**AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE
ANTIOXIDANTE TOTAL (CAT) E
COLORIMETRIA DE VINTE E UM DIFERENTES
TIPOS DE ALIMENTOS COMERCIALIZADOS
NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO (SP), BRASIL**

CARLOS KUSANO BUCALEN FERRARI

Tese de Doutorado apresentada
ao Departamento de
Nutrição da Faculdade de
Saúde Pública da Universidade
de São Paulo para obtenção do
Grau de Doutor.

Área de concentração:
Nutrição

**ORIENTADORA: PROFA.
ASSOCIADA ELIZABETH
A.F.S. TORRES**

São Paulo
2002

DEDICATÓRIA

À Clara e Levi, meus queridos pais que transmitem sempre a sabedoria;

À Lili e Guido, Yoshie e Riojiy, *in memoriam*;

À Leonice e Mounier, amados tios; e

Ao Paulo, meu grande irmão.

*"Bolas de cambará
Urucú e agrião
Pra tosse e constipação
Dez balas por um tostão".*

Gilberto Freyre

Assucar (1939)

AGRADECIMENTOS

À Profª Dra. Elizabeth A.F.S. Torres, Associada/Livre Docente, pela dedicação em orientar; pelo espírito de trabalho sério, porém sereno e tranquilo; pela vontade em conhecer sempre mais e transmitir aos seus orientados e alunos. Também agradeço por todas as correções, críticas e sugestões apresentadas que melhoraram este trabalho.

Ao Profº Titular José Alfredo Gomes Áreas, Chefe do Departamento de Nutrição e Presidente da Comissão de Pós-graduação da FSP/USP, por ter concedido a prorrogação do prazo deste trabalho e a permissão para o uso do colorímetro, além da enorme contribuição para o aperfeiçoamento da Pós-graduação da FSP/USP e de valiosos trabalhos na Área de Ciência e Tecnologia de Alimentos. Também agradeço o Prof. Tit. José Alfredo Gomes Áreas pelas correções, críticas e sugestões que melhoraram a apresentação e o conteúdo deste trabalho.

À Profa. Dra. Ligia Bicudo de Almeida Muradian do Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental - Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo (FCF/USP), pela importante colaboração, críticas, correções e sugestões que melhoraram a apresentação e o conteúdo deste trabalho.

À Profa. Dra. Regina Mara Fisberg do Departamento de Nutrição da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo (FSP/USP), pelas

correções, críticas e sugestões sempre muito pertinentes e que, sem dúvida, melhoraram muito a apresentação e o conteúdo desta Tese.

Aos Prezados Prof^o Dr. Sandro Percário, pesquisador, e Prof^o Dr. José Carlos Costa Baptista Silva, Livre-docente e Responsável pelo Laboratório de Cirurgia Vascular do Departamento de Cirurgia - UNIFESP/Escola Paulista de Medicina por terem deixado-me trabalhar com avaliação da atividade antioxidante no referido laboratório, auxiliando-me em todas as etapas do trabalho. Em especial ao Dr. Sandro Percário, pelas correções, críticas e sugestões que melhoraram a apresentação e o conteúdo deste trabalho.

À estagiária e acadêmica de Ciências Farmacêuticas, Lizandra Cristina C. Di Lorenzo do Laboratório de Cirurgia Vascular da UNIFESP/EPM por ter me auxiliado nas análises.

Ao Prof. Dr. Oswaldo Beppu, Chefe do Departamento de Pneumologia da UNIFESP/EPM, pela autorização para trabalhar com o ultrassonicador nas dependências do Departamento.

À Profa. Dra. Deborah H. Markowicz Bastos, Departamento de Nutrição da FSP/USP, pelas importantes correções e sugestões apresentadas que melhoraram o conteúdo deste trabalho.

À acadêmica de Nutrição da USP Ana Carolina Conti, estagiária do Laboratório de Propriedades Funcionais dos alimentos do Depto de Nutrição da FSP/USP, que me treinou e ajudou a trabalhar com a colorimetria. Na mesma situação, agradeço à acadêmica de Nutrição da USP Vanessa Dias Capriles pelos seus auxílios importantes.

Ao Dr. Rui Marconi Pfeifer, Pesquisador Científico (PqC) do Instituto Florestal de São Paulo (IF/SP), pela detalhada correção do formato científico e da língua portuguesa que melhorou a apresentação e o conteúdo deste trabalho.

À Dra. Nilse Kasue Shimura Yokomizo, Pesquisadora Científica (PqC) do Instituto Florestal de São Paulo (IF/SP) pela correção deste trabalho.

Às representantes discentes do Depto de Nutrição da Pós-graduação da FSP/USP, Milena Bueno e Sheila Pita. Agradeço em Especial à Sheila, que me ajudou muito para entrar com o pedido de prorrogação do prazo de conclusão da Tese, sem o qual este trabalho não teria sido concluído.

Ao técnico José Pereira pelo relevante auxílio na rotina das atividades do laboratório.

À Prof^a Ignês Salas Martins, por acreditar em nosso trabalho desde o Mestrado.

A todos os docentes, funcionários e Pós-graduandos do Depto de Nutrição.

Aos funcionários do Centro de Referência e Documentação Bibliográfica da Faculdade de Saúde Pública da USP (BIB/CIR) pelo auxílio na adequação do trabalho às normas bibliográficas adotadas na FSP/USP.

Aos amigos e colegas, orientandos da Profª Elizabeth Torres, pelo convívio amigável. Em especial à Mestranda Emília Y. Ishimoto, que me ajudou em parte das análises.

À Agnes Hanashiro, Mestre em Saúde Pública, pelos inúmeros auxílios prestados.

À Comissão de Pós-Graduação (CPG) da Faculdade de Saúde Pública e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ), pela concessão de Bolsa de Estudos no ano de 2000 e pelo financiamento de parte das pesquisas do nosso grupo.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo financiamento de pesquisas de nosso grupo.

A todos amigos que encontrei nesta “dura” jornada e muitos que não posso recordar!

RESUMO

Ferrari CKB. **Avaliação da Capacidade Antioxidante Total e Colorimetria de vinte e um diferentes tipos de alimentos comercializados no município de São Paulo (SP), Brasil.** São Paulo; 2002. [Tese de Doutorado – Faculdade de Saúde Pública da USP].

Inúmeros são os alimentos encontrados no Brasil que apresentam supostos efeitos benéficos à saúde. Porém, ao contrário do que ocorre em outros países, muitas destas propriedades ainda não foram sistematica e metodologicamente avaliadas. Alimentos funcionais, há milênios utilizados no Oriente, são capazes de exercer funções benéficas ao organismo, diminuindo o risco de certas doenças. Um dos principais mecanismos de lesão celular e tecidual, envolvido na patogênese de doenças é o estresse oxidativo. Este pode ser controlado através de antioxidantes, substâncias naturalmente presentes em alimentos. **Objetivos.** Avaliar a capacidade antioxidante total (CAT), a intensidade de coloração de certos alimentos comercializados no município de São Paulo (SP, Brasil) e possíveis associações entre essas variáveis. **Metodologia.** Para avaliar a capacidade antioxidante total, foi utilizado o teste denominado estado antioxidante total (ou “Total Antioxidant Status” - TAS) da Randox (UK), originalmente descrito por Miller et al. (1993). A colorimetria foi avaliada utilizando-se o colorímetro Color Quest II Sphere da Hunter Lab. **Resultados.** Os maiores valores de CAT observados foram: 2.194,23 μ mol/100g (castanha do Brasil); 1.053,27 μ mol/100g (guaraná em pó, *Paullinia cupana*); 1.025,84 μ mol/100mL (café pronto para consumo); 868,86 μ mol/100g (chocolate marrom ou “ao leite” em barras); 400,68 μ mol/100g (maçã); 368,92 μ mol/100g

(couve manteiga); e 345,85 μ mol/100g (beterraba). Na avaliação objetiva da cor, não houve correlação entre luminosidade (L) ou tom (h) e CAT. Houve uma associação inversa fraca entre croma (C) e CAT (R= -0,16). **Conclusão.** Todos os alimentos apresentaram CAT, demonstrando a importância de uma dieta variada em tipos e cores de alimentos. O grupo marrom (café, castanha do Brasil, chocolate, feijão e guaraná) apresentou elevados valores de CAT, seguido pelos grupos roxo (berinjela, beterraba e suco de uva) e verde (alface, couve manteiga e limão).

Descritores: Alimentos. Antioxidantes.

SUMMARY

Ferrari CKB. **Evaluation of total antioxidant capacity (TAC) and colorimetry of twenty one different foods commercialized in Sao Paulo city (SP), Brazil.** São Paulo; 2002. [PhD Thesis – Faculdade de Saúde Pública da USP].

In Brazil there are many foods that present presumed beneficial effects on human health. On the contrary to other countries, many of those properties are not systematically and methodologically evaluated. For thousands of years functional foods had been used in the East, exerting beneficial functions to the body, decreasing the risk of certain diseases. One of the most important mechanism of cell and tissue damage associated with disease pathogenesis is oxidative stress. **Objectives.** Evaluate Total Antioxidant Capacity (TAC), color intensity, and possible associations between these variables, in 21 different foods commercialized in São Paulo (SP, Brazil). **Methodology.** To evaluate TAC, Trolox-equivalent antioxidant capacity (TEAC) test (Total Antioxidant Status- Randox, UK), was used. Colorimetry was evaluated by the use of Color Quest II Sphere Hunter Lab colorimeter. **Results.** The greatest TAC values were: 2.194,23 μ mol/100g (Brazil nuts); 1.053,27 μ mol/100g (powder guarana, *Paullinia cupana*); 1.025,84 μ mol/100mL (read to drink coffee); 868,86 μ mol/100g (brown/milk chocolate in bars); 400,68 μ mol/100g (apple); 368,92 μ mol/100g (kale); e 345,85 μ mol/100g (red beet). In objective color evaluation, there were no correlations between lightness (L) or tom (h) and TAC. There was a weak inverse association between chroma (C) and TAC ($R = -0,16$). **Conclusion.** All foods presented TAC, which strengthen the importance of the inclusion of various types and colors of foods in diet. Brown color group (beans, Brazil nuts, chocolate, coffee, and guarana) had

highest TAC values, followed by purple (eggplant, grape juice and red beet) and green (butter cabbage, lemon and lettuce) color groups.

Descriptors: antioxidants. foods

ÍNDICE

1 INTRODUÇÃO	01
1.1 Radicais livres: Dos alimentos às doenças	05
1.1.1 Espécies reativas do oxigênio (Radicais Livres) em sistemas biológicos	05
1.1.2 As reações de oxidação de ácidos graxos e do colesterol	08
1.1.3 O papel dos condimentos, dos antioxidantes e aditivos sobre a OL	11
1.1.4 O controle dos radicais livres e da oxidação lipídica em alimentos	14
1.1.5 Peroxidação lipídica em alimentos: implicações para a saúde coletiva	14
1.2 Alimentos funcionais: Conceituação e mecanismos de ação antioxidante.	16
1.2.1 Alimentos funcionais com ações antioxidantes contra doenças crônicas não-transmissíveis	18
1.2.2 Antioxidantes e Doenças cardiovasculares	19
1.2.3 Antioxidante e Doenças neurológicas	20
1.2.4 Importância dos metais, elementos e enzimas antioxidantes na gênese ou no controle de doenças	21
1.2.5 Catarata	24
1.2.6 Antioxidantes e câncer	24
1.3 Atividade Antioxidante e Capacidade Antioxidante Total dos Alimentos	25
1.4 Importância da cor em alimentos	37
15 Cor e Atividade Antioxidante	39
2 OBJETIVOS	43
3 MÉTODOS	44
3.1 Amostragem	44
3.1.1 Critérios de inclusão dos alimentos	44

3.1.2 Definição do tamanho das amostras	45
3.2 Colheita e preparação das amostras para avaliação da CAT	46
3.3 Avaliação da Capacidade Antioxidante Total (CAT)	50
3.4 Avaliação da colorimetria dos alimentos	54
3.5 Análise estatística dos dados	55
4 RESULTADOS	56
5 DISCUSSÃO	59
6 CONCLUSÕES	84
7 CONSIDERAÇÕES E SUGESTÕES	85
8 REFERÊNCIAS	90
ANEXOS	

LISTA DE ABREVIATURAS

a^* :	expressa cores que variam do verde (-a) ao vermelho (+a)
b^* :	expressa cores que variam do azul (-b) ao amarelo (+b)
ABTC:	Alpha-Tocopherol, Beta Carotene Cancer Prevention Study
AG:	ácido graxo
AGPIs:	ácido graxo poli-insaturado
ADE * :	radical adenina (nucleotídio do DNA)
BHA:	butilhidroxianisol
BHT:	butilhidroxitolueno
C:	croma
CARET	Beta Carotene and Retinol Efficacy Trial
CAT:	capacidade antioxidante total
CEAGESP:	Central de Abastecimento do Estado de São Paulo
CI _{50%} :	concentração inibitória 50%
CIE:	“Commission Internationale de L’eclairage” (Comissão Internacional sobre Iluminação)
COL:	colesterol
Cu ²⁺ :	cobre dois (cátion com valência livre de dois elétrons na última camada)
Cu,Zn-SOD:	Cobre,Zinco-Superóxido Dismutase
DNA:	ácido desoxirribonucleico
EDTA:	ácido etilenodiaminotetracético
ERO:	espécie reativa de oxigênio
ET:	Equivalente de Trolox

Fe:	ferro
FIPE/USP:	Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas da Universidade de São Paulo (USP)
FRAP:	Capacidade redutora do plasma (do inglês “Ferric Reducing Antioxidant Power”)
GUA [•] :	radical guanina (nucleotídio do DNA)
GPx:	glutathione peroxidase
GSH:	glutathione reduzida (ou glutatião)
GSSG:	glutathione oxidada
GST:	glutathione-s-transferase (s: grupo sulfeto ou enxofre)
h:	tom
H ⁺ :	cátion hidrogênio
HDL:	lipoproteína de alta densidade (“high density lipoprotein”)
H ₂ O ₂ :	peróxido de hidrogênio
HO ₂ [•] e LO ₂ [•] :	radical peroxila
HOCl ⁻ :	ânion hipocloroso
IC:	intervalo de confiança
KCl:	Cloreto de potássio
L:	luminosidade
LDL:	lipoproteína de baixa densidade (“low density lipoprotein”)
MDA:	Malonaldeído (ou malondialdeído)
Mg:	Magnésio
Mn:	Manganês
Mo:	Molibdênio

$\cdot\text{NO}$:	Óxido nítrico
$\cdot\text{NOO}$:	Peroxinitrito
O_2 :	Oxigênio molecular
O_2^- :	ânion superóxido
$^1\text{O}_2$:	Oxigênio singlete
$\cdot\text{OH}$:	radical hidroxila
Ox-COL:	óxidos de colesterol
PL:	peroxidação lipídica
RPC:	razão dos produtos cruzados (do inglês “Odds Ratio”)
RLs:	radicais livres
RR:	risco relativo
-SH:	grupamento sulfidril (ou sulfeto ou enxofre)
SIDA:	Síndrome da imunodeficiência humana
TAC:	“total antioxidant capacity” (capacidade antioxidante total em inglês)
TBA:	ácido 2-tiobarbitúrico (do inglês “thiobarbituric acid”)
TBARS:	substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico (do inglês “thiobarbituric acid reactive substances”)
TBC:	tert-butilhidroquinona
TEAC:	“Trolox equivalent antioxidant capacity” (capacidade antioxidante equivalente ao Trolox)
UV:	luz ultravioleta
VIH:	vírus da imunodeficiência humana
Zn:	Zinco

1 INTRODUÇÃO

O conhecimento da participação dos radicais livres (RLs) e da peroxidação lipídica (PL) nas principais doenças que acometem o homem, inclusive enfermidades como a Malária e a Síndrome da Imunodeficiência Adquirida (SIDA), encontra-se consolidado, uma vez que, além da observação dessas reações indesejáveis em diversas patologias, também vem sendo constatada a ocorrência de injúrias celulares induzidas pelos RLs (ABDALLA 1993; HALLIWELL e CHIRICO 1993; GUTTERIDGE 1995; FERRARI 1998, FERRARI 2001).

Diversos estudos têm comprovado, que existe uma forte associação inversa (ou negativa) entre o consumo de frutas e verduras e o risco de doenças cardiovasculares, neurológicas, certos tipos de câncer e outras causas de morbimortalidade (FLAGG et al. 1995; WEISBURGER 2000; FERRARI 2001).

Assim, em várias décadas, o homem vem isolando compostos presentes em alimentos de origem vegetal para testá-los como possíveis antioxidantes, que poderiam vir a ser a “cura” de muitas doenças (WEISBERGER 1999; WEISBERGER 2000; ZHENG e WANG 2001).

Entretanto, dois importantes estudos clínicos controlados e randomizados, o Estudo de prevenção do câncer com alfa-tocoferol e beta-caroteno (“Alpha-Tocopherol, Beta-Carotene Cancer Prevention Study” - ATBC), publicado em 1994, e o Ensaio clínico de eficácia do beta-caroteno e retinol (“beta-Carotene and Retinol Efficacy Trial” – CARET), em 1996, revelaram que a suplementação de fumantes com β -caroteno aumentou o risco de câncer de pulmão e o uso do tocoferol também não trouxe benefícios aos fumantes (SILVA e NAVES 2001).

Porém, para sustentar a tese que os carotenóides provenientes da dieta, não de suplementos, podem diminuir o risco de câncer pulmonar e de outras patologias, já existem sólidas evidências (ZHANG et al. 1999), tanto que os derivados da vitamina A, os retinóides, são promissores fármacos anti-neoplásicos (KELLOFF et al. 1999).

Existem diversas controvérsias a respeito dos papéis dos antioxidantes na fisiologia humana (HALLIWELL 1994; STÄHELIN 1999).

Embora existam evidências da ocorrência de estresse oxidativo no diabetes, ou seja, a produção de RLs supera as defesas antioxidantes fisiológicas, a suplementação de indivíduos saudáveis com β -caroteno, durante doze anos, não diminui o risco subsequente da doença (LIU et al. 1999).

Outros estudos clínicos controlados e randomizados também não têm evidenciado qualquer efeito da suplementação com vitaminas antioxidantes sobre a oxidação do DNA de células orais e mononucleares oriundas de fumantes crônicos (JACOBSON et al. 2000).

Pelo relato acima, fica evidente que muitos pesquisadores têm trabalhado com uma hipótese reducionista e diferente do que ocorre na realidade, como por exemplo:

- a . os vegetais podem diminuir o risco de câncer de pulmão;
- b. o β -caroteno é um constituinte dos vegetais;
- c. então, ele diminui o risco de câncer de pulmão.

Assim, tal hipótese equivocada, acima relatada, provocou resultados inesperados, frustrando as expectativas dos pesquisadores envolvidos nos grupos do ABTC e CARET. O β -caroteno não é o único constituinte dos vegetais e frutas e a população não se alimenta de comprimidos.

Tais estudos não invalidam a teoria dos radicais livres e a importância dos antioxidantes. Pelo contrário, somente comprovam que dietas ricas em frutas e verduras (ricas em antioxidantes) e o tratamento de certas patologias com potentes antioxidantes sintéticos diminuem, respectivamente, o risco e a gravidade das doenças (HALLIWELL 1994; FLAGG 1995; ZHANG et al. 1999).

