.R.; BORGES, R.G. Zinco plasmático e estado nutricional em idosos. **Revista de Nutrição**. v.18, n.3, p.357-365, 2005.

CHÁVES, M.M.; CHÁVEZ, A.; CALVO, C. Necessidades de investigación en carotenoides en América Latina. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v.49, suppl 1, p.85-88, 1999.

COZZOLINO, S.M.F. In: COZZOLINO, S.M.F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. São Paulo: Manole, 2007. cap.10, p.272-300.

CRIA. Centro de Referência em Informação Ambiental. **Flora Brasiliensis**. Disponível em: <http://florabrasiliensis.cria.org.br>. Acesso em: 07 janeiro 2007.

DAVIES, B.H. Carotenoids. In: GOODWIN, T.W. **Chemistry and biochemistry of plant pigments**. New York: Academic Press, 1976.

EL BEITUNE, P.; DUARTE, G. QUINTANA, S.M.; FIGUEIRÓ-FILHO, E.A.; VANNUCCHI, H. Hipovitaminose A: cofator clínico deletério para o homem. **Medicina (Ribeirão Preto)**. v.36, p.5-15, 2003.

ERDMAN, J.W. Effect of preparation and service of food on nutrient value. **Food Technology**., v.33, p.38-48, 1979.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED NATIONS. **Human vitamin and mineral requirements**. Thailand, 2001. p.126.

FERNANDES, T.F.S.; DINIZ, A.S.; CABRAL, P.C.; OLIVEIRA, R.S.; LÓLA, M.M.F.; SILVA, S.M.M.; KOLSTEREN, P. Hipovitaminose A em pré-escolares de creches públicas do Recife: indicadores bioquímicos e dietéticos. **Revista de Nutrição**, v.18, n.4, p.471-480, 2005.

FERRINI, M.T.; BORGES, V.C.; MARCO, D.; AGUIAR, J.E.; BOTTONI, A.; WAITZBERG, D.L. Vitaminas. In: WAITZBERG, D.L. **Nutrição oral, enteral e parenteral na prática clínica**. São Paulo: Editora Atheneu, 2000. cap. 6, p.95-115.

FONSECA, E.M.A.V.; CHAGAS, C.E.A.; MAZZANTINI, R.P.; ONG, T.P.; MORENO, F.S. *All-trans* and *9-cis* retinoic acids, retinol and β -carotene chemopreventive activities during the initial phases of hepatocarcinogenesis involve distinct actions on glutathione S-transferase positive preneoplastic lesions remodeling and DNA damage. **Carcinogenesis**, n.26, v.11, p.1940-1946, 2005.

GERALDO, R.R.C.; PAIVA, S.A.R.; PITAS, A.M.C.S.; GODOY, I.; CAMPANA, A.O. Distribuição da hipovitaminose A no Brasil nas últimas quatro décadas: ingestão alimentar, sinais clínicos e dados bioquímicos. **Revista de Nutrição**, v.16, p.443-460, 2003.

GERMANDO, R.M.A. **Disponibilidade de ferro na presença do β -caroteno e o efeito dos interferentes em combinações de alimentos**. Piracicaba, 2002. 95p. Dissertação de Mestrado – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Universidade de São Paulo.

GIUNTINI, E.B.; LAJOLO, F.M.; MENEZES, E.W. Pontencial de fibra alimentar em países ibero-americanos: alimentos, produtos e resíduos. **Archivos Latinoamericanos de Nutrión**. v.53, n.1, 2003.

GOMES, M.M.; SAUNDERS, C.; ACCIOLY, E. Papel da vitamina A na prevenção do estresse oxidativo em recém-nacidos. **Revista Brasileira de Saúde Materno Infantil**, v.5, n.3, p.275-282, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rpsmi/v5n3/a03v5n3.pdf>. Acesso em: 13 janeiro 2007.

GONÇALVES, M.C.R.; COSTA, M.J.C.; ASCIUTTI, L.S.R.; DINIZ, M.F.F.M. Fibras dietéticas solúveis e suas funções nas dislipidemias. **Revista Brasileira de Nutrição Clínica**. v.22, n.2, p.197-73, 2007.

GRANADO, F.; OLMEDILLA, B.; BLANCO, I.; ROJAS-HIDALGO, E. Carotenoid composition in raw and cooked spanish vegetables. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.40, p.2135-2140, 1992.

GROSS, J. **Pigments in vegetables: chlorophylls and carotenoids**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. p.75-254.

GUYTON, A.C.; HALL, J.E. Equilíbrio Dietéticos; Regulação da Alimentação; Obesidade e Inanição. In:_____. **Tratado de Fisiologia Médica**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1997. cap.71, p.805-816.