Diversas práticas alimentares milenares e muito saudáveis, provenientes do extremo Oriente, especialmente do Japão e da China, deram origem ao conceito de alimentos funcionais, que melhoram o funcionamento do organismo e ajudam a prevenir ou mesmo curar disfunções e doenças (BUTTRISS 2000).

Outros alimentos funcionais muito importantes são utilizados em práticas dietéticas da Região do Mediterrâneo, compreendendo, pois, a Grécia, a Itália, a França e a Espanha, dentre outros (JAMES et al. 1989; TRICHOPOULOU e VASILOPOULOU 2000).

A influência das dietas orientais e mediterrâneas sobre o perfil de morbimortalidade por doenças cardiovasculares e câncer é notável, visto que apesar do consumo *per capita* de bebidas alcoólicas no Oriente e no Mediterrâneo ser maior que no Ocidente (Estados Unidos, diga-se), o consumo de frutas e verduras é maior naqueles países e menor nos Estados Unidos, país em que a ingestão calórica e lipídica por habitante é muito superiores comparada aos países das regiões supracitadas. Assim, estas dietas menos calóricas e lipídicas e mais ricas em vitaminas e fibras têm sido uma das explicações do porquê da mortalidade por doenças cardiovasculares ser muito menor nos países do Mediterrâneo e Oriente em relação aos Estados Unidos (JAMES et al. 1989; TRICHOPOULOU e VASILOPOULOU 2000; WEISBURGER 2000).

Segundo o modelo de História Natural das Doenças, proposto por Leavell e Clark na década de 1970, que constitui uma das teorias explicativas da causalidade e evolução do processo saúde-doença, papel de destaque é dado às ações de Atenção (ou Prevenção) Primária à Saúde (FORATTINI 1992).

Segundo FORATTINI (1992), a Prevenção Primária constitui-se de ações de promoção da saúde (educação para a saúde, educação para a melhoria da nutrição populacional, etc) e prevenção do agravo específico (adição do iodo ao sal de cozinha para a prevenção do bócio, enriquecimento de alimentos com ferro para a prevenção da anemia, etc) que visam inibir ou impedir que estímulos patogênicos resultem em eventos mórbidos;

A utilização de antioxidantes através da promoção de uma dieta adequada, ou seja, aquela que segue os padrões estabelecidos de ingestão diária recomendada de nutrientes, é preconizada por diversos especialistas. Isto porque a prevenção primária, ao evitar a doença, pode diminuir os custos hospitalares e farmacêuticos, além de diminuir o sofrimento provocado pela doença/disfunção e diminuir a mortalidade, melhorando sensivelmente a qualidade de vida da população (CHANDRA 2002).

1.1 Radicais livres: Dos alimentos às doenças.

A deterioração peroxidativa dos alimentos somente começou a ser sistematicamente estudada a partir das décadas de 1940 e 1950 (SEVANIAN e HOCHSTEIN 1985).

Desde o final da década de 1960, que a oxidação mitocondrial incompleta (que ocorre fisiologicamente em cerca de 5%), resulta na produção de moléculas com valências livres, capazes de doar (agente redutor) ou receber elétrons (agente oxidante), os radicais livres do oxigênio ($\cdot\text{OH}$, $\text{O}_2\cdot^-$) e as espécies reativas derivadas deste (H_2O_2 , $^1\text{O}_2$). Além disso, diversos nutrientes e metais presentes na dieta também podem sofrer modificações gerando radicais livres, especialmente o ferro (SLATER et al. 1987).

1.1.1 Espécies reativas do oxigênio (Radicais Livres) em sistemas biológicos

Como o oxigênio apresenta dois elétrons não pareados (estado triplete) e a maioria das biomoléculas, inclusive os Ácidos Graxos Polinsaturados (AGPIs), encontram-se no estado eletrônico elementar (possuindo todos os elétrons pareados), há uma barreira, representada pelo momento angular do *spin* ($\uparrow\downarrow$), que impede esta reação do tipo endotérmica (KANNER 1994). Mas, elétrons livres, átomos de hidrogênio e outros ou moléculas que contém orbitais incompletos, ou seja, não pareados [metais e radicais livres (RLs)], podem reagir livremente com biomoléculas (HALLIWELL e CHIRICO 1993; MEDEIROS et al. 1996).

Do ponto de vista termodinâmico, pela comparação entre os potenciais redox de espécies de oxigênio, virtuais catalizadoras de processos oxidativos, e os dos substratos, verifica-se que só os radicais per-hidroxila, hidroxila, ferrila e radicais

lipídicos são capazes de promover a peroxidação lipídica (PL) (KANNER 1994; MEDEIROS et al. 1996).

De todo o oxigênio consumido pelo organismo humano, 90 a 95% é convertido em água através da respiração celular que se processa nas mitocôndrias. Porém, de 5 a 10% dá origem a diversas espécies reativas do oxigênio, promotoras da PL (FRIDOVICH 1978; ESTERBAUER 1993).

A reação de adição de um elétron ao oxigênio molecular (O_2) leva à formação do ânion superóxido ($O_2^{\cdot -}$) espécie pouco reativa, produzida especialmente na cadeia respiratória mitocondrial e em outros sistemas transportadores de elétrons de biomembranas, e secundariamente pela reação do O_2 com tetrahidrofolatos, catecolaminas, açúcares (glicose), proteínas com grupamentos tiol, ácido ascórbico e outros agentes redutores (neste caso somente na presença de ferro livre), ou pela autoxidação da oximioglobina em metamioglobina (DUTHIE 1993; HALLIWELL 1994; KANNER 1994). Nos processos inflamatórios, fagócitos ativados (neutrófilos, macrófagos, eosinófilos), fibroblastos e linfócitos também produzem $O_2^{\cdot -}$ via explosão respiratória (FRIDOVICH 1978; HALLIWELL e CHIRICO 1993; HALLIWELL 1994). O ânion superóxido pode reagir com o óxido nítrico (NO) para formar o peroxinitrito ($^{\cdot}NOO$), potente oxidante de grupos -SH, que pode sofrer decomposição e originar o radical hidroxila ($^{\cdot}OH$), outro oxidante de elevado poder (HALLIWELL e CHIRICO 1993). A reação $H^+ + O_2^{\cdot -}$ origina o radical peroxila ($HO_2^{\cdot}$), muito oxidante (KANNER 1994; HALLIWELL 1995).

Em mitocôndrias, microssomos, peroxissomos e outras organelas (contendo oxidases), da reação espontânea do $O_2^{\cdot -}$ com dois elétrons e dois átomos de hidrogênio, em presença da enzima superóxido-dismutase (SOD), ocorre a produção

do peróxido de hidrogênio (H_2O_2) (DUTHIE 1993; ESTERBAUER 1993; KANNER 1994). Assim, a autooxidação do ácido ascórbico, de fenolatos, flavinas e tióis, ou a combinação de radicais semiquinona e ácido ascórbico com O_2^- levam à formação do H_2O_2 , limitado enquanto oxidante, mas capaz de oxidar grupos tióis de proteínas (HALLIWELL e CHIRICO 1993; KANNER 1994).

O peróxido de hidrogênio pode reagir com um elétron para dar origem a radicais hidroxilas ($\cdot\text{OH}$ e $\cdot\text{OH}$). Outra via de formação de radicais hidroxilas é representada pelo conjunto de reações Fenton/Haber-Weiss, catalizadas por metais de transição (ferro em especial), genericamente representadas:

Quando a água sofre fissão homolítica, catalizada pela radiação eletromagnética de baixo comprimento de onda (elevada energia, como a radiação gama), também ocorre a produção de $\cdot\text{OH}$ (HALLIWELL e CHIRICO 1993; HALLIWELL 1994; KANNER 1994). O calor é uma das formas de produzir $\cdot\text{OH}$ que apresenta elevado poder oxidante, sendo considerado o principal iniciador da peroxidação lipídica, capaz de retirar hidrogênio de ácidos graxos poli-insaturados (AGPIs), além de danificar proteínas, grupos tióis e ácidos nucleicos (DUTHIE 1993; HALLIWELL e CHIRICO 1993; KANNER 1994).

Outra espécie reativa é conhecida como oxigênio singlete ($^1\text{O}_2$) ou ativado (CANDEBAT 1993). Este pode ser formado pela união de dois radicais peroxila (LO_2) ou através de reações onde há descarga de energia (microondas ou fotoquímica) que é absorvida por agentes fotossensitizantes, como a riboflavina, as porfirinas, a eritrosina e a tetraciclina, que emitem o excesso de energia para a molécula de O_2 , formando o oxigênio singlete (CANDEBAT 1993; HALLIWELL e

CHIRICO 1993; KANNER 1994; TZENG et al. 1996). O ozônio pode dar origem ao $^1\text{O}_2$ (HALLIWELL e CHIRICO 1993).

Na presença de oxigênio, os radicais glutatona, ao invés de serem antioxidantes, podem formar peróxidos de alta energia, que atuam para elevar a PL (DECKER 1998).

As principais consequências das reações mediadas por radicais livres são as oxidações de lipídios e proteínas, tanto em alimentos quanto nos componentes da estrutura celular. Como a peroxidação de lipídios resulta na produção de diversas substâncias tóxicas à saúde, presentes na alimentação da população, cujos efeitos estão implicados na patogenia de diversos distúrbios e doenças crônicas não-transmissíveis, é importante conhecê-las passo a passo para que a sua prevenção tenha uma avaliação adequada de modo a permitir ações mais eficazes (KUBOW 1992; FERRARI 1999b).

1.1.2 As reações de oxidação de ácidos graxos e do colesterol

As reações de PL compreendem três fases: a iniciação, a propagação e a terminação. A iniciação se dá através de reações catalizadas por metais de transição (reação de Haber-Weiss/Fenton); da atividade de enzimas (isoladas ou em sistemas enzimáticos); da degradação térmica de matéria orgânica; e do impacto ou absorção de energia (térmica, luz visível com fotossensibilizadores, radiação ultravioleta e ionizante) sobre o alimento ou os tecidos biológicos (SEVANI e HOCHSTEIN 1985; SLATER et al. 1987; TORRES 1988; KANNER 1994; FERRARI 1998).

O impacto dessas reações exotérmicas (ou exergônicas) capacita o oxigênio a reagir com os ácidos graxos (AG) e o colesterol (COL), iniciando a PL tanto em

células quanto em óleos, gorduras e frações lipídicas em alimentos (KANNER 1994; MEDEIROS et al. 1996).

Conforme o Quadro 1, um átomo de hidrogênio do carbono adjacente a uma ligação dupla tipo *cis* de um ácido graxo polinsaturado (AGPI) é retirado (Quadro 1, linha 1), ocorrendo a formação de radicais alílicos ou carbonílicos (2) que sofrem rearranjo molecular, formando dienos conjugados (3) (SEVANIAN e HOCHSTEIN 1985; TORRES 1988; GUTTERIDGE 1995). A seguir ocorre incorporação de oxigênio (3) para a formação do radical peroxila (4). A reação segue em cadeia para a fase de propagação em que o radical peroxila retira hidrogênio de outro AGPI (4), originando hidroperóxido (5). Devido à instabilidade, os peróxidos continuam a sofrer fragmentações até a formação de substâncias não reativas, características da fase de terminação (incluindo aldeídos e produtos de polimerização).

Quadro 1 – Peroxidação de Ácido graxo Poli-insaturado (n-3)

Adaptado de Gutteridge (1995)

Como resultado final da peroxidação de AGPI, são liberadas diversas moléculas, como alcanos, alcenos, aldeídos (malonaldeído, hexanal, hidroxihexenal, hidroxinonenal, pentanal), cetonas, álcoois, furanas e lactonas. Tais produtos, em parte voláteis, servem de indicadores da PL em alimentos (WU e SHELDON 1988; GUILLÉN-SANS e GUZMÁN-CHOZAS 1998) e mesmo em células e tecidos animais (HALLIWELL 1994; GUTTERIDGE 1995).

O malonaldeído (MDA), um dos principais produtos secundários da PL, é capaz de se combinar com duas moléculas do ácido 2-tiobarbitúrico (TBA), originando um pigmento vermelho que pode ser mensurado na espectrofotometria a 532nm (TORRES 1988; TORRES e OKANI 1997). Todavia, devido à reatividade do TBA com outros aldeídos, os resultados do teste têm sido expressos como substâncias reativas ao TBA; sendo que há vários anos têm sido desenvolvidos métodos cromatográficos para a mensuração específica do MDA em alimentos (GUILLÉN-SANS e GUZMÁN-CHOZAS 1998).

Entretanto, não apenas os ácidos graxos (AGs), mas também o colesterol (COL) sofre oxidação com a retirada de um hidrogênio do carbono 7 (adjacente à insaturação), dando origem a dois 7-hidroperóxidos epiméricos (DONNELLY e ROBINSON 1995). Estes epímeros instáveis se fragmentam para dar origem ao 7-cetocolesterol e a dois 7-hidroxicolesteróis (TORRES 1988; PANIANGVAIT et al. 1995). Todavia, outros hidroxicolesteróis, epóxidos, colestenonas, colestanodióis e muitos outros óxidos de colesterol também são formados em carnes e derivados, leite e laticínios, ovos e seus produtos e outros tipos de alimentos, especialmente industrializados que utilizam alimentos de origem animal como matéria-prima (TORRES 1988; PANIANGVAIT et al. 1995; FERRARI 1998).

1.1.3 O papel dos condimentos, dos antioxidantes e aditivos sobre a OL

As especiarias ou condimentos são ingredientes de origem vegetal, utilizados em diversos produtos alimentícios. Elas contêm flavonóides, substratos para peroxidases que promovem PL, levando à formação de radicais fenoxila. Além disso, as especiarias também contêm clorofila e carotenóides que, em presença de AGPIs, são co-oxidados por lipoxigenases. Os efeitos destas reações consistem em perda da cor e modificações aromáticas (DONNELLY e ROBINSON 1995).

Diversos produtos cárneos contêm sais de cura (sais de nitrato/nitrito) que são adicionados com os objetivos de destruir esporos de *Clostridium botulinum*, oferecer um aroma especial ao produto e inibir a oxidação lipídica. Segundo a legislação brasileira, tais produtos são considerados conservantes porque previnem/controlam o desenvolvimento de microrganismos (RIEDEL 1992).

Segundo LOVE (1983), baixas concentrações de nitrito promovem efeito antioxidante, ao passo que em elevadas concentrações o nitrito é pró-oxidante. Estudando o comportamento do cozimento e de diferentes tratamentos químicos sobre os teores de ferro heme e livre em carnes, SCHRICKER e MILLER (1983) relataram que a adição de nitrito, por diminuir a liberação de ferro livre, foi útil na prevenção da PL; e CHEN et al. (1984) observaram que o nitrito inibiu a liberação de ferro em extratos de pigmentos cárneos.

Para explicar os efeitos antioxidantes do nitrito, diversos mecanismos de ação têm sido propostos (ASGHAR et al. 1988; KANNER 1994):

- a) o nitrito pode agir como quelante do ferro livre, inibindo a catálise metálica;
- b) o nitrito pode estabilizar o anel porfirínico, evitando a exposição do ferro ao oxigênio e/ou a sua liberação durante o cozimento;

- c) o óxido nítrico pode formar complexos com as proteínas heme, evitando a liberação de ferro durante o “ataque” promovido pelo peróxido de hidrogênio ou hidroperóxidos;
- d) derivados do nitrito, formados em produtos cárneos curados, como óxido nítrico, óxido-nítrico-mioglobina e complexos S-nitrosotióis atuam removendo radicais livres; e
- e) o nitrito adere aos lipídios de membranas celulares estabilizando-os, o que impede a PL.

O dióxido de enxofre, conservante utilizado em carnes (RIEDEL 1992), especialmente em salsichas, também apresenta propriedades antioxidantes, provavelmente relacionadas a reações redox (LADIKOS e LOUGOVOIS 1990).

Outros antioxidantes, tanto sintéticos [butilhidroxianisol (BHA), butilhidroxitolueno (BHT), t-butilhidroquinona (TBHQ), ascorbatos, citratos, polifosfatos, tocoferóis, galatos (de propila, de octila e de dodecila), eritorbatos)], quanto naturais (extratos naturais ricos em tocoferóis, diversos extratos de vegetais e especiarias, especialmente alecrim) têm sido empregados em carnes e derivados, enlatados, sucos de frutas, biscoitos, bebidas alcoólicas e outros (PEARSON et al. 1977; BAILEY 1988; LADIKOS e LOUGOVOIS 1990; RIEDEL 1992; RUST 1994; DONNELLY e ROBINSON 1995; DECKER 1998; LINDLEY 1998).

BARBUT et al. (1988) relataram que a inibição da PL em salsichas de peru, congeladas e desidratadas, pela adição de oleoresina de alecrim, foi significativa e semelhante à exercida pelos antioxidantes butilhidroxianisol (BHA), butilhidroxitolueno (BHT) e ácido cítrico.

Há muitos anos, a indústria de alimentos vem utilizando antioxidantes para melhorar a qualidade dos produtos alimentícios, embora a preocupação com a questão da saúde não tenha sido, ainda, enfatizada. Recentemente, muita ênfase tem sido dada aos fitoquímicos naturalmente presentes em alimentos cujas propriedades funcionais, antioxidantes ou não, poderiam ajudar no combate a diversas doenças, como a aterosclerose, a hiperglicemia e o câncer. Destacam-se os mais de 40 limonóides (terpenos de frutas cítricas) e o ácido ascórbico em frutas cítricas; os isoflavonóides da soja; os tocotrienóis de grãos de cereais e vegetais; os fenólicos do gengibre; o licopeno do tomate, da melancia e da goiaba; as antocianinas do feijão, da cereja, da amora, da uva e do morango; a quercetina na cebola, no brócolis, na uva vermelha (vinho), na cereja, na maçã e em certos cereais, além da atividade antioxidante do alecrim, da sálvia (ou artemísia), do tomilho e do orégano (CRAIG e BECK 1999).

A Tabela 1 agrupa os principais antioxidantes utilizados em alimentos.

Tabela 1 – Principais antioxidantes utilizados em alimentos.

Antioxidantes	Principais usos em alimentos
<ul style="list-style-type: none"> • Ácido ascórbico e ácidos cítricos • Butilhidroxianisol (BHA) & • Butilhidroxitolueno (BHT) 	<ul style="list-style-type: none"> • Engarrafados/enlatados (sucos) • Gorduras animais, cereais matinais, gomas de mascar, Granola, batatas, salsichas, salgadinhos e óleos vegetais
<ul style="list-style-type: none"> • Dissódio cálcico de EDTA • Ácido eritórbico e eritorbato • Nitritos • Propil-galato ou galato de propila • t-Butilhidroquinona • Tocoferóis 	<ul style="list-style-type: none"> • Bebidas e emulsões alimentícias • Produtos cárneos curados e frutas • Produtos cárneos curados • Óleos animais e vegetais e alimentos cárneos • Frituras de óleos vegetais • Gorduras animais e alimentos cárneos; adicionados às rações animais.
<ul style="list-style-type: none"> • Sulfitos • Dimetil-polisiloxano • Alecrim e outras especiarias • Carnosina • Catequinas • Ácido fítico • Óleo de farelo de arroz 	<ul style="list-style-type: none"> • Bebidas (cerveja), frutas e vinhos. • Óleos vegetais • Marinados, saladas e salsichas • Produtos cárneos • Alimentos cárneos e salgadinhos • Alimentos cárneos • Óleos comestíveis borrifados (bolachas, nozes e salgadinhos)

Fonte: FERRARI (1999b).

1.1.4 O controle dos radicais livres e da oxidação lipídica em alimentos

Para o controle ou a minimização das reações redox e de PL em alimentos é necessário considerar tanto os aspectos acima apontados, quanto outros tópicos relacionados à qualidade da matéria-prima, seja animal (condições pré- e pós-abate) (FERRARI 1999a) ou vegetal (controle das reações oxidativas desde a pré-colheita), às condições de processamento e empacotamento (industrial ou artesanal), às condições de armazenamento (congelamento e refrigeração) e de preparação (FERRARI 1998; FERRARI 2000; FERRARI e TORRES 2000) (cocção e microondas) dos alimentos e diversos fatores químicos e físicos pró e antioxidantes. Outros detalhes sobre os fatores físicos, químicos e bioquímicos da catálise e do controle das reações de peroxidação lipídica em alimentos foram recentemente revisados por DECKER (1998), FERRARI (2000) e FERRARI e TORRES (2000).

1.1.5 Peroxidação lipídica em alimentos: implicações para a saúde coletiva

As principais implicações para a saúde da população resultantes da produção de substâncias tóxicas oriundas da PL em alimentos foram extensamente descritas e analisadas, sendo que maiores detalhes bioquímicos, fisiopatológicos, toxicológicos e ambientais podem ser obtidos nos trabalhos de ABDALLA (1993); HALLIWELL e CHRICO (1993), GUTTERIDGE (1995), FERRARI e TORRES (2000) e FERRARI (2001).

Ressalta-se que o estresse oxidativo nem sempre está envolvido na patogênese de uma doença.

Neste sentido, estudando crianças com fenilcetonúria, FISBERG et al. (1999) observaram níveis plasmáticos de Cobre similares em relação aos obtidos no grupo

controle, sendo que a atividade da Cu,Zn-SOD também foi semelhante nos dois grupos. Os mesmos autores também reportaram menores valores plasmáticos de zinco nas crianças com fenilcetonúria em relação ao controle; embora tais concentrações plasmáticas deste mineral ainda fossem consideradas adequadas em relação ao intervalo normal.

A Tabela 2 agrupa os principais efeitos sobre a saúde humana da PL em alimentos.

Tabela 2 – Doenças associadas com a peroxidação lipídica em alimentos e sistemas biológicos.

Doença ou distúrbio	Mecanismos oxidativos envolvidos
Aterosclerose	Óxidos de colesterol em alimentos e sistemas biológicos
Catarata	Dieta rica em gorduras e deficiente em antioxidantes (tocoferol e ácido ascórbico)
Diabetes	Oxidação de açúcares e de lipídios favorecida por dieta rica destes nutrientes
Diarréia e inflamações respiratórias	Peróxidos irritam mucosas. Há risco ocupacional em serviços de alimentação
Envelhecimento	Dieta rica em gorduras e deficiente em antioxidantes, desde a infância, provocam aceleração do envelhecimento celular
Hemólise e anemia	Dieta rica em AGPI predispõe à ruptura da membrana celular de eritrócitos, resultando em hemólise e, em consequência, na anemia
Perda parcial de vitaminas e nutrientes essenciais	ERO e produtos da OL provocam a perda de vitaminas lipossolúveis (A, carotenóides e E), da vitamina C e de ácidos graxos essenciais à nutrição humana. Peróxidos e produtos finais da PL impedem a absorção intestinal de nutrientes (tiamina, pantotenato, riboflavina, ascorbato, vitamina B ₁₂ , vitamina A, tocoferóis, lisina e peptídeos sulfurados)
Necrose e/ou apoptose	Provocada por peróxidos, malonaldeído e 4-hidroxinonenal
Mutagenicidade, danos genéticos e câncer	Peróxidos, malonaldeído e 4-hidroxinonenal e outros aldeídos são agentes clastogênicos que danificam o material genético, aumentando o risco de ocorrência de cânceres

Abreviações - AGPI: ácido graxo polinsaturado; ERO: espécies reativas de oxigênio; PL: peroxidação lipídica.

Fonte: Adaptado de FERRARI e TORRES (no prelo) ¹

¹ Ferrari CKB, Torres EAFS. Biochemical pharmacology of functional foods and prevention of chronic diseases of aging. Biomed Pharmacother (aceito).

1.2 Alimentos funcionais: Conceituação e mecanismos de ação antioxidante.

Pode-se considerar como alimento funcional, todo aquele que apresenta uma ou mais substâncias com funções fisiológicas e bioquímicas benéficas à saúde do homem. Neste sentido, a Associação Dietética Americana elaborou um “glossário” contendo as principais definições básicas do grupo de alimentos funcionais. Segundo BLOCH e THOMSON (1995) são:

- **agente quimiopreventivo**- componente alimentar nutritivo ou não que vem sendo investigado cientificamente como um potencial inibidor da carcinogênese para a prevenção primária (antes do evento ocorrer) ou secundária (tratamento do evento) do câncer;
- **alimento planejado, projetado ou desenhado (“designer food”)**- alimentos processados que são suplementados com ingredientes alimentares naturalmente ricos em substâncias que previnem doenças. Isto pode envolver engenharia genética de alimentos;
- **alimento funcional**- qualquer alimento ou ingrediente modificado que possa propiciar um efeito benéfico, além daquele provido por nutrientes tradicionais que ele contém;
- **fármaco-alimento**- alimento ou nutriente com potencial uso médico ou de saúde, incluindo a prevenção e o tratamento de doenças;
- **fitoquímico**- substâncias encontradas em frutas e vegetais comestíveis que podem ser ingeridas, diariamente (em gramas), pelo homem e que exibem um potencial para modular o metabolismo humano de modo favorável à prevenção do câncer e de doenças;
- **nutracêutico**- qualquer substância que possa ser considerada alimento ou parte deste e ofereça benefícios médicos ou de saúde, incluindo a prevenção e o tratamento de doenças.

Deve ser enfatizado que em certos países, como nos Estados Unidos, o conceito de alimentos funcionais vêm significando desde simples alimentos com

substâncias protetoras até “suplementos alimentares”. Esses suplementos, na realidade, podem representar produtos farmacêuticos ou alimentares. Os últimos, embora possam ser eficazes na prevenção de doenças, muitas vezes contém apenas baixas concentrações da substância ativa, além de ingredientes potencialmente indesejáveis, como açúcar e gorduras (FUNCTIONAL 1999).

Nos países europeus o conceito de alimentos funcionais tem se mostrado mais ortodoxo e genuíno de modo a considerar muito mais as propriedades fisiológicas dos componentes alimentares (ROBERFROID 1999), ao invés de dar ênfase ao consumo de mercadorias alimentícias².

No Brasil, através das Resoluções 18 e 19, de 30 de Abril de 1999, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) considera como alimento funcional “O alimento ou ingrediente que alegar propriedades funcionais ou de saúde pode, além de funções nutricionais básicas, quando se tratar de nutriente, produzir efeitos metabólicos e ou fisiológicos e ou benéficos à saúde devendo ser seguro para consumo sem supervisão médica” (BRASIL 1999a e 1999b).

No Oriente, o uso de alimentos com propriedades funcionais têm origem num passado bastante remoto e, por este motivo, a pesquisa científica sobre o tema é muito avançada naquela região.

No Japão, o uso de alimentos funcionais é muito difundido e as normas pertinentes para o registro e a comercialização de alimentos para uso específico de saúde encontram-se na **Tabela 3** (BUTTRISS 2000).

² Ao contrário de Bem, Mercadoria é algo não necessariamente indispensável ao homem. Neste caso, o autor pretende enfatizar que nos EUA os alimentos funcionais se tornaram simples mercadoria de troca, objeto de lucro e bons negócios e não algo que realmente melhore a saúde humana.

Tabela 3— Critérios para obter permissão de registro e/ou comercialização de alimentos funcionais no Japão.

-
- Espera-se que o alimento contribua para a melhoria da dieta e para a manutenção e/ou o incremento da saúde;
 - Os benefícios de saúde de um alimento ou de seus constituintes devem ter uma clara base nutricional e médica;
 - Baseado no conhecimento médico e nutricional, a ingestão (diária) de uma quantidade apropriada deve ser definida segundo cada tipo de alimento ou de substância;
 - Segundo a experiência, o alimento deve ser bem definido em termos de propriedades físico-químicas e análises qualitativas e quantitativas;
 - Não deve haver Qualquer perda significativa de nutrientes neste alimento em relação a nutrientes normalmente encontrados em alimentos similares;
 - O alimento deve estar numa forma usualmente consumida na dieta humana e não em formas de consumo apenas ocasional;
 - O alimento deve estar numa forma usual, não em outra forma, como pílulas ou cápsulas;
 - O alimento e seus constituintes não devem ser utilizados como medicamentos exclusivos (não devem substituir tratamentos convencionais).
-

Fonte: traduzido e adaptado de BUTTRISS (2000).

1.2.1 Alimentos funcionais com ações antioxidantes contra doenças crônicas não-transmissíveis

Embora possam ser conhecidos há milhares de anos na cultura popular, apenas no século XX, os componentes dos alimentos vêm sendo estudados, de modo objetivo, quanto às propriedades fisiológicas e medicinais. Muitas investigações têm sido realizadas no sentido de descobrir possíveis propriedades funcionais, antioxidantes ou não, que seriam eficazes na luta contra várias doenças, como a aterosclerose, a hiperglicemia, as doenças cerebrais e o câncer.

Embora muitos efeitos de compostos isolados de alimentos tenham sido apenas parcialmente testados, segundo LAMPE (1999) é possível assegurar que os principais mecanismos de ação dos fitoquímicos compreendem:

- atividades antioxidantes;
- modulação de enzimas de detoxificação;
- diminuição da agregação plaquetária;
- alterações no metabolismo do colesterol;

- controle nas concentrações de hormônios esteróides e do metabolismo endócrino;
- redução da pressão sanguínea;
- atividades antibacterianas e antivirais

1.2.2 Antioxidantes e Doenças cardiovasculares

Exemplos muito ilustrativos de substâncias que protegem o sistema cardiovascular compreendem os flavonóis e as flavonas, presentes no vinho tinto, chá, maçã, cebola, etc, que se encontraram inversamente relacionados com a mortalidade por doença cardíaca coronariana (KINSELLA et al. 1993; HOLLMAN e KATAN 1999). Por outro lado, NYSSÖNEN et al. (1997) observaram que o histórico familiar de doença coronariana do coração, a duração do hábito de fumar, as concentrações séricas de apolipoproteína B, o teor de mercúrio no cabelo e as concentrações plasmáticas de vitamina C foram os principais fatores de risco para o infarto do miocárdio em 1605 homens finlandeses. Também observaram que, após o ajuste para outros nutrientes, homens com deficiência plasmática de vitamina C tiveram um risco relativo (RR) de 2,5, comparados com o quintil mais elevado de concentração plasmática daquela vitamina.

Do mesmo modo, o elevado consumo de sementes do grupo das secas (amêndoas, amendoim e nozes), ricas em vitamina E, ácido α -linolênico e outros compostos, diminuiu em 62% o risco de doença cardíaca coronária em mulheres (HU et al. 1998). Diversas vitaminas antioxidantes protegem os vasos sanguíneos das alterações provocadas durante a aterosclerose (HALLIWELL e CHIRICO 1993; GUTTERIDGE 1995).

Diversas novas substâncias, presentes no vinho tinto, uvas, chás, soja, grãos, cebolas, brócolis, morangos, etc, apresentam atividades como a diminuição do colesterol LDL (“low-density lipoprotein” ou lipoproteína de baixa densidade) e a inibição da oxidação do colesterol e de outros lipídios que resultam na diminuição do risco de ocorrência da aterosclerose e do infarto do miocárdio (CRAIG e BECK 1999).

JAIN et al. (1996) relataram que a suplementação dietética com vitamina E diminuiu em cerca de 25% os níveis sanguíneos de produtos da oxidação lipídica em pacientes diabéticos. Do mesmo modo, o tocoferol se mostrou muito útil na inibição da oxidação da LDL catalizada pelo cobre (Cu^{2+}) (ZIOUZENKOVA et al. 1996).

Está bem estabelecido que a vitamina E, na proporção de seis moléculas para cada partícula de colesterol LDL, representa um eficiente antioxidante antiaterogênico (DURIEZ & FRUCHART 1993; HALLIWELL e CHIRICO 1993).

1.2.3 Antioxidante e Doenças neurológicas

Sabe-se que as doenças crônicas não transmissíveis do sistema nervoso central estão associadas à deficiência de vitaminas antioxidantes e podem ser prevenidas pelo uso de antioxidantes. Segundo STÄHELIN (1999) existe uma relação positiva entre níveis de carotenóides e tocoferol e a manutenção da capacidade de memória, bem como há associações inversas entre antioxidantes e diversas patologias (doença vascular cerebral, demência e perda da memória).

Neste sentido, encontra-se bem estabelecido que em diversas situações de estresse oxidativo cerebral são produzidas expressivas quantidades de peroxinitrito, potente oxidante capaz de destruir neurônios (RICHTER 1998). Em diversas doenças cerebrais existe superprodução de espécies reativas de oxigênio (ERO) e intensa

destruição de neurônios e células tróficas, seja através da morte celular acidental ou grave (necrose) ou mesmo pela morte celular programada ou apoptose. Pesquisas já têm revelado que o uso de antioxidantes é extremamente importante para a manutenção da integridade da população neuronal através da inibição da apoptose e da necrose (DRUKARCH et al 1997).

Ainda, não conhecemos bem quais são os melhores protetores neuronais, mas o ácido cafeico (café) e a catequina (chás), quimicamente similares às catecolaminas, foram extremamente eficazes na inibição da oxidação da dopamina induzida pelo peroxinitrito (KERRY e RICE-EVANS 1999). No mesmo estudo os efeitos do ácido cafeico e da catequina foram inferiores aos exercidos pelo ascorbato e pela glutathione.

1.2.4 Importância dos metais, elementos e enzimas antioxidantes na gênese ou no controle de doenças

Diversos metais têm papel fundamental na gênese ou controle das reações de oxidação nos tecidos biológicos.

O Cobre é componente das enzimas citocromo oxidase e Cobre,Zinco-Superóxido dismutase (Cu,Zn-SOD). A SOD apresenta importante papel como removedora dos íons $O_2^{\cdot-}$, embora o Cobre também possa ser pró-oxidante sanguíneo (como já discutido). Graças à ação de proteínas transportadoras como as metalotioneínas e a ceruloplasmina o Cobre se torna ligado, o que evita sua interação com hidroperóxidos para a formação de radicais livres (LEUNG 1998). A albumina é capaz de remover espécies reativas como o Cobre, os grupos heme do ferro e o ácido hipocloroso (HOCl) (GUTTERIDGE 1995). Além disso, indivíduos com mutações

no gene que codifica a enzima superóxido dismutase-1 (SOD1), devido ao defeito enzimático produzem concentrações de H_2O_2 muito acima do usual, apresentando intenso estresse oxidativo e elevadas taxas de apoptose de neurônios, contribuindo para progressiva neurodegeneração. Mutações na enzima Cu,Zn-SOD1 favorecem a liberação de Cobre na forma de Cu(I) que catalisa de reações oxidativas do tipo Fenton, com grande prejuízo às biomoléculas cerebrais ou não (JEWETT et al 1999).

Da mesma maneira, o ferro (Fe), constituinte essencial da enzima catalase, da hemoglobina e mioglobina, também é pró-oxidante (através de reações de Fenton/Haber-Weiss) quando liberado de forma excessiva (GUTTERIDGE 1995; LEUNG 1998). Quelantes de Fe, naturais (albumina, ferritina, haptoglobina, hemopexina, lactoferrina, transferrina, urato) ou sintéticos (desferroxamina) têm papel fundamental no controle das reações de oxidação (GUTTERIDGE 1995), o que permite a sobrevivência das células. Neste sentido, CHEN e AHN (1998) relataram, que a quercetina, a rutina, a catequina e o ácido cafeico apresentaram as maiores atividades quelantes de Fe, embora o BHT, que não se mostrou quelante, foi capaz de inibir a oxidação induzida pelo ferro de forma mais eficaz que quatro fenólicos, exceto a quercetina. O ácido ferúlico e o sesamol apresentaram baixíssimas atividades quelantes. No mesmo estudo, os seis fenólicos inibiram a oxidação induzida por UV.

Outro oligoelemento importante é o selênio (Se). Em diversas situações, como no caso de pacientes politraumatizados, na cardiomiopatia ocorrida nas doenças de Keshan e Beck, no câncer do fígado e nas infecções virais (o Cocksackie vírus e o vírus da imunodeficiência humana - VIH), há deficiência de Se. Como o Se faz parte da estrutura de oito formas da enzima glutathiona peroxidase (GPx1-

intracelular, GPx2- gastrointestinal, GPx3- extracelular, GPx4- degradadora de hidroperóxidos, selenoproteínas P e W, iodotironina deiodinase e selenoproteína mitocondrial), responsável pela remoção de peróxidos e do H_2O_2 , sua suplementação dietética é importante nas doenças acima citadas e também na prevenção do câncer e da morte de células musculares cardíacas (DUTHIE 1993; GUTTERIDGE 1995; LEUNG 1998).

Segundo LEUNG (1998) outros elementos antioxidantes essenciais compreendem o Manganês (Mn), componente da enzima Mn-SOD, que protege a mitocôndria dos efeitos tóxicos dos radicais livres por esta organela, o magnésio (Mg) e o molibdênio (Mo), este importante na manutenção cerebral.

O Zn, componente da SOD, também é essencial na manutenção da integridade dos endotélios dos vasculares e do adequado funcionamento do sistema imunológico (HENNIG et al. 1996). Ressalta-se que várias células podem perder a capacidade de sobreviver, caso ocorra ruptura da membrana mitocondrial em situações de intensa injúria celular, como no caso de estresse oxidativo (WYLLIE 1997).

Do que foi exposto, fica clara a necessidade da ingestão adequada de elementos e de quelantes naturais de metais para propiciar uma biodisponibilidade e produção endógena de antioxidantes.

1.2.5 Catarata

Trata-se de doença característica da idade avançada no homem, cuja gênese está associada a reações oxidativas. A biodisponibilidade de metais é essencial na patogênese oxidativa da catarata. Recente estudo demonstrou que a liberação de Fe

esteve positivamente associada a ocorrência de catarata, efeito não observado em relação ao Cu (GARNER et al. 1999). Ainda em relação à catarata, é sabido que a deficiência de vitaminas antioxidantes aumenta o risco de ocorrência doença, ao passo que a suplementação com riboflavina, tocoferol, ascorbato e carotenos o diminui (BUNCE 1993).

1.2.6 Antioxidantes e câncer

Diversas investigações epidemiológicas (populacionais) e experimentais (*in vivo* ou em animais e *in vitro* ou em culturas de células) têm demonstrado que os antioxidantes podem diminuir o risco de câncer de mama [ácido ascórbico, fitoestrógenos da soja, carotenóides (α -caroteno, β -caroteno, luteína, zeaxantina)] e próstata (KLEINER 1997; ZHANG et al. 1999). Os mecanismos e os efeitos anti-tumorais dos antioxidantes encontram-se revisados na literatura (KELLOF et al 1999).