HENRIQUES, G.S.; COZZOLINO, S.M.F. Ferro. In: COZZOLINO, S.M.F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. São Paulo: Manole, 2007. cap.25, p.508-532.

ILICH, J.Z.; KERSTETTER, J.E. Nutrition in bone health revisited: a story beyond calcium. **Journal of the American College of Nutrition**. v.19, n.6, p.715-734, 2000.

IOM - INSTITUTE OF MEDICINE. Food and Nutrition Board. **Dietary Reference Intakes for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc.** Nova York, National Academy Press, p.442-501, 2001. Disponível em: <http://www.iom.edu/Object.File/Master/7/296/webtablevitamins.pdf>. Acesso em: 09 jan. 2007.

JÚNIOR, G.F.; OSÓRIO, M.M. Padrão alimentar de crianças menores de cinco anos. **Revista de Nutrição.**, v.18, n.6, p.793-802, 2005.

KIMURA, M.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Estabelecimento das condições cromatográficas para análise de carotenóides por CLAE: uma ciência ou uma arte? **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.37, p.74-81, 2003.

KINUPP, V.F.; BARROS, I.B.I. Hortaliças não-convencionais. **Horticultura brasileira**, v.24, n.3, p.393, 2006.

LAJOLO, F.M.; VANNUCCHI, H. Tabelas de composição de nutrientes em alimentos: situação no Brasil e necessidades. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v.37, p.702-713, 1987.

LIAPIS, A.I.; MILLMAN, M.J.; MARCHELLO, J.M. Na analysis of the lyophilization process using a sorption-sublimation model and various operational policies. **American Institute of Chemical Engineers Journal**, v.31, n.10, p.1594-1604, 1985.

LOBO, A.S.; TRAMONTE, V.L.C. Efeitos da suplementação e da fortificação de alimentos sobre a biodisponibilidade de minerais. **Revista de Nutrição.** v.17, n.1, p.107-113, 2004.

LOPES, R.E.; RAMOS, K.S.; BRESSANI, C.C.; ARRUDA, I.K.; SOUZA, A.I. Prevalência de anemia e hipovitaminose A em puérperas do Centro de Atenção à Mulher do Instituto Materno Infantil Prof. Fernando Figueira, IMP: um estudo piloto. **Revista Brasileira de Saúde Materno Infantil**, v.6, suppl.1, p.63-68, 2006.

MACHADO, F.M.V.F.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G.; PIEDADE, S.M.S. Avaliação da disponibilidade de ferro em ovo, cenoura e couve e em suas misturas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 26, n. 3, p.610-618, 2006.

MAIHARA, V.A.; FÁVARO, D.I.; SILVA, V.N.; GONZAGA, I.B.; SILVA, V.L.; CUNHA, I.I.; VASCONCELLOS, M.B.A.; COZZOLINO, S.M.F. Determination of mineral constituents in duplicate portion diets of two university student groups by instrumental neutron activation analysis. **Journal of radioanalytical nuclear chemistry**, v.249, n.1, p.21-24, 2001.

MANSUÊTO, L. Hortaliças exóticas ajudam a diminuir nanismo em crianças e jovens. **Agência CT – Mistério da Ciência e Tecnologia**, Amazonas, 30 ago. 2006. Disponível em: <http://agenciact.mct.gov.br/index.php/content/view/41147.html>. Acesso em: 08 janeiro 2007.

MAZZANTINI, R.P.; ONG, T.P.; HEIDOR, R.; CHAGAS, C.E.A.; MORENO, F.S. Minerais e câncer. In: COZZOLINO, S.M.F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. São Paulo: Manole, 2007. cap.41, p.831-884.

MENEZES, E.W.; RATTO, A.T.; GIUNTINI, E.B.; LAJOLO, F.M. Composição de alimentos: compilação e uniformização de estrutura para intercâmbio de dados. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.8, n.1, p. 25-33, 2005.

MENICHELLI, C. Delícia Tupiniquim. **Revista Gula**, São Paulo, jun. 2004. Delikatessen, p.62.

MONTEIRO, D.M.; PERESSIN, V.A. Efeito do tamanho do rizoma-semente, da época e do local de plantio, na produção de rizoma de mangará. **Bragantia**, v.56, n.1, p.155-151, 1997. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87051997000100016&lng=en&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 07 janeiro 2007.

MORENO, F.S.; RIZZI, M.B.S.L.; DAGLI, M.L.Z.; PENTEADO, M.C.V. Inhibitory effects of β -carotene on preneoplastic lesions induced in wistar rats by the resistant hepatocyte model. **Carcinogenesis**, v.12, n.10, p.817-822, 1991.