O β -caroteno é capaz de inibir a oxidação do ácido desoxirribonucleico (DNA), evitando mutações genéticas (UMEGAKI et al. 1994)

1.3 Atividade Antioxidante e Capacidade Antioxidante Total dos Alimentos

A atividade antioxidante de um elemento, composto químico ou de um alimento (composto de variados elementos) pode ser mensurada de diversas maneiras.

A atividade antioxidante tem sido comumente mensurada por métodos indiretos que avaliam a inibição da peroxidação lipídica (uma das principais consequências dos radicais livres em alimentos e sistemas biológicos), mensurada pela inibição da produção de aldeídos, produtos secundários da PL, como o MDA (teste de TBARS) e o 4-HNE (TORRES e OKANI 1997; GUILLÉN-SANS e GUZMÁN-CHOZAS 1998).

Há alguns anos, têm sido questionada a validade de ensaios de atividade antioxidante utilizando a inibição da peroxidação de lipídios (teste de TBARS) ou o teste de co-oxidação do β -caroteno pelo ácido linoleico, pois diversos protocolos utilizam elevadas temperaturas que catalizam reações de PL, podendo prejudicar os resultados (FRANKEL 1999).

Conforme JANERO (1990), o MDA pode ser gerado não apenas na PL, mas também por proteínas, bile, ácidos nucleicos e carboidratos, o que pode prejudicar seu uso como teste de avaliação de peroxidação lipídica.

Outras formas de avaliar a atividade antioxidante são (PEREIRA e MANCINI-FILHO 1994; MURCIA et al 2001; VINSON et al 2001): 1) Inibição da peroxidação de fosfolipídios em lipossomos; 2) Remoção direta de radicais livres e/ou espécies reativas ($\cdot\text{OH}$, HOCl , H_2O_2); 3) Inibição da formação de radicais carbonílicos (produtos da peroxidação de proteínas); 4) Inibição da formação de produtos derivados da oxidação de açúcares (glicosilação); 5) Inibição da oxidação do

β -caroteno; 6) Inibição da formação de peróxidos (produtos primários da PL);
7) Inibição da oxidação do LDL; dentre outros

Um dos testes mais empregados atualmente para avaliar a CAT é denominado capacidade antioxidante equivalente ao trolox (Trolox-Equivalent Antioxidant Capacity- TEAC), criado por MILLER et al (1993). O teste tem como princípio a formação de radicais livres num sistema controlado e a mensuração da capacidade de inibição da produção dos RLs pelos antioxidantes presentes na amostra (RICE-EVANS 2000). A CAT é comparada em relação ao Trolox, análogo sintético hidrossolúvel da vitamina E, sendo os resultados expressos em quantidades de equivalente de trolox (ET)/100g ou 100ml de alimento.

Uma variante do método CAT é a capacidade redutora do plasma ("Ferric reducing antioxidant power" - FRAP), criado por Benzie em 1996, em que são gerados íons Fe^{3+} que na presença de antioxidantes (da amostra) são transformados em Fe^{2+} (RICE-EVANS 2001; SZETO et al 2002). O método também segue como padrão o Trolox e tem seus resultados expressos da mesma forma que o CAT.

Outro teste de avaliação da CAT muito utilizado é o Capacidade de Absorção do Radical Oxigênio (Oxygen Radical Capacity - ORAC), criado por CAO et al. em 1993, que mede a capacidade de redução do radical peroxila através da doação de hidrogênio pelos antioxidantes presentes na amostra (CAO e PRIOR 1998; PAGANGA et al 1999; RICE-EVANS 2000). Os resultados também são expressos do mesmo que o TEAC e o FRAP.

Como ainda existem poucos estudos no mundo todo que trabalharam com a determinação da CAT, foram revisados estudos abordando tanto a “nova” metodologia quanto os testes mais comumente empregados.

Beringela

Nos tecidos hepático, renal e cardíaco de ratos saudáveis alimentados com 1mg de flavonóides do extrato de frutos da beringela (*Solanum melongena* L.) para cada 100 g de peso corporal/dia foi verificada a diminuição da peroxidação lipídica e o aumento dos níveis de glutathione em relação ao grupo controle não alimentado com beringela (SUDHEESH et al. 1999).

Segundo pesquisa de JORGE et al. (1998) com três grupos de coelhos, a saber: 1) controle; 2) dieta hipercolesterolêmica (a mesma do grupo 1 adicionada de 0,5% de colesterol e 10% de gordura de babaçú); e 3) dieta de beringela (a mesma que 2, com a administração de 10ml/dia de suco de beringela na concentração de 100g/70ml de água), concluíram que o peso corporal, o colesterol total (-19%), a fração LDL (-29%), os triglicerídios (-38%), o colesterol tecidual (-50%) e os teores de MDA nas LDLs (-22%) e nas artérias (-30%) foram menores no grupo da dieta com beringela em relação ao grupo hipercolesterolêmico.

Entretanto, em dezenove indivíduos humanos alimentados com uma mistura de suco de laranja e beringela não foram verificados quaisquer efeitos sobre as lipoproteínas plasmáticas e o fibrinogênio (KAKUDA et al. 1997). É provável que não tenham sido observados efeitos hipocolesterolêmicos porque os indivíduos não foram submetidos a uma dieta hipercolesterolêmica (o que contraria as normas éticas da pesquisa em seres humanos) como ocorre em estudos com animais.

Certamente, os resultados contraditórios são reflexo da utilização de diferentes espécies animais e de diferentes doses, bem como outros possíveis fatores.

De todo o modo, o fitoquímico nasunina, isolado da beringela, é um potente antioxidante removedor de radicais superóxido (NODA et al. 2000).

PAGANGA et al (1999) observaram valores de CAT iguais a 490 μ mol de ET/100g de beringela.

HALVORSEN et al (2001), utilizando a FRAP observaram de 170 a 250 μ mol de ET/100g de beringela.

Frutas cítricas

PEREIRA e MANCINI-FILHO (1994) demonstraram que as sementes de pomelo (ou toranja), da murcote e da tangerina inibiram a oxidação do β -caroteno em 93,7%, 74,1% e 59,9%, respectivamente.

Segundo ECONOMOS e CLAY (1999) as frutas cítricas são ricas em vitaminas, fibras e potássio. Uma “grapefruit” apresenta, em média, 79mg de vitamina C, 2,5g de fibras e 350mg de potássio; já a laranja tem, em média, 70mg de vitamina C, 3,1g de fibras e 237mg de potássio; e a tangerina contém, em média, 26mg de vitamina C, 1,7g de fibras e 132mg de potássio. A tangerina e a laranja também apresentam carotenóides, especialmente β -criptoxantina (RODRIGUEZ-AMAYA 1999).

As frutas cítricas apresentam consideráveis quantidades de monoterpenos, limonenos (D-limoneno, limonina, 17- β -D-glicopiranosídeo, nomilina), flavonóides, carotenóides e ácido hidroxicinâmico, qualificando-os para a possível prevenção de várias doenças, segundo ECONOMOS e CLAY (1999), tais como:

- anemia;

- defeitos do tubo neural (espinha bífida e anencefalia);
- doenças cardiovasculares;
- derrame; e
- câncer.

Os limonóides presentes nas frutas cítricas (cidra, laranja e limão) têm como principal mecanismo de ação a indução da Glutathione-S-Transferase (GST), enzima que promove a conjugação de carcinógenos (substâncias eletrofilicas) que sofreram ativação (SGARBIERI e PACHECO 1999) pelas enzimas de fase I do metabolismo de xenobióticos (LAMPE, 1999).

MURCIA et al (2001) observaram que o limão apresentou atividade antioxidante, inibindo em 53.8% a peroxidação de lipossomos.

SZETO et al (2002) reportaram CAT da laranja, medida pelo FRAP, igual a 942 μ mol ET/100g.

HALVORSEN et al (2001) observaram valores de CAT de 830 a 1150 μ mol ET/100g para a laranja e de 990 a 1050 μ mol ET/100g para o limão.

GARCÍA et al (2000) relataram valores de CAT para a laranja de 14 a 2905 μ mol ET/100g e de 481 μ mol ET/100g para o limão.

Café

Preparado com os frutos de *Coffea arabica*, o café apresenta os ácido cafeico e clorogênico, importantes antioxidantes que são absorvidos pelo trato digestivo humano e encontram-se biodisponíveis no plasma e tecidos (OLTHOF et al 2001).

Há indícios que o café poderia prevenir a oxidação do DNA. VIEIRA et al. (1999) demonstraram que a xantina foi eficaz na inibição da oxidação da adenina e

guanosina, efeito mediado através da redução dos radicais adenina (Ade[•]) e guanina (Gua[•]), respectivamente. Ao contrário, a teobromina e a cafeína não apresentaram efeito; embora a teofilina e a paraxantina tenham sido capazes tão somente de proteger as bases de Adenina.

Em Cuba, pesquisadores determinaram a CAT do café, encontrando 481 µmol ET/100ml de bebida (GARCÍA et al 2000).

Cacau e chocolate

O *Theobroma cacao* e seus derivados (chocolates) são ricos em polifenólicos e trimetilxantinas antioxidantes. Nas sementes de cacau cruas predominam os monômeros de flavanóides (espécie de flavonóide) e os oligômeros (desde dímeros até decâmeros) de procianidinas, derivadas de epicatequinas (DREOSTI 2000). Dentre outros constituintes podem ser encontrados o flavonol quercetina e seu derivado glicosídeo, a flavona isovitexina, os fenólicos clovamida e deoxiclovamida e as antocianinas, que conferem coloração púrpura à semente. Durante o processamento do cacau as antocianinas, procianidinas e catequinas são convertidas em quinonas que sofrem polimerização ou formam, através da ligação às proteínas, compostos insolúveis de alto peso molecular e de coloração marrom. Estima-se que 41 gramas de chocolate ao leite ofereça a mesma quantidade de fenólicos que uma taça de vinho e que um copo de chocolate quente ofereça dois terços (2/3) dos fenólicos. Tanto o cacau em pó quanto o chocolate são capazes de inibir a oxidação do colesterol LDL *in vitro* (DREOSTI 2000).

Segundo DUKE (2000) doses contidas em duas colheres de cacau por xícara de água e/ou leite podem ser empregadas no tratamento paliativo do mal de

Parkinson, de mastites, de hepatopatias, de impotência sexual, febre, cistites, resfriados, queimaduras, asma e bronquites, diabetes e obesidade.

Recentemente, pesquisadores demonstraram que o licor de cacau foi capaz de reduzir a atividade mutagênica de amins heterocíclicas pelo teste de Ames *in vitro* e *ex vivo* (YAMAGISHI et al. 2000).

Uvas, vinhos e cerveja

Os principais fenólicos encontrados em uvas são as antocianinas, os ácidos fenólicos e os flavonóides (flavonóis, flavanonóis e 3-flavanóis) (KINSELLA et al 1993).

Os polifenólicos de uvas, de vinhos e da cerveja exibem forte atividade antioxidante que além de preservar as membranas celulares, também inibem a oxidação do LDL, evitando a aterosclerose (KINSELLA et al 1993; ÁNGEL e GONZÁLEZ 1999; WEISBURGER 1999).

Outro efeito protetor do sistema cardiovascular, exercido pelos fenólicos, é representado pela capacidade de inibição da agregação plaquetária, através da inibição da formação de Tromboxana A₂, derivado do ácido araquidônico, resultando em diminuição do risco de distúrbios trombogênicos (KINSELLA et al. 1993). Pelo mesmo mecanismo, também exercido pelo ácido acetil-salicílico, os flavonóides e fenólicos (também presentes em maçãs) inibem a cicloxigenase impedindo a formação das prostaglandinas, substâncias inflamatórias indutoras do edema (KINSELLA et al 1993; SGARBIERI e PACHECO 1999).

Segundo ÁNGEL e GONZALÉZ (1999) a quercitina, rutina, luteolina, mirecetina, ácido tânico e catequina protegem o DNA de lesões induzidas por metabólitos do oxigênio.

Os fenólicos, incluindo o resveratrol, apresentam também potentes efeitos anticarcinogênicos (SGARBIERI e PACHECO 1999; WEISBURGER 1999).

A CAT da cerveja variou de 100 a 200 $\mu\text{mol ET}/100\text{ml}$ de bebida na Inglaterra (PAGANGA et al 1999) e de 100 a 143 $\mu\text{mol ET}/100\text{g}$ de bebida na Itália (FANTOZZI et al 1998), ambos mensurados pelo TEAC.

Hortalicas

Neste grupo, destacam-se as crucíferas (repolho, couve de Bruxelas, couve-flor e brócolis) ricas em isotiocianatos, substâncias reconhecidamente anticancerígenas (LAMPE 1999; SGARBIERI e PACHECO 1999).

Estudando os efeitos antioxidantes da alface, brócolis, cebola e tomate, em Cuba, ALONSO et al. (1999) relataram os seguintes valores de CAT, medidos por FRAP:

- 1) couve: 990 $\mu\text{mol ET}/100\text{g}$;
- 2) alface: 400 $\mu\text{mol ET}/100\text{g}$;
- 3) cebola: 320 $\mu\text{mol ET}/100\text{g}$;
- 4) tomate: 280 $\mu\text{mol ET}/100\text{g}$

Os mesmos autores também estudaram a atividade antioxidante através da inibição da peroxidação do ácido linoleico (medida pela concentração de MDA) e

observaram maior atividade antioxidante da couve (0,23 μ mol MDA/g), seguida pelo tomate (0,28 μ mol MDA/g), cebola e alface (0,45 μ mol MDA/g para ambos).

Produtos derivados de tomate (pasta, suco, purê e *ketchup*) apresentam elevados teores de carotenóides, especialmente de licopeno (RODRIGUEZ-AMAYA 1999), sendo potentes alimentos funcionais anticancerígenos, capazes de prevenir o câncer de próstata no homem (WEISBURGER 1999) e outros tumores.

Num amplo estudo que contemplou trinta alimentos de origem vegetal em Cuba, determinou-se a capacidade antioxidante total - CAT (mmol de equivalentes de Trolox/g) e a concentração inibitória de 50% (CI_{50%}) da peroxidação lipídica em homogenato de cérebro de ratos (GARCÍA et al., 2000). Para classificar o poder antioxidante dos alimentos avaliados, os autores elaboraram os índices CAT x fenólicos totais e fenólicos/CI_{50%}. As maiores capacidades antioxidantes foram:

- Frutas: goiaba > mamão > banana > laranja > abacate;
- Vegetais: beterraba > alho > agrião > cebola;
- Legumes: feijões corados e negros;
- Bebidas: chá e garapa.

O grupo liderado por CAO têm reportado os seguintes valores de CAT medida pelo teste ORAC (CAO et al 1996, WANG et al 1997; CAO et al 1998a):

- banana: 220 μ mol ET/100g
- berinjela: 390 μ mol ET/100g
- beterraba: 840 μ mol ET/100g
- cebola: 450 μ mol ET/100g

- cenoura: 210 μ mol ET/100g
- couve: 1770 μ mol ET/100g
- limão (Suco): 253 μ mol ET/100ml;
- laranja: 750 μ mol ET/100g

O cajá, o mamão papaia, a nectarina e o pêssego são ricos em carotenóides especialmente em β -criptoxantina (xantofila). A cereja apresenta relevante conteúdo de β -caroteno e elevado teor de vitamina C. O caju é pobre em carotenóides, mas riquíssimo em vitamina C. A banana é pobre em carotenóides (RODRIGUEZ-AMAYA 1999).

O poder antioxidante também depende do conteúdo de carotenóides presentes no alimento. Estes compostos, além de servirem como fonte de vitamina A, são eficientes removedores do oxigênio singlete (licopeno) e diminuem o risco de degeneração macular (BEECHER 1999). Em pacientes de porfíria, há liberação de protoporfirina no sangue que, chegando à pele, começa a absorver luz e termina por formar o oxigênio singlete. Neste caso, doses de 180mg/dia de β -caroteno diminuem as lesões tegumentares características da doença (OLSON 1999).

Os mecanismos protetores exercidos pelos carotenóides são (OLSON 1999):

- remoção do oxigênio singlete;
- remoção de radicais peroxila;
- modulação do metabolismo de carcinógenos;
- aumento da diferenciação celular (retinóides);
- inibição da proliferação celular;

- estimulação da comunicação intercelular;
- aumento da resposta imunológica;
- capacidade de filtrar a luz azul

No Brasil, as fontes mais ricas em carotenóides são o caruru (*Amaranthus viridis*), o mentruz (*Lepidium pseudodidymum*), a serralha (*Sonchus oleraceus*), o taiobá (*Xanthosoma* spp.), a bocaiúva (*Acronomia makayáya*), o buriti (*Mauritia vinifera* Mart.), o tucumã (*Astrocaryum vulgare*), a pupunha (*Bactris gasipaes*), a salsa, o coriandro, a chicória, a endívia e outros vegetais verdes folhudos (RODRIGUEZ-AMAYA 1999).

ALMEIDA-MURADIAN et al (1998) utilizando cromatografia líquida de alta resolução observaram 908 equivalentes de retinol (ER)/100g de aipo, 1095 ER/100g de folhas de beterraba, 495 ER/100 g de folhas de cenoura, 940 ER/100g de hortelã e 1472 ER/100g de folhas de serralha. Os autores também utilizaram a cromatografia em coluna aberta obtendo resultados similares, exceto para a hortelã e serralha.

O aipo (54,81µg de β-caroteno/g), a hortelã (53,38µg/g) e a serralha (82,35µg/g) constituem importantes fontes de β-caroteno (ALMEIDA-MURADIAN et al. 2000).

Outras fontes relevantes de carotenóides, mais acessíveis pelo preço e/ou disponibilidade são o mamão papaya, as mangas, o tomate (e derivados), a cenoura e as pimentas, estas últimas muito apreciadas em várias regiões do Brasil, no México e América Latina (RODRIGUEZ-AMAYA 1999).

Maiores detalhes sobre o teor de carotenóides em alimentos, bem como fibras e outros nutrientes, podem ser encontrados na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos, organizada pelo Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da USP (TABELA, 2002).

A capacidade de remoção do radical ânion superóxido (realizada *in vivo* pela enzima SOD), representa outro parâmetro para designar a atividade antioxidante dos alimentos, sendo expressa em unidades de SOD/mg de peso seco do alimento, segundo estudo do grupo de Lester Packer da Universidade da Califórnia (NODA et al. 2000). Cada miligrama de beringela tem atividade antioxidante equivalente a 17,9 moléculas de SOD. Os resultados desse estudo foram:

- antocianina nasunina (cristal): 143 ± 8 unidades de SOD/mg de alimento
- beringela: $17,9 \pm 1,3$
- pimenta vermelha: $14,2 \pm 0,6$
- pimenta verde: $10,5 \pm 1,8$
- pimenta amarela: $9,0 \pm 1,6$
- repolho: $8,8 \pm 0,3$
- brócolis: $8,6 \pm 1,0$
- couve-flor verde: $8,5 \pm 1,0$
- espinafre: $7,0 \pm 0,8$
- couve-flor: $5,6 \pm 0,5$
- abobrinha: $4,4 \pm 0,9$
- cebola: $4,0 \pm 0,6$
- batata: $3,6 \pm 0,3$
- tomate: $3,6 \pm 0,5$
- pepino: $2,7 \pm 0,8$
- cenoura: $2,3 \pm 1,0$
- alface: $1,8 \pm 0,5$

Num estudo de caso-controle em São Paulo, cujo objetivo era verificar a associação entre o consumo de alimentos fontes de β -caroteno e de vitamina C e câncer de mama, observou-se uma correlação inversa apenas para o consumo de goiaba, com uma Razão dos Produtos Cruzados (RPC)³ de 0,32 [Intervalo de Confiança (IC): 95%, 0,12-0,88] e $p = 0,033$. A cenoura, a escarola e a tangerina também apresentaram valores de RPC inferiores a 1,0, mas não foram estatisticamente significantes (LIMA 2000).