MORENO, F.S.; WU, T.S.; NAVES, M.; SILVEIRA, E.R.; OLORIS, S.; COSTA, M.; DAGLI, M.; ONG, T. The inhibitory effects of β -carotene and vitamin A during the progression phase of hepatocarcinogenesis involve inhibition of cell proliferation but not alterations in DNA methylation. **Nutrition and Cancer**, v.44, n.1, p.80-88, 2002.

NASCIMENTO, P. **Avaliação da retenção de carotenóides de abóbora, mandioca e batata doce**. São José do Rio Preto, 2006. 67p. Dissertação de Mestrado – Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas – Universidade Estadual Paulista.

NAVES, M.M.V.; FERNANDES, D.C.; PRADO, C.M.M.; TEIXEIRA, L.S.M. Fortificação de alimentos com o pó da casca de ovo como fonte de cálcio. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v.27, n.1, p.99-103, 2007.

NIIZU, P.Y. **Fontes de carotenóides importantes para a saúde humana**. Campinas 2003. 87p. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Engenharia de Alimentos – Universidade Estadual de Campinas.

OLIVEIRA, C. Mangarito [mensagem eletrônica]. Mensagem recebida por estagiorp@iac.sp.gov.br em 27 de julho de 2004.

OLIVEIRA, K.C.L.S. **Caracterização do pólen apícola e utilização de vitaminas antioxidantes como indicadora do processo de desidratação**. São Paulo, 2005. 108p. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ciências Farmacêuticas – Universidade de São Paulo.

OLIVEIRA, J.M. **Suplementação de vitamina A em lactentes: revisão sistemática**. São Paulo, 2006. 126p. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Saúde Pública – Universidade de São Paulo.

PAIVA, A.A.; RONDÓ, P.H.C.; GONÇALVES-CARVALHO, C.M.R.; ILLISON, V.K.; PEREIRA, J.A.; VAZ-DE-LIMA, L.R.A.; OLIVEIRA, C.A.; UEDA, M.; BERGAMASCHI, D.P. Prevalência de deficiência de vitamina A e fatores associados em pré-escolares de Teresina, Piauí, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v.22, n.9, p.1979-1987, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/csp/v22n9/22.pdf>. Acesso em: 14 janeiro 2007.

PALACE, V.P.; KHAPER, N.; QIN, K.; SINGAL, P.K. Antioxidant potentials of vitamin A and carotenoids and their relevance to heat disease. **Free Radical Biology & Medicine**, v.26, p.746-761, 1999.

PIMENTA, A. Educação infantil e o Fome Zero. **Diário da Tarde**, Belo Horizonte, 03 ago. 2003.

PINTO, N.A.V.D.; VILAS BOAS, B.M.; CARVALHO, V.D. Caracterização mineral das folhas de taioba (*Xanthosoma sagittifolium* Schott). **Ciência e Agrotecnologia**, v.23, n.1, p.57-61, 1999.

PRESOTO, A.E.F.; RIOS, M.D.G.; ALMEIDA-MURADIAN, L.B. HPLC determination of alpha-tocoferol, beta-carotene and proximate analysis of Brazilian parsley leaves. **Bolletino del Chimici Igienisti**. n.7, p.111-114, 2000.

RAMALHO, R.A.; FLORES, H.; ACCIOLY, E.; SAUNDERS, C. Associação entre deficiência de vitamina A e situação sociodemográfica de mães e recém-nascidos. **Revista da Associação Médica Brasileira**, v.52, n.3, p.170-175, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ramb/v52n3/a18v52n3.pdf>. Acesso em: 14 janeiro 2007.

RAMALHO, R.A.; FLORES, H.; SAUNDERS, C. Hipovitaminose A no Brasil: um problema de saúde pública. **Revista Panamericana de Salud Publica**, v.12, n.2, p.117-123, 2002. Disponível em: <http://www.scielo.org/pdf/rpsp/v12n2/11613.pdf>. Acesso em: 13 janeiro 2007.

RODRIGUEZ, D.B.; TANAKA, Y.; KATAYAMA, T.; SIMPSON, K.L.; LEE, T.C.; CHICHESTER, C.O. Hydroxylation of β -carotene on micro-cel C. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**. v.24, n.4, p.819-822, 1976.

RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. **Carotenóides y preparación de alimentos: la retención de los carotenoides provitamina A en alimentos preparados, processados y almacenados**. 1999. 99p.

SÁ, M.C.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Carotenoid composition of cooked green vegetables from restaurants. **Food Chemistry**, v.83, p.595-6000, 2003.

SAMPAIO, A.R.D.; CHAGAS, C.E.A.; ONG, T.P.; MORENO, F.S. Vitamin A and β -carotene inhibitory effects during 1,2-dimethylhydrazine induced hepatocarcinogenesis potentiated by 5-azacytidine. **Food and Chemical Toxicology**, aceito para publicação em 10 de outubro de 2006.