Para compreender o significado deste estudo epidemiológico de caso-controle é necessário saber que quando os valores de RPC são inferiores a 1,0, o fator estudado (no caso o consumo de goiaba) esteve associado a uma diminuição do risco da doença (câncer de mama), sendo esta da ordem de 68%. Ressalta-se que o estudo de caso-controle apresenta vieses, uma vez que se parte do caso diagnosticado da doença para pesquisar no passado (através de inquérito recordatório) quais teriam sido os fatores associados à doença, utilizando-se um grupo controle (pessoas sem a doença) como comparação da exposição ou não a tais fatores no passado.

1.4 Importância da cor em alimentos

A cor desempenha importante função nos alimentos a medida em que esta se relaciona à qualidade e aceitabilidade dos mesmos. A intensidade de cores está, de certo modo, associada à concentração de pigmentos nos alimentos. Também, a diversidade de cores está intimamente relacionada à grande variedade de pigmentos encontrados nas células vegetais (FERREIRA 1981; MARTÍNEZ-VALVERDE et al. 2000).

³ A Razão dos Produtos Cruzados é uma medida de estimativa de risco calculada em Estudos Epidemiológicos de Caso-Controle.

Diversos flavonóides representam variadas colorações. As antocianinas, por exemplo, são responsáveis pelas cores rosa, roxo, azul e violeta de vegetais, sucos de frutas e vinhos tintos. São também encontradas na casca da berinjela (NODA et al. 2000).

A cor do chá verde dá-se principalmente pela presença de flavonóides (campferol, quercitina e mirecitina). Colorações amareladas ocorrem devido à presença de carotenóides e outros flavonóides, como flavonas, chalconas, flavononas e isoflavonas (MARTÍNEZ-VALVERDE et al. 2000). A quercitina importante antioxidante natural (ÁNGEL e GONZÁLEZ 1999; SGARBIERI e PACHECO 1999), confere coloração escura (ou arroxeada) à casca da cebola, ao alho e outros vegetais (MARTÍNEZ-VALVERDE et al. 2000).

O tomate é rico em licopeno, carotenóide de coloração vermelha (RODRÍGUEZ-AMAYA 1999) que vem sendo responsabilizado pela diminuição do risco de câncer de próstata no homem (WEISBURGER 1999).

Diversos flavonóides são responsáveis pela coloração dos alimentos, como as antocianinas responsáveis por diversas tonalidades de azul, rosa e roxo, presentes em vegetais, sucos de frutas e vinhos (MARTÍNEZ-VALVERDE et al. 2000).

Distinguem-se várias classes de antocianinas (NAGEM et al. 2001):

- 1)Cianidina (ameixa, cacau, cereja, figo, jabuticaba e uva);
- 2)Delfinidina (berinjela, maracujá e romã);
- 3)Malvidina (feijão e uvas);
- 4)Pelargonidina (morango, amora preta e banana);
- 5)Peonina (cerejas e pétalas de flores);
- 6)Petunidina (pétalas de flores).

Por outro lado, as colorações amarelas ou marfins se devem à presença de chalconas, flavonas, flavononas, flavonóis e isoflavononas (MARTÍNEZ-VALVERDE et al. 2000). Flavonóides (kaempferol, mirecitina e quercitina) e catequinas são responsáveis pela coloração do chá verde (CRAIG e BECK 1999; MARTINEZ-VALVERDE et al. 2000), que na verdade apresenta cor amarelo-escura menos intensa que o chá mate.

A cor verde está relacionada à presença de clorofila, pigmento verde antioxidante, e também aos carotenóides, como o α -caroteno e o licopeno (tomate) associados com menor risco de câncer pulmonar (HEBER 2000).

1.5 Cor e Atividade antioxidante

De acordo com FOYER e FLETCHER (2001) os alimentos derivados de vegetais são intensamente coloridos e apresentam basicamente três classes de antioxidantes, quais sejam:

- antioxidantes que suprimem a formação de espécies reativas do oxigênio, como os carotenóides;
- aqueles que, como o ascorbato, removem radicais livres, evitando danos que seriam provocados pelos mesmos;
- antioxidantes, como os tióis, envolvidos em processos de reparação;

Os autores também observam que carotenóides como o licopeno (tomate) apresentam coloração vermelha e os fenólicos, que variam conforme o número e a

posição dos grupos hidroxila nos anéis aromáticos, podem apresentar coloração que varia do vermelho ao roxo (antocianina).

ALASALVAR et al. (2001) observaram que as cenouras roxas (ou púrpuras) apresentaram 2,2 vezes mais alfa-caroteno e 2,3 vezes mais beta-caroteno que a variedade laranja, sendo que a variedade amarela apresentou traços e na branca não houve detecção.

A antocianina, pigmento que varia do vermelho ao roxo, é responsável por filtrar a luz ultravioleta, inibindo danos provocados pela mesma (SIMON 1997; FOYER e FLETCHER 2001).

A ingestão de alimentos contendo antocianinas (pigmento roxo) apresenta atividades antioxidantes *in vivo*.

Neste sentido, STEIN et al. (1999) reportaram que a ingestão diária de suco de uva roxa (7,7 mL/Kg corporal), durante 14 dias, aumentou a vasodilatação e diminuiu a suscetibilidade das LDL à oxidação em pacientes com doença da artéria coronária.

No estudo de CAO et al. (1998b), voluntários sadios foram divididos em cinco grupos e ingeriram as seguintes bebidas:

- controle apenas a bebida de côco (bebida 1);
- bebida 1 + espinafre cru (294g);
- bebida 1 + morangos (240g);
- bebida 1 + vinho tinto (300mL);
- bebida 1 + ácido ascórbico.

Os autores observaram aumento da CAT do plasma nos 4 grupos experimentais, provando que tanto alimentos avermelhados quanto verdes exercem atividade antioxidante *in vivo* (CAO et al. 1998).

Pesquisas realizadas no Japão demonstraram que a casca do arroz preto (*Oryza sativa* L.) apresentam elevada atividade antioxidante, devido à presença dos pigmentos cianidina-3-orto- β -D-glucosídeo, delphinidina-3-orto- β -D-glucosídeo e pelargonidina-3-orto- β -D-glucosídeo, explicando o porque do arroz branco apresentar menor vida de prateleira comparado com a variedade escura (OSAWA 1999).

Coelhos com dieta hipercolesterolêmica e alimentados com arroz vermelho ou preto apresentaram placas ateroscleróticas 50% menores que os coelhos do grupo controle (dieta hipercolesterolêmica) (LING et al. 2001). Além disso, os autores observaram que os coelhos hipercolesterolêmicos alimentados com arroz vermelho ou preto também apresentaram maiores níveis séricos de HDL, de SOD intra-eritrocitária, de capacidade antioxidante total do fígado; e menores níveis de MDA arterial e de estresse oxidativo hepático em relação ao grupo controle hipercolesterolêmico.

Ratos que receberam nitrilotriacetato férrico e foram alimentados com arroz vermelho ou preto apresentaram menores níveis de peroxidação lipídica renal (medida por TBARS) em relação ao grupo alimentado com arroz branco que, por sua vez, apresentou menor PL em relação ao controle (nitrilotriacetato férrico) (TOYOKUNI et al. 2002). Os autores também mostraram que o grupo previamente alimentado com arroz preto apresentou maiores níveis renais de SOD e CAT.

Foi demonstrada a importância dos antioxidantes para o controle dos radicais livres e da peroxidação lipídica em alimentos da dieta humana.

Sabemos que diversos alimentos contêm fitoquímicos com propriedades antioxidantes e apresentam grande potencial para favorecer a saúde humana e prevenir diversos distúrbios e doenças.

A variação de cores dos alimentos está relacionada com o teor de pigmentos que, por sua vez, apresentam atividade antioxidante. Porém, a relação entre cor e atividade antioxidante ainda não foi suficientemente testada. Caso este tipo de relação possa ser verificado, é possível orientar a população no sentido de uma escolha dos alimentos que priorize sua variedade e intensidade de coloração.

2 OBJETIVOS

O objetivo geral do trabalho foi avaliar a Capacidade Antioxidante Total (CAT) dos alimentos e a intensidade e a variedade de coloração dos mesmos. Possíveis associações entre intensidade e/ou variedade de cores e a CAT dos alimentos poderão servir como subsídio para o planejamento de dietas ricas em antioxidantes, conforme sugerido por Szeto et al. (2002).

2.1 Objetivo geral

Avaliar analiticamente a Capacidade Antioxidante Total (CAT) e a coloração de alimentos *in natura* ou manufaturados consumidos no município de São Paulo.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar a possível associação entre coloração (intensidade e/ou variedade) e a CAT dos alimentos;
- Elaborar uma lista dos alimentos com ação antioxidante com base nos resultados encontrados e em dados da literatura.

3 MÉTODOS

3.1 Amostragem

3.1.1 Critérios de inclusão dos alimentos

Os critérios de inclusão e exclusão dos alimentos que foram estudados encontram-se descritos a seguir.

A alface, a banana nanica, o café, a cebola, a cenoura, a couve manteiga, o feijão, a laranja pêra, o limão, a maçã, o mamão papaya, a melancia e o tomate foram escolhidos por estarem na lista dos alimentos mais consumidos pela população brasileira segundo dados de consumo alimentar da Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas da USP (FIPE/USP) (CARMO 1999) (Anexos, Tabela 1).

Foram incluídos alimentos (*in natura* ou industrializados) com supostos efeitos benéficos à saúde, devido ao seu conteúdo relevante em vitaminas, minerais, fibras ou compostos polifenólicos. Tais alimentos são consumidos em São Paulo, porém em quantidades mais modestas, como é o caso da berinjela (0,0783 Kg/ano “per capita”) (CARMO 1999), dos chocolates e da pimenta vermelha “*in natura*” (IBGE, 2001) (Anexos, Tabela 2).

De modo geral, foram excluídos os alimentos que são consumidos apenas regionalmente ou de consumo sazonal, exceto se o alimento ou produto fosse consumido no município de São Paulo ou representasse uma fonte potencial de antioxidantes, como foi o caso da castanha do Brasil (do Pará).

Como a originalidade é primordial em uma Tese de Doutorado, após uma busca nos bases de dados LILACS, MEDLINE, AGRIS, FOOD AND HUMAN NUTRITION, FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY ABSTRACTS, incluímos alguns alimentos cuja informação sobre atividade antioxidante é escassa, nula ou insatisfatória, mesmo que eles não fossem muito consumidos. Isto se aplica ao leite de côco, à pimenta vermelha, à berinjela, à castanha do Brasil e ao chocolate ao leite. Por exemplo, o consumo anual “per capita” de côcos, castanhas e nozes foi de 0,246 Kg no município de São Paulo, embora tenha sido maior na média das capitais brasileiras (0,641 kg), segundo dados da Pesquisa de Orçamento Familiar de 1995-1996 (IBGE, 2001) (Anexos, Tabela 2).

3.1.2 Definição do tamanho das amostras

O laboratório de pesquisa liderado por VINSON, tem trabalhado com número de amostras com variando de 2 até 6 (VINSON et al 2001).

BURLINGAME (2000) recomenda a utilização de no mínimo 3 amostras, exceto no caso de se tratar de espécie vegetal ou animal ameaçada de extinção, sendo admitida neste caso $n=1$.

Os experimentos do laboratório liderado por RICE-EVANS têm utilizado amostras com $n=6$ (PAGANGA et al 1999).

Seguindo estas recomendações trabalhou-se com número de amostras variando de $n=3$ (mínimo) até $n=6$ (máximo).

Com exceção da pimenta vermelha (n=3) e do guaraná (n=3), utilizaram-se seis amostras para cada alimento (21 no total - listados abaixo), totalizando 120 amostras.

Para a análise de cor, foram escolhidos três alimentos para cada grupo de cores (amarelo/laranja, branco, marrom, roxo, verde e vermelho). Os seis grupos de cores foram compostos pelos seguintes alimentos (crus, exceto os identificados):

- **Grupo amarelo/laranja:** cenoura, laranja e mamão papaya;
- **Grupo branco:** banana, cebola, leite de côco;
- **Grupo marrom:** café (pronto para consumo, detalhes da preparação encontram-se descritos abaixo), castanha do Brasil, chocolate, feijão (cozido, detalhes da preparação encontram-se descritos abaixo) e guaraná em pó;
- **Grupo verde:** alface, couve manteiga e limão;
- **Grupo vermelho:** maçã, melancia, pimenta e tomate;
- **Grupo roxo:** beterraba, berinjela, suco de uva.

3.2 Colheita e preparação das amostras para avaliação da CAT

Devido à disponibilidade do teste para dosagem de CAT, as amostras tiveram de ser colhidas em dois períodos, especificamente entre 22 e 25 de Abril de 2002 (1º período, cuja temperatura ambiente variou de 24°C a 30°C com pluviosidade média) e entre 01 e 04 de Julho de 2002 (2º período, cuja temperatura ambiente variou de 16°C a 30°C com pluviosidade baixa).

As amostras de frutas e hortaliças foram obtidas de diferentes bancas fornecedoras dentro do Ceagesp (Anexo 3), principal distribuidor do município de São Paulo. Os demais alimentos foram obtidos nos supermercados Carrefour Center Norte e BIG Tucuruvi.

As frutas e hortaliças do Ceagesp foram escolhidas aleatoriamente pelo próprio vendedor.

Somente amostras que se encontraram em adequado estado de conservação foram utilizadas [alimentos contendo manchas (por exemplo: de possíveis colônias de fungos), coloração incomum e “machucados” não foram utilizados].

As marcas dos produtos manufaturados [café (embalagem opaca sem vácuo), castanha do Pará (sem casca, embalagem plástica transparente e sem vácuo), chocolate (embalagem opaca), feijão (embalagem plástica transparente e sem vácuo), leite de côco (garrafa de vidro) e suco de uva (garrafa plástica)] estão listadas no Anexo 4.

Exceto os alimentos manufaturados, os demais foram colhidos, armazenados em sacolas plásticas sem vácuo e mantidos sob refrigeração até a preparação das amostras. As análises de CAT e colorimetria foram realizadas no mesmo dia da colheita.

Com exceção do feijão que foi cozido (procedimento descrito a seguir), os demais alimentos foram colhidos e analisados na forma crua.

Na preparação das amostras para avaliação da CAT foram utilizadas frações do alimento que simulassem aquilo que ingerimos normalmente.

Todas as amostras encontravam-se intactas até o seu preparo. Hortaliças foram cortadas com a utilização de faca higienizada com álcool 70% para cada amostra. Frutas foram descascadas e cortadas com utilização de faca também higienizada com álcool 70% a cada nova amostra.

As preparações, abaixo descritas, foram realizadas da seguinte maneira:

- Alface: foram utilizadas partes que representassem tanto a folha quanto o talo em proporção similar ao real (se o talo representava cerca de 10% do total, foi utilizada uma fração contendo 10% de talo e 90% de folha);
- Banana: o alimento foi picado com faca e apenas a polpa foi utilizada;
- Berinjela: o alimento foi cortado em finas fatias, sendo utilizada fração representativa da casca e da polpa;
- Beterraba: o alimento foi cortado em finas fatias, sendo utilizada fração representativa da casca e da polpa;
- Café em pó pronto para consumo: preparado segundo as normas do fabricante no mesmo dia das análises e mantido em frasco opaco (âmbar);
- Castanha do Brasil: as amostras foram raladas, pesadas e imediatamente imersas em solução de KCl (conforme descrito a seguir);
- Cebola: foi utilizada fração representativa da polpa;
- Cenoura: foi utilizada fração representativa da casca e da polpa;

- Chocolate ao leite em barra pronto para consumo: somente foi aberta sua embalagem no momento de preparo das amostras. Pedacos de chocolate foram cortados com faca, ralados, pesados e imediatamente imersos em solução de KCl (conforme descrito a seguir);
- Couve manteiga: o alimento foi picado, tendo sido utilizada fração representativa da folha e do talo;
- Feijão: após vinte minutos imersas na água (“molho na água”), as amostras de feijão foram cozidas durante 20 minutos em fogo brando (médio) e congeladas (-20°C) durante três dias. A seguir, foram descongeladas, armazenadas em vasilhame plástico opaco e mantidas sob refrigeração até seu preparo para as análises;
- Guaraná em pó: a embalagem do guaraná em pó foi aberta somente no momento de preparo das amostras. As amostras foram retiradas com uso de colher, pesadas e imediatamente imersas em solução de KCl (descrito a seguir);
- Laranja pêra: foram cortadas em “gomos”, tendo sido utilizadas frações representativas da fruta sem casca, na forma integral, incluindo as fibras (não foi preparado suco);
- Leite de côco: as garrafas foram abertas somente no momento de preparo das amostras;
- Limão: o preparo foi semelhante ao da laranja (não se utilizou suco);
- Maçã: foi utilizada fração representativa da casca e da polpa;
- Mamão papaya: foi utilizada apenas a polpa;
- Melancia: foi utilizada apenas a polpa;

- Pimenta vermelha: foi utilizada fração representativa da casca e da polpa;
- Suco de uva: as garrafas foram abertas somente no momento de preparo das amostras;
- Tomate: foi utilizada fração representativa da casca e da polpa (incluindo as sementes);

Pesou-se entre 0,5 e 1,0 grama da amostra de alimento em balança analítica (Mettler-Toledo, mod. AB204-S). Em seguida, diluiu-se a amostra com solução de KCl (1,15%) para 1/10 (massa/massa).

As amostras líquidas (suco de uva, leite de côco e café) estavam prontas para a centrifugação.

As amostras sólidas foram homogeneizadas no ultrassonicador (Thornston/Unique, Brasil) em potência máxima até que restassem apenas conteúdos fibrosos não dissociáveis. A maioria dos alimentos foi submetida a este procedimento por cerca de cinco minutos, exceto a banana que sofreu homogeneização com apenas 2 a 3 minutos.

Após a homogeneização, as amostras foram centrifugadas (centrífuga CELM) por 10 minutos a 2500 rpm para separar os antioxidantes da parte sólida para a fase líquida, deixando-os disponíveis no sobrenadante.

3.3 Avaliação da Capacidade Antioxidante Total (CAT)

A CAT foi mensurada analiticamente através da utilização do “kit” “Total Antioxidant Status” (TAS - NX2332) da Randox Laboratories Ltd. (UK).

O teste de CAT foi originalmente descrito por Miller et al. (1993). No sistema é formado o radical cátion $ABTS^+$ (2,2'-azino-di-[3-etilbenzotiazolin sulfonato]) que apresenta coloração verde-azulada estável, sendo medido por espectrofotometria a 600nm. A presença de antioxidantes na amostra de alimentos diminui esta coloração de modo proporcional à concentração de antioxidantes presentes na mesma.

Princípio:

A avaliação da Capacidade Antioxidante Total é realizada através da exposição da amostra (que contém diversos tipos de antioxidantes) a um radical livre produzido em quantidades controladas.