SANT'ANA, L.F.R.; CRUZ, A.C.R.F.; FRANCESCHINI, S.C.C.; COSTA, N.M.B. Efeito da multimistura alimentar no estado nutricional relativo ao ferro em pré-escolares. **Revista de Nutrição**. v.19, n.4, p.445-454, 2006.

SANTOS, A.H. **O valo do rio Taia-Hy- Levantamento de aráceas e dioscoreáceas comestíveis no litoral norte catarinense**. Florianópolis, 2005. 135p. Dissertação de Mestrado – Centro de Ciências Agrárias – Universidade Federal de Santa Catarina.

SANTOS, M.A.; REZENDE, E.G.; LAMOUNIER, J.A.; GALVÃO, M.A.M.; BONOMO, E.; LEITE, R.C. Hipovitaminose A em escolares da zona rural de Minas Gerais. **Revista de Nutrição**, v.18, n.3, p.331-339, 2005.

SAUNDERS, C.; RAMALHO, A.; ACCIOLY, E.; PAIVA, F. Utilização de tabelas de composição de alimentos na avaliação do risco de hipovitaminose A. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v.50, n.3, 2000. Disponível em: http://www.alanrevista.org/ediciones/2000-3/tabelas_composicao_alimentos.asp. Acesso em 09 janeiro 2007.

SILVA, C. Abaixo o fast-food. **Revista Isto É**, São Paulo, ago. 2002. Disponível em: http://www.terra.com.br/istoe/1716/comportamento/1716_abaixo_o_fast_food.htm. Acesso em 07 janeiro 2007.

SILVA, A.G.H.; COZZOLINO, S.M.F. Cálcio. In: COZZOLINO, S.M.F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. São Paulo: Manole, 2007. cap.22, p.456-481.

SILVA, S.R.; MERCADANTE, A.Z. Composição de carotenóides de maracujá-amarelo (*Passiflora edulis flavicarpa*) in natura. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.22, n.3, p.254-258, 2002.

SOUZA, W.A.; VILAS BOAS, O.M.G.C. A deficiência de vitamina A no Brasil: um panorama. **Revista Panamericana de Salud Publica**, v.12, n.3, p.173-179, 2002.

SU, K.; ROWLEY, K.G.; BALAZS, D.N.H. Carotenoids: separation methods applicable to biological samples. **Journal of Chromatography B**, v.781, p.393-418, 2002.

TANUMIHARDJO, S.A. Factors influency the conversion of carotenoids to retinal: bioavailability to conversion to bioefficacy. **International Journal for Vitamin and Nutrition Research**, v.72, n.1, p.40-45, 2002.

TAYLOR, M.; KOZLOWSKI, B.W.; BAER, M.T. Energy and Nutrient valious from different computerizes data bases. **Journal of the American Dietetic Association**, v.85, p.1136-1138, 1985.

TOLEDO, L.; ONG, T.P.; PINHO, A.; JORDÃO JR, A.; VANNUCCHI, H.; MORENO, F.S. Inhibitory effects of lutein and lycopene on placental glutathione S-transferase positive preneoplastic lesions and DNA strand breakage induced in wistar rats by the resistant hepatocyte model of hepatocarcinogenesis. **Nutrition and Cancer**, v.47, n.1, p.62-69, 2003.

TRAMONTE, V.L.C.G. Sódio, cloro e potássio. In: COZZOLINO, S.M.F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. São Paulo: Manole, 2007. cap.21, p.437-456.

YUYAMA, L.K.O.; MARINHO, H.A.; ALENCAR, F.H.; COZZOLINO, S.M.F. Vitamina A (Retinol) e carotenóides. In: COZZOLINO, S.M.F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. São Paulo: Manole, 2007a. cap.3, p.217-261.

YUYAMA, L.K.O.; YONEKURA, L.; AGUIAR, J.P.L.; RODRIGUES, M.L.C.F.; COZZOLINO, S.M.F. Zinco. In: COZZOLINO, S.M.F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. São Paulo: Manole, 2007b. cap.27, p.549-574.

ZÁRATE, N.A.H. VIEIRA, M.C.; PONTIM, B.C.A. Arranjo de plantas na produção do mangarito (*Xanthosoma mafaffa* Schott) 'comum'. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.27, n.3, p.409-413, 2005. Disponível em: http://www.ppg.uem.br/Docs/ctf/Agronomia/Acta%20scientiarum%20-%20Agronomia%20v27_03.htm. Acesso em: 07 janeiro 2007.

ZÁRATE, N.A.H.; VIEIRA, M.C.; HELMICH, M.; MARIA, M.A. Tamanho de rizomas-semente e fileiras de plantas no canteiro na produção do mangarito cv. Comum. **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, n.5, p.907-913, 2006.