A incubação do (2,2'-azino-di-[3-etilbenzotiazolina sulfonato]) ou $ABTS^{\circledR}$ com a enzima metahemoglobina peroxidase produz o radical $ABTS^+$ (reações 1 e 2), que apresenta coloração azul-esverdeada estável, com leitura da absorbância a 600nm pelo espectrofotômetro.

A adição da amostra produz a inibição na produção do radical $ABTS^+$, promovendo a diminuição na absorbância a 600nm.

Reagentes:

a) Solução de KCl (1,15%); b) Tampão fosfato salino (pH = 7,4); c) Cromógeno-Metamioglobina (6,1 μ mol/l); d) ABTS (601 μ mol/l); e) Substrato- Peróxido de hidrogênio (250 μ mol/l); f) Padrão antioxidante (ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcroman-2-carboxílico ou Trolox, análogo sintético hidrossolúvel da vitamina E).

Equipamentos e materiais:

a) Balança analítica (Mettler-Toledo, mod. AB204-S); b) Tubos de ensaio; c) Frascos para amostras; d) Becker Pequeno (250ml); e) Ultrassonicador (Thornston/Unique, Brasil); f) Tubos de centrifugação; f) Centrifugador (CELM); h) Espectrofotômetro, com controle de temperatura (37°C) (CELM, mod. E225-D, Brasil) e fluxo contínuo (CELM SB125) e cubetas com 1cm de espessura.

Após a preparação das amostras (descrito em 3.2) realizou-se a dos reativos.

Preparação dos reativos para dosagem de CAT:

1) Tampão: pronto para uso; 2) Cromógeno: reconstituir um frasco deste com 10mL de tampão; 3) Substrato: diluir 1mL deste com 1,5mL de tampão; 4) Padrão: reconstituir um frasco de padrão com 1mL de água bidestilada.

Em seguida, pipetou-se em tubos de ensaio os seguintes reagentes para preparar o branco, o padrão e a amostra:

Amostras	Água bidestilada	Padrão	amostra	Cromógeno
Branco	20µL			1mL
Padrão		20µL		1mL
Amostra do alimento			20µL	1mL

Após estas preparações, mediu-se a absorbância a 600nm (37°C).

Em seguida, acrescentou-se 200µL de substrato em cada um dos frascos (branco, padrão e amostra do alimento). Misturou-se e imediatamente iniciou-se a cronometragem. Após exatos 3 minutos leu-se a absorbância a 600nm (37°C) (TOTAL s.d.).

Cálculos:

$$\Delta A = A_3 - A_1$$

$$\text{Fator} = \frac{\text{concentração do Padrão}}{(\Delta A_{\text{branco}} - \Delta A_{\text{padrão}})}$$

O ΔA obtido para o branco da reação deve ser subtraído do valor obtido para as amostras, aplicando-se a seguinte equação:

$$\text{CAT (mmol/L)} = \text{Fator} \times (\Delta A_{\text{branco}} - \Delta A_{\text{amostra}})$$

3.4 Avaliação da colorimetria dos alimentos

Na avaliação objetiva da cor dos alimentos foi utilizado o colorímetro Color Quest II Sphere, modelo CQII/UNI – 12000 da Hunter Lab. Foram avaliados no sistema L^* , a^* e b^* da CIE que corresponde à luminosidade, cor vermelha e cor amarela, respectivamente. Para esta avaliação foram utilizados, de acordo com a conveniência de coloração (predominância de parte) as cascas ou folhas, polpas ou sementes, inteiras ou abertas, em que foram realizadas as leituras de cor.

A variável a^* corresponde à coordenada vermelho/verde, com $+a^*$ indicando o vermelho e $-a^*$ apontando o verde. A variável b^* corresponde à coordenada amarelo/azul, com $+b^*$ indicando o amarelo e $-b^*$ apontando o azul (COLOR 2002).

O colorímetro da Hunter Lab (CQII/UNI -1200) já calcula os resultados automaticamente nas variáveis L, C e h.

L significa brilho ou luminosidade do alimento (ou objeto), podendo variar, geralmente, de 0 (preto) a 100 (branco).

C está relacionada ao croma ou à intensidade de coloração, podendo ser intensa ou forte, intermediária ou fraca. Croma significa a distância perpendicular a partir do eixo de luminosidade, sendo que quanto maior a distância, maior o Croma (COLOR 2002). A variável é calculada através da seguinte equação:

$$\text{Croma} = (a^2 + b^2)^{1/2}$$

[sendo que a varia de $-a$ (verde) até $+a$ (vermelho) e b varia de $-b$ (azul) até $+b$ (amarelo)]

A variável h^* significa o nome da cor ou Tom (verde, amarelo, vermelho, etc), definida pela fórmula: $\text{Tom} = \tan^{-1} b/a$

O tom (h^*) é conhecido como ângulo da cor, expresso em graus, com 0° sendo uma posição do eixo $+a^*$, continuando em 90° para o eixo $+b^*$, 180° para $-a^*$, 270° para $-b^*$ e retornando para 360° que se iguala a 0° (COLOR 2002).

3.5 Análise estatística dos dados

Os dados obtidos das análises de CAT e cor (L, C e h) foram avaliados por meio de análise de variância multivariada (MANOVA). As médias dos resultados das análises foram comparadas de acordo com técnicas estatísticas recomendadas pelo manual de utilização do Software SPSS for Windows 11.0.1, para análise estatística.

4 RESULTADOS

Na Tabela 4 e 5, encontram-se os resultados da capacidade antioxidante total (CAT) e CAT por porção de alimentos sólidos e líquidos, respectivamente (o banco de dados obtidos encontra-se nos Anexos, Tabelas 3 a 20).

Tabela 4 – Capacidade Antioxidante Total ($\mu\text{mol ET}/100\text{g}$) e CAT por porção de alimentos sólidos comercializados em São Paulo (SP), Brasil.

Alimento	N	CAT ($\mu\text{mol ET}/100\text{g}$)	Porção*	CAT/porção ($\mu\text{mol ET}/\text{porção}$)
Alface	6	$159,44 \pm 142,64$	43g	68,56
Banana	6	$288,56 \pm 86,90$	109g	314,53
Berinjela	6	$200,77 \pm 66,32$	80g ⁺	160,62
Beterraba	6	$345,85 \pm 130,39$	45g	155,63
Castanha	6	$2194,23 \pm 1567,54$		—
Cebola	6	$258,95 \pm 75,30$	33g	85,45
Cenoura	6	$167,44 \pm 72,20$	65g	108,84
Chocolate	6	$868,86 \pm 367,16$	41g ^{**}	356,23
Couve-manteiga	6	$368,92 \pm 185,01$	48g	177,08
Feijão	6	$286,29 \pm 80,60$	78g	223,31
Guaraná	3	$1053,27 \pm 19,22$		—
Laranja-pêra	6	$232,31 \pm 92,89$	123g	285,74
Limão	6	$245,72 \pm 120,57$		—
Maçã	6	$400,68 \pm 67,88$	139g	556,95
Mamão	6	$110,99 \pm 121,86$	158g	175,37
Melancia	6	$145,45 \pm 96,61$	190g	276,36
Pimenta	3	$151,91 \pm 60,64$		—
Tomate	6	$174,98 \pm 66,88$	115g	201,22

* TOMITA e CARDOSO (2000) **DREOSTI (2000)

⁺ não havia tamanho de porção para o alimento cru; — sem porção usual

Tabela 5 – Capacidade Antioxidante Total ($\mu\text{mol ET}/100\text{mL}$) e CAT por porção de alimentos líquidos comercializados em São Paulo (SP), Brasil.

Alimento	N	CAT ($\mu\text{mol ET}/100\text{mL}$)	Porção*	CAT/porção ($\mu\text{mol ET}/100\text{mL}$)
Café	6	1025,84 $\pm$ 10,55	50mL	512,92
			200mL	2051,67
Leite de coco	6	95,33 $\pm$ 128,11	–	–
Suco de uva	6	146,19 $\pm$ 39,50	250mL	365,48

* TOMITA e CARDOSO (2000)

– sem porção usual

A Tabela 6 apresenta os três atributos de cor [luminosidade (L), croma (C) e tom (h)] mensurados neste estudo. Ressalta-se que os dados de colorimetria dos alimentos líquidos (café, leite de coco e suco de uva) foram excluídos em razão de erros na mensuração.

Tabela 6 – Valores médios de luminosidade (L), croma (C) e tom (h) segundo o grupo de cor dos alimentos.

Grupo de cor	N	L	C	h
Branco	12	64,47 $\pm$ 5,57 ^a	19,91 $\pm$ 10,49	94,70 $\pm$ 13,91 ^{a,b}
Laranja	18	54,78 $\pm$ 4,44 ^a	27,14 $\pm$ 13,41	65,16 $\pm$ 17,32 ^b
Marrom	21	49,07 $\pm$ 7,77 ^b	10,62 $\pm$ 6,30	62,66 $\pm$ 15,97 ^{b,c}
Roxo	12	57,17 $\pm$ 22,07 ^a	14,47 $\pm$ 7,32	80,59 $\pm$ 97,07 ^{a,b,c}
Verde	18	51,41 $\pm$ 5,78 ^b	13,36 $\pm$ 6,08	108,18 $\pm$ 5,89 ^a
Vermelho	21	54,62 $\pm$ 14,19 ^a	17,25 $\pm$ 6,62	56,28 $\pm$ 25,15 ^b

letras diferentes, na mesma coluna, significam diferença estatisticamente significativa

($P < 0,05$). c= grupo marrom é diferente de branco.

Na Tabela 7, encontram-se as médias de CAT segundo os diferentes grupos de cor. O grupo marrom apresentou valores de CAT maiores que os demais grupos considerando-se as médias, diferença que, porém, não é estatisticamente significativa quando considerados também os desvios-padrões.

Tabela 7 – Valores médios de capacidade antioxidante total (CAT) segundo o grupo de cor dos alimentos.

Grupo de cor	N	CAT
Branco	18	214,28 ± 127,91
Laranja	18	170,25 ± 105,07
Marrom	27	1089,30 ± 970,87
Roxo	18	230,94 ± 119,45
Verde	18	258,03 ± 167,78
Vermelho	21	227,73 ± 132,94

Assim como não houve associação entre os diferentes grupos de cores, considerados visualmente, e a CAT, também não houve associação entre as medidas de cor e a CAT. Os coeficientes de correlação de Pearson encontrados para luminosidade (L) e CAT e tom (h) e CAT foram $-0,06$ e zero, respectivamente. Entre a variável croma (C) e a CAT houve uma associação inversa fraca com coeficiente de correlação de Pearson de $-0,16^*$.

A análise estatística revelou correlação positiva entre luminosidade (L) e croma (C), com coeficiente de Pearson de $0,54$ ($p < 0,05$). Também houve correlação positiva entre luminosidade (L) e tom (h), com Pearson de $0,24$ ($P < 0,05$)^{*}.

^{*} As amostras de café, leite de coco e suco de uva foram desconsideradas em todos os testes de correlação entre variáveis de cor (L, c e h) e CAT.

5 DISCUSSÃO

As maiores Capacidades Antioxidantes Totais, em ordem decrescente, foram:

1) Castanha do Brasil ou do Pará (2194,23 μ mol ET/100g); 2) Guaraná em pó (1053,27 μ mol ET/100g); 3) Café pronto para consumo (1025,84 μ mol ET/100mL); 4) Chocolate marrom ou “ao leite” (868,86 μ mol ET/100g); 5) Maçã (400,68 μ mol ET/100g); 6) Couve manteiga (368,92 μ mol ET/100g); e 7) Beterraba (345,85 μ mol ET/100g).

Apesar de terem apresentado menores valores de CAT, o feijão cozido (286,29 μ mol ET/100g), a banana (288,56 μ mol ET/100g), a cebola (258,95 μ mol ET/100g), o limão (245,72 μ mol ET/100g) e a laranja (232,31 μ mol ET/100g) podem contribuir para uma razoável biodisponibilidade de antioxidantes, hipótese que necessita de futuras investigações.

Embora não haja dados na literatura sobre CAT da Castanha do Brasil (do Pará), os resultados obtidos neste trabalho (2194 μ mol ET/100g) foram semelhantes aos das nozes (2097 μ mol ET/100g), 4,48 vezes maiores que os das avelãs (490 μ mol ET/100g), 7,31 vezes superiores aos das amêndoas (300 μ mol ET/100g) e 9,54 vezes maiores que os das castanhas de caju (230 μ mol ET/100g), analisados na Noruega por HALVORSEN et al. (2002).

A CAT da castanha do Brasil neste estudo (2194 μ mol ET/100g) foi maior que os encontrados para hipérico (*Hypericum perforatum*) (1677 μ mol ET/100g), sálvia (*Salvia officinalis*) (1328 μ mol ET/100g), *Ginkgo biloba* (1318 μ mol ET/100g) e *Aloe vera* (188 μ mol ET/100g) ervas de uso medicinal (ZHENG e WANG 2001). Porém, os orégãos Mexicano (*Poliomintha longiflora*) e Grego (*Origanum vulgare*

spp. hirtum) e o louro (*Laurus nobilis*), dentre outras ervas culinárias ou medicinais, apresentaram CAT maior que a encontrada para a castanha do Brasil (9218, 6471 e 3170 $\mu\text{mol ET}/100\text{g}$, respectivamente) (ZHENG e WANG 2001).

A elevada CAT da castanha do Brasil (do Pará) deve-se ao seu elevado teor de fibras e minerais, especialmente Selênio, Cobre e Magnésio, e moderado concentração de α -tocoferol (Anexos, Tabelas 3 e 4). Além disso, o extrato metanólico da castanha do Brasil obteve 65,3% de inibição da oxidação do β -caroteno, mesmo valor alcançado pelo BHT (MELO e MANCINI-FILHO, 1991). Os autores demonstraram que o ácido linoleico foi o principal responsável pela atividade anti-peroxidativa.

Da mesma forma que a Castanha do Brasil, não há dados na literatura sobre CAT do guaraná.

O guaraná, obtido das sementes da *Paullinia cupana*, planta típica do Brasil, contém 4% a 5% de guaranina, alcalóide com efeitos farmacológicos semelhantes à cafeína (ONU/FAO 1990). Além das metilxantinas, o guaraná possui taninos o que explica sua elevada CAT observada neste estudo e confirma o efeito anti-peroxidativo observado *in vivo* por MATTEI et al. (1998).

Tais evidências corroboram os elevados valores de CAT do guaraná encontrados neste estudo (1053,27 $\mu\text{mol ET}/100\text{g}$).

Neste estudo, o café pronto para o consumo apresentou uma CAT de cerca de 1026 $\mu\text{mol ET}/100\text{mL}$, ou seja, 213% maior que os valores encontrados por GARCÍA et al. (2000) em Cuba (481 $\mu\text{mol ET}/100\text{mL}$).

O café (*Coffea arabica*) em infusão contém de 60 a 100 mg de cafeína/150g (ONU/FAO 1990). Além das metilxantinas, o café possui fenólicos, sob a forma de ácidos ou não, que contribuem para sua comprovada atividade antioxidante *in vitro* (DAGLIA et al. 2000), inclusive protetora do DNA (VIEIRA et al. 1999). A cafeína também foi capaz de diminuir os níveis de peroxidação lipídica (medidos pelo teste de TBARS) e aumentar os níveis de SOD e de grupos tióis protéicos em mitocôndrias de ratos submetidos à radiação gama (KAMAT e DEVASAGAYAM 2000).

Os valores de CAT do guaraná (1053,27 $\mu\text{mol ET}/100\text{g}$) e do café (1026 $\mu\text{mol ET}/100\text{mL}$) observados neste trabalho foram maiores que os encontrados para o chá preto oriental (fermentado e preparado sob infusão a 1%) (250-450 $\mu\text{mol ET}/100\text{mL}$), tendo sido similares aos valores encontrados para o chá verde (não fermentado e preparado sob infusão a 1%) (800 a 1100 $\mu\text{mol ET}/100\text{mL}$) (BENZIE e STRAIN 1999), ambos reconhecidamente benéficos à saúde (WEISBURGER 1999).

De modo muito semelhante, o chocolate também apresentou elevada CAT (868,86 $\mu\text{mol ET}/100\text{g}$) graças não apenas às metilxantinas como também aos polifenólicos. Em 100 gramas de chocolate ao leite (em barra) há 26 mg de cafeína e 169 mg de teobromina (USDA 1999), metilxantinas que exercem atividades antioxidantes. A quantidade de polifenólicos em 40g de chocolate preto (ao leite) é equivalente a uma taça de vinho de 250ml ou cinco porções de frutas e vegetais (CHOCOLATE 1999; VINSON et al. 2001a).

Os valores de CAT do chocolate encontrados neste estudo são menores que os relatados por ADAMSON et al. (1999) (868,86 x 6740 μ mol ET/100g, respectivamente) que utilizaram o ORAC, método que pode superestimar a CAT em 2 vezes em relação ao TEAC quando mensurados no plasma, fenômeno que ainda não foi esclarecido em relação a alimentos (RICE-EVANS 2000).

Além disso, a importante diferença entre os valores de CAT observados neste estudo em relação aos encontrados por ADAMSON et al. (1999) pode ter ocorrido em razão de aqueles autores terem trabalhado com chocolate recém fabricado, ao contrário deste estudo que colheu amostras de chocolate nas prateleiras do supermercado. Estudos para determinar a cinética da CAT desde a produção até o consumo (sob diferentes formas de armazenamento) deste produto são importantes para avaliar possíveis perdas de atividade antioxidante e quantificá-las.

ADAMSON et al. (1999) também relataram uma correlação positiva entre CAT e concentração de procianidinas, sendo que o chocolate ao leite contém 0,7mg de procianidinas/g de produto.

A CAT da maçã neste estudo (400,68 μ mol ET/100g) foi menor que a relatada por PAGANGA et al. (1999), esteve próxima do valor observado por SZETO et al. (2002) e superou os valores observados por PROTEGGENTE et al. (2002) e HALVORSEN et al. (2001) (640, 420, 343, 290 μ mol ET/100g, respectivamente).

Embora KÄHKÖNEN et al. (1999) tenham observado elevados teores de polifenóis em maçãs da Finlândia, autores dos EUA têm reportado apenas moderados níveis destas substâncias (EBERHARDT et al. 2000; VINSON et al. 2001), portanto as conclusões sobre a atividade antioxidante de maçãs têm sido divergentes. Por

exemplo, MURCIA et al. (2001) observaram elevada atividade antioxidante das maçãs em dois testes e moderada a baixa capacidade em outros dois ensaios.

Em 100g de maçã com casca há 290,2mg de fenólicos e apenas 5,7mg de vitamina C, o que ressalta a importância dos fenólicos na CAT desta fruta. Os autores também demonstraram que extratos de maçã (50mg/mL), com ou sem pele, inibiram a proliferação de células Caco-2 (linhagem de células cancerígenas do cólon) em 43% e 29%, respectivamente. Ademais, extratos de maçã (50mg/mL) inibiram a proliferação de uma linhagem de células de tumor hepático humano, a HepG2, 40% (sem pele) a 57% (com pele) (EBERHARDT et al. 2000).

Os elevados valores de CAT da couve manteiga observados neste estudo (368,92µmol ET/100g) são maiores que os encontrados por HALVORSEN et al. (2001), estão próximos aos obtidos por GARCÍA et al. (2000), mas são menores que os reportados por ALONSO et al. (1999) (90, 390 e 980µmol ET/100g, respectivamente). Ressalta-se, porém, que uma das espécies de couve cultivada na Europa apresentou CAT igual a 2340 µmol/100g (HALVORSEN et al. 2002)

Outros estudos também reportaram valores de CAT da couve (1770µmol ET/100g) superiores aos encontrados neste trabalho (CAO et al. 1996, WANG et al. 1996; CAO et al. 1998). Ressalta-se que tais autores trabalham com o teste ORAC que tende a superestimar os valores de CAT em relação ao TEAC, teste utilizado neste estudo (CAO e PRIOR 1998; RICE-EVANS 2000)

A couve não apresenta elevadas concentrações de nutrientes antioxidantes, mas sim uma composição equilibrada de todos os componentes, embora tenha consideráveis teores de ácido ascórbico, fibras, fitoesteróis, Potássio e Magnésio

(Anexos, Tabelas 21 e 22). A concentração de polifenóis (31,9mg/100g) também não é elevada na couve. Ao contrário, porém, os teores de luteína são muito elevados nesta hortaliça (ALONSO et al. 1999).

Neste estudo, a CAT da beterraba (345,85 μ mol ET/100g) foi menor que os valores observados por GARCÍA et al. (2000) e HALVORSEN et al. (2001) (1802 e 1980 μ mol ET/100g, respectivamente). Estudos são necessários para desvendar o porquê desta diferença de resultados.

Os estudos do grupo liderado por CAO também têm apontado valores de CAT da beterraba (840 μ mol/100g) superiores aos encontrados neste trabalho (CAO et al. 1996, WANG et al. 1996; CAO et al. 1998). Tal fato pode ser explicado, em parte, pela utilização do teste ORAC que superestima valores de CAT em relação ao TEAC, conforme descrito acima.

GARCÍA et al. (2000) relataram uma CAT do feijão de 1863 μ mol ET/100g, valor muito superior ao encontrado por HALVORSEN et al. (2001) (380 μ mol ET/100g). Neste estudo foi observada uma CAT igual a 286,29 μ mol ET/100g para feijão carioca (marrom) cozido. Talvez a cocção tenha sido responsável pela diminuição da CAT do feijão, fato que necessita de futuras investigações. Porém, o benefício da cocção na degradação dos fatores antinutricionais supera a perda de CAT.

A CAT total da banana nanica neste estudo (288,56 μ mol ET/100g) foi menor que as reportadas por GARCÍA et al. (2000) e SZETO et al. (2002), porém superior aos valores encontrados por WANG et al. (1997), por HALVORSEN et al. (2001) e

PROTEGGENTE et al. (2002) [1272 (valor máximo), 420, 220, 200 e 181 μ mol ET/100g, respectivamente].

Neste estudo a cebola apresentou CAT de 258,95 μ mol ET/100g, valor que foi inferior aos relatados tanto por GARCÍA et al. (2000) quanto por PAGANGA et al. (1491 e 580 μ mol ET/100g, respectivamente) que também utilizaram o TEAC.

Utilizando o método FRAP, autores observaram valores de CAT da cebola de 670 e 432 μ mol ET/100g, respectivamente (HALVORSEN et al. 2001; SZETO et al. 2002).

CAO et al. (1996), que fizeram uso da metodologia ORAC, relataram CAT da cebola de 450 μ mol ET/100g, valor maior que o encontrado neste estudo (258,95 μ mol ET/100g).

Através da mensuração do potencial total de remover radicais livres (“total radical antioxidant potential”), metodologia semelhante ao TEAC, ALONSO et al. (1999) observaram uma CAT de 320 μ mol ET/100g para a cebola, valor maior que o obtido neste estudo (258,95 μ mol ET/100g).

SZETO et al. (2002), HALVORSEN et al. (2001) e GARCÍA et al. (2000) têm observado valores de CAT do limão (1040, 1020 e 481 μ mol ET/100g, respectivamente) superiores aos encontrados neste estudo (245,72 μ mol ET/100g). Entretanto, os valores observados neste estudo estiveram próximos aos encontrados por WANG et al. (1997) que trabalharam com suco de limão e obtiveram CAT de 253 μ mol ET/100g.

A CAT da laranja deste estudo (232,31 μ mol ET/100g) foi menor que a encontrada por WANG et al. (1997), PROTEGGENTE et al. (2002), SZETO et al. (2002) e HALVORSEN et al. (2001) (750, 849, 924 e 830 a 1500 μ mol ET/100g, respectivamente).

GARCÍA et al. (2000) obtiveram valores de CAT para a laranja de 14 μ mol/100g até 2905 μ mol ET/100g, intervalo que inclui os níveis encontrados neste estudo.

É possível que as diferenças de CAT deste estudo em relação a outros trabalhos se devam à aplicação de diversas metodologias de avaliação da CAT (FRAP e ORAC x TEAC), a variações climáticas e de armazenagem, uma vez que a espécie estudada foi a mesma. Por exemplo, HALVORSEN et al. (2001) trabalharam com *Citrus sinensis*, a mesma espécie de laranja pêra encontrada nas Américas (SIMÕES-JR et al 1999) e utilizada neste estudo.

Neste estudo, a beringela apresentou CAT de 200,77 μ mol ET/100g valor inferior ao observado por PAGANGA et al. (1999) (490 μ mol ET/100g), mas superior ao reportado por HALVORSEN et al. (2001) (170 μ mol ET/100g).

O tomate apresentou CAT de 175 μ mol ET/100g neste estudo, valor maior que o encontrado por PAGANGA et al. (1999) (160 μ mol ET/100g), porém menor que os observados por SZETO et al. (2002), ALONSO et al. (1999), HALVORSEN et al. (2001) e GARCÍA et al. (2000) (236, 280, 310 e 321 μ mol ET/100g, respectivamente).

Observou-se neste estudo uma CAT de 167,44 μ mol ET/100g para a cenoura, valor que foi maior que o reportado por HALVORSEN et al. (2001), similar ao observado por SZETO et al. (2002), todavia inferior aos valores relatados por CAO et al (1998) e GARCÍA et al. (2000) (40, 166, 210 e 240-408 μ mol ET/100g, respectivamente).

HALVORSEN et al. (2001), ALONSO et al. (1999) e GARCÍA et al. (2000) observaram valores de CAT da alface maiores que os obtidos neste estudo (340, 400 e 515 μ mol ET/100g x 159,44 μ mol ET/100g, respectivamente). Os valores de CAT observados neste estudo estão próximos aos obtidos por PROTEGGENTE et al. (2002) (159,5 x 171 μ mol ET/100g, respectivamente).

Neste estudo, a CAT da alface lisa foi maior que a observada por SZETO et al. (2002) que trabalharam com alface americana e o teste FRAP (159,44 x 88 μ mol ET/100g, respectivamente).

HALVORSEN et al. (2001) observaram que a CAT da pimenta foi de 1640 μ mol ET/100g, valor quase onze vezes maior que o encontrado neste estudo (152 μ mol ET/100g).

A CAT da melancia observada neste trabalho foi 3,63 vezes maior que a encontrada por HALVORSEN et al. (2001) (145,45 μ mol ET/100g x 40 μ mol ET/100g).

Contrariando o pensamento brasileiro do século XIX, relatado por Gilberto Freyre em seu livro “Assucar” (1939), a melancia revelou-se uma fruta saudável por apresentar considerável CAT.

Em relação ao suco de uva, os valores de CAT encontrados neste estudo (146,19 μ mol ET/100mL) foram maiores que os encontrados para suco de maçã longa-vida (pasteurizado) (93 μ mol ET/100mL) (PAGANGA et al. 1999).

SANCHEZ-MORENO et al. (1999), trabalhando com inibição da PL e outros métodos de avaliação da atividade antioxidante (exceto a CAT) observaram atividade antioxidante exercida pelo suco de uva.

Todavia, os valores de CAT dos sucos de limão (253 μ mol ET/100mL) (CAO et al 1998), laranja (267 μ mol ET/100mL) e groselha (533 μ mol ET/100mL) (PAGANGA et al 1999) foram maiores que o encontrado para o suco de uva neste estudo.

A CAT do suco de uva deste trabalho (146,19 μ mol ET/100mL) foi similar à do vinho branco (146,67 μ mol ET/100mL), porém muito inferior à do vinho tinto (1400 a 2267 μ mol ET/100mL) (PAGANGA et al 1999).

O valor de CAT do suco de uva deste estudo (146,19 μ mol ET/100mL) pode ser comparado com o da cerveja que têm variado de 100 a 200 μ mol ET/100ml de bebida na Inglaterra (PAGANGA et al 1999) e de 100 a 143 μ mol ET/100mL de bebida na Itália (FANTOZZI et al 1998).

Avaliando 16 diferentes tipos de vinhos alemães brancos, HÖNER et al. (2002) obtiveram valores de CAT variando de 20 a 130 μ mol ET/100mL, sendo menores que os encontrados nas amostras de suco de uva (“tinto”) neste estudo. Os autores citados acima também observaram correlação positiva entre teores de fenólicos totais e CAT.

A CAT do mamão papaya observada neste trabalho (110,99 μ mol ET/100g) foi inferior aos valores reportados por GARCÍA et al (2000) e HALVORSEN et al (2001) (237 a 513 e 620 μ mol ET/100g, respectivamente).

Problemas podem ter ocorrido na extração dos antioxidantes deste alimento que resultaram em menores níveis de CAT. O mesmo se aplica ao leite de côco.

Embora apresente consideráveis teores de vitamina A (24-54,00 μ g/100g) e α -tocoferol (1.120,00 mg/100g) (Anexos, Tabela 21), o mamão papaya tem baixos níveis de polifenólicos (Tabela 8) o que explicam, ao menos em parte, os baixos valores de CAT observados neste estudo e valores intermediários observados em outros trabalhos.

De qualquer modo, conforme relatou Gilberto Freyre (1939) o mamão já vêm sendo saboreado pela população brasileira desde o Brasil colonial, tanto *in natura*, quanto incorporado aos mais variados tipos de doces brasileiros, pois é considerado uma fruta saudável.

Infelizmente, muito provavelmente por problemas na homogeneização das amostras, o leite de coco, tão importante na cultura gastronômica brasileira (FREYRE, 1939), apresentou baixíssima CAT.

Esperava-se que a beterraba fosse apresentar maiores valores de CAT, uma vez que os teores deste estudo foram 572% menores que os observados em outros trabalhos. Chama atenção o fato que a beterraba apresenta elevados teores de fenólicos (330,40 a 420,00mg/100g) (Tabela 8), embora não tenha concentrações

muito elevadas de outros componentes, exceto fibras, Potássio, Magnésio e Selênio (Anexos, Tabelas 21 e 22). Talvez as condições climáticas, variedade genética ou qualidade das amostras possam ter influenciado os níveis de CAT observados.

Tabela 8 – Compostos fenólicos totais em alimentos selecionados.

Alimento	Fenólicos totais (mg/100g)
Alface	75,1
banana	276,60 a 335,00 [#]
beterraba	330,40 a 420,00 [*]
cebola	33,4 a 250,00 [*]
cenoura	35,7 a 60,00 [*]
couve	31,9
feijão	214,5
laranja	41,3
limão	26,00 a 70,00 [#]
maçã (da Finlândia)	1.200,00 [*]
maçã (das Américas)	186,00 [#] a 290,20 ^{**}
mamão papaya	14,00
melancia	64,00
tomate	22,0 a 200,00 [*]

Fontes: García et al. (2000), ^{*}Kähkönen et al. (1999), ^{**}Eberhardt et al. (2000) e [#]Vinson et al. (2001b)

O feijão também apresentou menores níveis de CAT em relação ao esperado. É importante ressaltar que as amostras analisadas foram previamente cozidas e talvez por isso tenham apresentado menores valores de CAT. Mesmo assim, devido aos seus elevados teores de vitamina A e polifenóis (214,5mg/100g) e moderados níveis de ácido ascórbico e magnésio, esperavam-se valores de CAT superiores aos encontrados. Talvez a cocção tenha degradado considerável proporção dos antioxidantes.

Também se esperava que a cebola, rica em quercetina e outros fenólicos, que apresenta considerável teor de fitoesteróis, fosse apresentar maior CAT que a observada.

Observou-se que a CAT do tomate esteve próxima à da alface (174,98 e 159,44 μ mol ET/100g). Comparando-se os dados de composição das Tabelas 21 e 22 (anexos), é possível verificar que não existe diferença significativa entre os dois vegetais, com exceção do teor de vitamina A que é duas vezes maior na alface em relação ao tomate. Além disso, ambos apresentam o mesmo teor de polifenóis (Tabela 8) e a composição destes também é similar entre os dois vegetais, cerca de 8mg/100g de ácidos fenólicos e 1mg/100g de flavonóis, tipo de flavonóide (FARRÉ e FRASQUET 2001). Tais dados podem justificar a similaridade entre os valores de CAT desses dois vegetais.

Tais divergências entre valores de CAT encontrados neste estudo e os dados da literatura podem ter ocorrido por diversos fatores, tais como:

- diferenças climáticas e/ou sazonais;
- diferenças entre as variedades genéticas cultivadas no Brasil e nos outros países (nem sempre ocorre conforme foi o caso da laranja pêra, discutido acima);
- diferenças quanto a metodologia empregada para avaliar a CAT (conforme discutido acima);
- diferenças na preparação das amostras;

Freqüentemente, pesquisadores têm associado os teores de carotenóides, ácido ascórbico e tocoferóis à capacidade antioxidante de um alimento. Porém, a CAT é muito mais complexa, pois nem sempre os dados de composição justificam plenamente as propriedades antioxidantes de um determinado alimento.

Dois casos típicos podem ser observados na Tabela 21 dos anexos.

A cenoura, apesar de apresentar um teor de carotenóides muito mais elevado que a couve manteiga, não apresentou uma CAT maior que a última (167,44 x 368,92 μ mol ET/100g).

Uma possível explicação para que a couve tenha uma CAT maior que a da cenoura, seja sua riqueza em clorofilas, que são reconhecidos antioxidantes (BOOLOR et al., 2000) e conferem uma coloração verde muito intensa à couve manteiga, bem como a outras hortaliças.

Outra explicação para paradoxos desta natureza está relacionada à capacidade antioxidante desempenhada pelas fibras, minerais e por compostos fenólicos (LARRAURI et al., 1996; VINSON et al., 2001b). Neste sentido, Larrauri et al. (1996) demonstraram que as fibras contém polifenóis e apresentam capacidade antioxidante. Esta é uma das explicações que justificam a presença da CAT em praticamente todos os alimentos, incluindo a banana e a berinjela.

A banana também contém pelargonidina, pigmento antioxidante do grupo das antocianinas (NAGEM et al. 2001), além de ser boa fonte de fitoesteróis, Potássio e Magnésio (FCF/USP s.d.; USDA 1999). Diversos testes de inibição da peroxidação

lipídica, revelaram que a banana possui elevada atividade antioxidante, em alguns casos maior que o abacate ou mesmo as uvas (MURCIA et al. 2001).

A beringela também apresenta considerável CAT, sendo mais rica em fibras e contendo quase nas mesmas concentrações que a banana, os mesmos nutrientes supracitados (Tabelas 21 e 22 dos Anexos). A delphinidina constitui a antocianina predominantemente presente na berinjela (NAGEM et al. 2001). A intermediária CAT da beringela, observada neste estudo, está de acordo com o estudo de JORGE et al. (1998), que demonstraram efeitos hipocolesterolêmico e antioxidante em coelhos, e com o trabalho de SUDHEESH et al. (1999) que observaram efeitos antioxidantes em diferentes tecidos de ratos. Essa CAT da beringela explica porque a intervenção clínica em seres humanos não diminuiu a colesterolemia em estudo conduzido pelo Instituto do Coração- INCOR (KAKUDA et al., 1997).

Considerando-se apenas alguns alimentos do grupo marrom, pode-se observar uma relação entre a coloração marrom e a CAT dos alimentos, pois a castanha do Brasil, o café, o guaraná e chocolate apresentaram valores de CAT estatisticamente superiores em relação aos outros grupos de cores. Este resultado está de acordo com estudo de HUDSON et al. (2000) que observaram a presença de oito fenóis (ácidos cafeico, *p*-cumárico, ferúlico, metoxicinâmico, protocatéquico, sinápico, vanílico e a tricina) no farelo e grão de arroz marrons, que não ocorrem na variedade branca. Os autores também observaram que tais fenólicos inibiram a proliferação e diminuíram a sobrevivência de clones de células neoplásicas.

Ressalta-se que a grande inovação da metodologia da dosagem da CAT é que ela não é específica, ao contrário, seus valores incluem a atividade antioxidante total exercida por todos os componentes antioxidantes de um determinado alimento (carotenóides, flavonóides, fenólicos, ascorbatos, tocoferóis, minerais). Além disso, a CAT é quantitativa ao contrário de outros métodos que são, em geral, semi-quantitativos (PROTEGGENTE et al., 2002; SZETO et al., 2002).

Embora apresente algumas limitações analíticas e tenha elevado custo, a utilização da técnica “Trolox-equivalent antioxidant capacity” (TEAC) para avaliação da CAT em alimentos é recomendada por diversos autores (CAO e PRIOR 1998; GARCÍA et al 2000; RICE-EVANS 2000)

Deste modo fica claro que a contribuição não apenas dos antioxidantes “clássicos”, como as vitaminas (A, C e E) e certos minerais, mas também dos “novos” antioxidantes (quercetina, luteolina, campferol, antocianinas, catequinas, licopeno) é fundamental para a diminuição do risco de doenças e a manutenção de um estado de saúde adequado desde a infância (época das infecções) até a velhice.

A grande revolução dos alimentos funcionais vem justamente da possibilidade de determinados alimentos, como o chocolate, o vinho e o chá, devido à sua concentração de polifenólicos, melhorarem as atividades fisiológicas do organismo humano, principalmente a atividade antioxidante, diminuindo o risco de doenças (DREOSTI 2000; DUKE 2000; MATHÉ 1999). Estes são os princípios das dietas Mediterrânea e Oriental, que agregam diversos alimentos ricos em substâncias benéficas à saúde (FARRÉ e FRASQUET 2001).

Todavia, tais benefícios exercidos pelos alimentos podem estar deixando de ser utilizados pela população. Este diagnóstico populacional vem de estudos epidemiológicos abaixo descritos.

Num estudo sobre consumo alimentar com a participação de quinhentos e quarenta e oito (548) habitantes de Cotia (SP), cujas idades variavam de 20 a 88 anos, observou-se inadequado consumo de vitamina A e cálcio, o que não foi verificado em relação à vitamina C (VELÁSQUEZ-MELENDÉZ et al. 1997).

Avaliando as mudanças na composição da dieta familiar em áreas metropolitanas do Brasil (1988 x 1996) observou-se crescimento da participação de carnes e derivados (10,8% para 13,2%), leite e laticínios (8,0 para 8,2%) e açúcares refinados e refrigerantes (13,2% para 13,7%), fenômeno extremamente negativo para saúde coletiva (MONTEIRO et al. 2000). O consumo de ovos (1,5 para 1,0%), verduras e legumes (0,6% para 0,5%), frutas e sucos naturais (3,2% para 3,0%) e do grupo raízes, tubérculos e derivados (4,6% para 4,0%) sofreu diminuição. Também se verificou a estagnação do consumo de cereais (34,8%) e leguminosas (5,7%). Embora tenha ocorrido uma diminuição do consumo de colesterol na região Centro-Sul (108,8 para 107,6 mg/1000Kcal), tendência inversa foi observada no Norte-Nordeste (114,5 para 118,9 mg/1000Kcal), sendo que ambos os valores superaram o limite preconizado de 100mg/1000Kcal. A participação dos ácidos graxos saturados também aumentou. Embora a participação energética das gorduras tenha diminuído na região Centro-Sul, seus níveis se elevaram no Norte-Nordeste e se encontram muito próximos do limite de 30% (MONTEIRO et al. 2000).

Em suma, cresceu a participação do consumo de alimentos contendo substâncias suscetíveis à peroxidação lipídica e protéica (produtos de origem animal ricos em gorduras e colesterol), o que pode representar maior risco de ocorrência de aterosclerose e câncer. Ademais, com a diminuição da participação de diversos grupos de alimentos de origem vegetal, diminuíram as ingestões de substâncias funcionais antioxidantes, o que também pode elevar o risco de diversas doenças.

Diante deste preocupante cenário de diminuição do consumo de antioxidantes pela população este estudo também teve como objetivo a construção de uma Tabela Geral de Capacidade Antioxidante Total (Tabela 9) para orientar educadores e nutricionistas no sentido de disseminar tais dados para a população e elaborar cardápios contendo alimentos com níveis apropriados ou elevados de CAT (ressalta-se que não há um consenso sobre o significado de níveis alto, intermediário e baixo de CAT).

Assim, a mensuração da CAT dos alimentos constitui o primeiro passo em busca de uma alimentação equilibrada e que pode suprir adequadamente o organismo de antioxidantes.

Então, este estudo pode contribuir com dados bioanalíticos objetivos para planejar dietas com elevado conteúdo de antioxidantes que proverão o organismo com boa biodisponibilidade de removedores de radicais livres, contribuindo para diminuir alguns riscos de males à saúde.

Tabela 9 – Capacidade Antioxidante Total de frutas, hortaliças, bebidas alcoólicas e não-alcoólicas e outros alimentos.

Alimento	CAT ($\mu\text{mol ET}/100\text{g}$)	Método	Referência
Frutas			
Abacate	410	FRAP	HALVORSEN et al (2002)
	478 a 1447	TEAC	GARCÍA et al. (2000)
Abacaxi	348	FRAP	SZETO et al. (2002)
	390 a 1360	FRAP	HALVORSEN et al. (2002)
Ameixa vermelha	928	FRAP	SZETO et al. (2002)
	949	ORAC	CAO et al. (1996)
	1060	FRAP	HALVORSEN et al. (2002)
	1825	TEAC	PROTEGGENTE et al. (2002)
	5770	ORAC	CAO et al. (1996); WANG et al. (1997)
Amora	2036	ORAC	CAO et al. (1996)
	6130	FRAP	HALVORSEN et al. (2002)
Banana	110 a 1272	TEAC	GARCÍA et al (2000)
	181	TEAC	PROTEGGENTE et al. (2002)
	200	FRAP	HALVORSEN et al. (2002)
	220	ORAC	WANG et al. (1997)
	288	TEAC	Este estudo
	420	FRAP	SZETO et al. (2002)
Caqui “tomate”	430	FRAP	HALVORSEN et al. (2002)
	774	FRAP	SZETO et al. (2002)
Cereja	670	ORAC	CAO et al. (1996); WANG et al. (1997)
Damasco (fresco)	520	FRAP	HALVORSEN et al. (2002)
(seco)	3240	FRAP	HALVORSEN et al. (2002)
Figo (fresco)	730	FRAP	HALVORSEN et al. (2002)
(seco)	760	FRAP	HALVORSEN et al. (2002)

Framboesa	1220	ORAC	CAO et al. (1996); WANG et al. (1997)
	1846	TEAC	PROTEGGENTE et al. (2002)
	3060	FRAP	HALVORSEN et al. (2002)
Goiaba	220 a 3025	TEAC	GARCÍA et al. (2000)
Kiwi	820	FRAP	SZETO et al. (2002)
	910	FRAP	HALVORSEN et al. (2002)
Laranja pêra	14 a 2905	TEAC	GARCÍA et al. (2000)
	232	TEAC	Este estudo
	750	ORAC	WANG et al. (1997)
	830 a 1500	FRAP	HALVORSEN et al. (2002)
	849	TEAC	PROTEGGENTE et al. (2002)
	942	FRAP	SZETO et al. (2002)
Lima	730	FRAP	HALVORSEN et al. (2002)
Limão	246	TEAC	Este estudo
	481	TEAC	GARCÍA et al. (2000)
	1020 e 1040	FRAP	HALVORSEN et al. (2002) e SZETO et al. (2002)
Maçã (vermelha)	290	FRAP	HALVORSEN et al. (2002)
	343	TEAC	PROTEGGENTE et al. (2002)
	401	TEAC	Este estudo
	420	FRAP	SZETO et al. (2002)
	640	TEAC	PAGANGA et al. (1999)
Mamão papaya	111	TEAC	Este estudo
	237 a 513	TEAC	GARCÍA et al. (2000)
	620	FRAP	HALVORSEN et al. (2002)
Manga	350	FRAP	HALVORSEN et al. (2002)
	506	FRAP	SZETO et al. (2002)
	520 a 1011	TEAC	GARCÍA et al. (2000)
Melão	150	FRAP	HALVORSEN et al. (2002)
Melancia	40	FRAP	HALVORSEN et al. (2002)
	145	TEAC	Este estudo

Morango	1540	ORAC	CAO et al. (1996)
	1594	FRAP	SZETO et al. (2002)
	(cultivado) 2170	FRAP	HALVORSEN et al. (2002)
	2591	TEAC	PROTEGGENTE et al. (2002)
(silvestre)	6880	FRAP	HALVORSEN et al. (2002)
Pêra	130	ORAC	CAO et al. (1996); WANG et al. (1997)
	180	FRAP	HALVORSEN et al. (2002)
	282	TEAC	PROTEGGENTE et al. (2002)
	408	FRAP	SZETO et al. (2002)
Pêssego	244	TEAC	PROTEGGENTE et al. (2002)
Pomelo	808	FRAP	SZETO et al. (2002)
	830	FRAP	HALVORSEN et al. (2002)
	861	TEAC	PROTEGGENTE et al. (2002)
Tâmara	1020	FRAP	HALVORSEN et al. (2002)
Uva (vermelha)	416	FRAP	SZETO et al. (2002)
	739	ORAC	CAO et al. (1996); WANG et al. (1997)
	900 a 2420	FRAP	HALVORSEN et al. (2002)
Vegetais			
Alface	88	FRAP	SZETO et al. (2002)
	159	TEAC	Este estudo
	171	TEAC	PROTEGGENTE et al. (2002)
	340	FRAP	HALVORSEN et al. (2002)
	400	TRAP	ALONSO et al. (1999)
Alho	210	FRAP	HALVORSEN et al. (2002)
	268	FRAP	SZETO et al. (2002)
	2320	TEAC	GARCÍA et al. (2000)
Batata	90	FRAP	HALVORSEN et al. (2002)
	144	FRAP	SZETO et al. (2002)
batata doce	240	FRAP	HALVORSEN et al. (2002)

Beringela	170	FRAP	HALVORSEN et al. (2002)
	201	TEAC	Este estudo
	390	ORAC	CAO et al. (1996)
	490	TEAC	PAGANGA et al. (1999)
Beterraba	346	TEAC	Este estudo
	710	ORAC	CAO et al. (1996); WANG et al. (1997)
	1802	TEAC	GARCÍA et al. (2000)
	1980	FRAP	HALVORSEN et al. (2002)
Brócolis	294	FRAP	SZETO et al. (2002)
	580	FRAP	HALVORSEN et al. (2002)
	648	TEAC	PROTEGGENTE et al. (2002)
	890	ORAC	CAO et al. (1996)
Cebola	259	TEAC	Este estudo
	320	TRAP	ALONSO et al. (1999)
	432	FRAP	SZETO et al. (2002)
	450	ORAC	CAO et al. (1996)
	532	TEAC	PROTEGGENTE et al. (2002)
	580	TEAC	PAGANGA et al. (1999)
	670	FRAP	HALVORSEN et al. (2002)
Cenoura	40	FRAP	HALVORSEN et al. (2002)
	166	FRAP	SZETO et al. (2002)
	167	TEAC	Este estudo
	210	ORAC	CAO et al. (1996)
	240 a 408	TEAC	GARCÍA et al. (2000)
Couve (verde)	90 a 2340	FRAP	HALVORSEN et al. (2002)
	350	FRAP	SZETO et al. (2002)
	369	TEAC	Este estudo
	492	TEAC	PROTEGGENTE et al. (2002)
(vermelha)	980	TRAP	ALONSO et al. (1999)
	1377	TEAC	PROTEGGENTE et al. (2002)
	1770	ORAC	CAO et al. (1996)

Couve-flor	230	FRAP	HALVORSEN et al. (2002)
	284	FRAP	SZETO et al. (2002)
	295	TEAC	PROTEGGENTE et al. (2002)
	380	ORAC	CAO et al. (1996)
Ervilha	120 a 230	FRAP	HALVORSEN et al. (2002)
	360	ORAC	CAO et al. (1996)
	440	TEAC	PROTEGGENTE et al. (2002)
Espinafre	757	TEAC	PROTEGGENTE et al. (2002)
	980	FRAP	HALVORSEN et al. (2002)
	1260	ORAC	CAO et al. (1996)
Feijão carioca			
(cozido)	286	TEAC	Este estudo
	380	FRAP	HALVORSEN et al. (2002)
	1863	TEAC	GARCÍA et al. (2000)
(preto)	1140	FRAP	HALVORSEN et al. (2002)
(preto)	1106	TEAC	GARCÍA et al. (2000)
(verde)	200	ORAC	CAO et al. (1996)
Gengibre	3760	FRAP	HALVORSEN et al. (2002)
Mandioca	170	FRAP	HALVORSEN et al. (2002)
Milho	190	FRAP	HALVORSEN et al. (2002)
	400	ORAC	CAO et al. (1996)
Nabo	290	FRAP	HALVORSEN et al. (2002)
	358	FRAP	SZETO et al. (2002)
Pepino	20 a 100	FRAP	HALVORSEN et al. (2002)
	175	TEAC	GARCÍA et al. (2000)
Rabanete	400	FRAP	HALVORSEN et al. (2002)
Tomate	160	TEAC	PAGANGA et al. (1999)
	175	TEAC	Este estudo
	236	FRAP	SZETO et al. (2002)
	255	TEAC	PROTEGGENTE et al. (2002)
	280	TRAP	ALONSO et al. (1999)
	310	FRAP	HALVORSEN et al. (2002)

	321	TEAC	GARCÍA et al. (2000)
(purê)	20 a 452	TEAC	GARCÍA et al. (2000)
Outros			
Arroz (grãos)	170	FRAP	HALVORSEN et al. (2002)
Aveia	590	FRAP	HALVORSEN et al. (2002)
Castanha do Brasil	2194	TEAC	Este estudo
Chocolate	869	TEAC	Este estudo
	6740	ORAC	ADAMSON et al. (1999)
Guaraná (em pó)	1053	TEAC	Este estudo
Hortelã	810	ORAC	ZHENG e WANG (2001)
Louro	3170	ORAC	ZHENG e WANG (2001)
Orégano	6471	ORAC	ZHENG e WANG (2001)
Pimenta vermelha	152	TEAC	Este estudo
	1640	FRAP	HALVORSEN et al. (2002)
Soja	820	FRAP	HALVORSEN et al. (2002)
Bebidas alcoólicas e não-alcoólicas			
Café	418	TEAC	GARCÍA et al. (2000)
	1025	TEAC	Este estudo
Cerveja	100 a 143	TEAC	FANTOZZI et al. (1998)
	165	TEAC	GARCÍA et al. (2000)
	100 a 200	TEAC	PAGANGA et al. (1999)
Chá (preto)	250-450	FRAP	BENZIE e STRAIN (1999)
(verde)	755	TEAC	GARCÍA et al. (2000)
(verde)	800 a 1100	FRAP	BENZIE e STRAIN (1999)
Garapa da cana de açúcar	379	TEAC	GARCÍA et al. (2000)
Groselha (suco)	533	TEAC	PAGANGA et al. (1999)
Laranja (suco)	267	TEAC	PAGANGA et al. (1999)
Leite	178	TEAC	GARCÍA et al. (2000)
Maçã (suco)	93	TEAC	PAGANGA et al. (1999)
Rum cubano	68	TEAC	GARCÍA et al. (2000)

Uva (suco)	146	TEAC	Este estudo
Vinho			
(branco)	20 a 130	TEAC	HÖNER et al. (2002)
(tinto)	1400 a 2267	TEAC	PAGANGA et al. (1999)

6 CONCLUSÕES

Apresentaram elevadas Capacidades Antioxidantes Totais em ordem decrescente: 1)Castanha do Brasil ou do Pará; 2)Guaraná; 3)Café; 4)Chocolate; 5) Maçã; 6)Couve manteiga; e 7)Beterraba.

Apesar de terem apresentado menores valores de CAT, o feijão, a banana, a cebola, o limão e a laranja fazem parte da cultura gastronômica, sendo muito apreciados pela população paulistana e possivelmente contribuem para uma razoável biodisponibilidade de antioxidantes, o que há necessidade de ser melhor investigado.

Maiores valores médios de CAT estiveram associados aos alimentos com coloração marrom, compreendendo a castanha do Brasil, o café, o chocolate, o feijão e o guaraná. Entretanto, não houve diferenças estatisticamente significantes para a CAT entre todos os grupos de cor considerados.

Também não houve correlação estatisticamente significativa entre luminosidade e CAT e entre tom e CAT. Houve uma correlação inversa fraca entre croma (c) e CAT, com coeficiente de -0,16.

A couve apresentou CAT 231,39% maior que a da alface. Deste modo, se deveria pensar numa maior inclusão da couve nos cardápios de serviços de alimentação, pois seu benefício é maior que o da alface.

Todos os alimentos apresentaram CAT, demonstrando a importância de uma dieta variada em tipos e cores de alimentos. O grupo marrom (café, castanha do Brasil, chocolate, feijão e guaraná) apresentou elevados valores de CAT, seguido pelos grupos roxo (berinjela, beterraba e suco de uva) e verde (alface, couve manteiga e limão), diferenças que, todavia, não foram estatisticamente significantes.

7 CONSIDERAÇÕES E SUGESTÕES*

Embora a compreensão sobre o metabolismo a biodisponibilidade dos fenólicos e outros compostos antioxidantes presentes em alimentos ainda está longe de ser compreendida, diversos estudos têm comprovado que estas substâncias são absorvidas pelo trato gastrointestinal e chegam à corrente sanguínea apresentando efeitos biológicos.

WANG et al. (2000) observaram uma relação dose-resposta entre o consumo de chocolate e os níveis plasmáticos de epicatequina e uma associação positiva entre a ingestão daquele alimento e a capacidade antioxidante do plasma. Os autores também relataram uma relação inversa entre o consumo de chocolate e os níveis plasmáticos de TBARS.

Do mesmo modo, NAGEM et al. (2001) observaram redução de 36,98% e 39,29% do colesterol total e dos triglicérides, respectivamente, e aumento de 62,56% dos níveis de HDL em coelhos alimentados com dieta hipercolesterolêmica suplementada com antocianina e kaempferol.

RISO et al. (1999) demonstraram, do mesmo modo, que o consumo de purê de tomate, rico em licopeno (16,5mg), elevou a concentração plasmática desta substância e diminuiu em até 42% a oxidação do DNA de linfócitos.

A suplementação da dieta de ratos com maçã liofilizada diminuiu o colesterol plasmático total, bem como o colesterol hepático e aumentou tanto os níveis

* Embora o Guia de Apresentações de Teses da FSP/USP não inclua este item, o autor achou oportuna a inclusão de algumas idéias conforme sugestão de sua orientadora. A ausência deste item no referido Guia não implica em proibição de sua inclusão, pois, se fosse o caso, isto estaria expressamente escrito.

sanguíneos de HDL, quanto a capacidade antioxidante plasmática, tendo também diminuído a excreção urinária de malonaldeído (APRIKIAN et al. 2001).

Em diversos estados fisiopatológicos pulmonares (broncoespasmo agudo, bronquite crônica, enfisema, asma, etc) ocorre intenso estresse oxidativo, caracterizado não apenas pela presença de radicais livres do oxigênio (superóxido, radical hidroxila, etc), mas também do nitrogênio (HATCH 1995; PERCÁRIO 2000; STANNER 2000). Este estresse oxidativo intenso provoca a depleção de antioxidantes ricos em tióis, tendo como consequência final a apoptose de fibroblastos pulmonares, fenômeno que pode ser inibido pela adição de ácido ascórbico e catalase (AOSHIBA et al. 1999). Neste sentido, PERCÁRIO (2000) sugere que a utilização de substâncias com grupos tióis constitui perspectiva promissora para o tratamento da asma crônica e deve ser melhor investigada. O mesmo pode ser dito em relação ao consumo de maçã que, independentemente de seus teores de vitaminas C e E, tem sido associado à melhoria da função pulmonar, inclusive em pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica, fenômeno este associado ao rico conteúdo de polifenóis antioxidantes destas frutas, especialmente a quercetina também encontrada nas cebolas, chás e vinhos tintos (STANNER 2000).

Conforme descrito na introdução, mais de 70 estados fisiopatológicos estão associados ao estresse oxidativo (FERRARI 2001). Atualmente, não apenas os marcadores do estresse oxidativo, mas também de defesa antioxidante, como as enzimas antioxidantes SOD, CAT, GSH e GPx e a Capacidade Antioxidante Total, tem sido estudados (NIKI 2002; PERCÁRIO 2000).

LEINONEN et al. (2000) observaram uma correlação inversa entre capacidade antioxidante total plasmática e grau de severidade das lesões neurológicas induzidas pela isquemia-reperfusão. Além da diminuição da CAT, os níveis plasmáticos de ácido ascórbico e α -tocoferol estavam diminuídos em pacientes com lesões neurológicas graves.

Indivíduos com diabetes tipo I que apresentaram calcificação da artéria coronária tiveram valores de CAT menores que diabéticos sem aquela arteriopatia (VALABHJI et al. 2001).

Da mesma forma, em pacientes com enteropatia inflamatória crônica, ou Doença de Crohn, os valores histológicos de CAT encontraram-se diminuídos em relação aos indivíduos controle (KOCH et al. 2002).

Pacientes com insuficiência renal crônica, submetidos à hemodiálise, apresentaram aumento dos níveis de malonaldeído e glutathiona oxidada (GSSG) e diminuição das concentrações de glutathiona reduzida (GSH) e glutathiona peroxidase (GPx), sem qualquer alteração da CAT do plasma e das vitaminas A e E (DRAI et al. 2001). Uma possível explicação para a manutenção da CAT nestes pacientes é que os níveis das vitaminas A e E permaneceram estáveis, uma vez que o estresse oxidativo primeiro degradaria os antioxidantes endógenos ou intracelulares para depois consumir os exógenos ou extracelulares.

Os resultados de DRAI et al. (2001) corroboram com os de MECOCCHI et al. (2000) que observaram elevados níveis plasmáticos de vitaminas A e E e diminuição da concentração eritrocitária de SOD em indivíduos sadios centenários, sugerindo que a longevidade está relacionada à manutenção de excelentes níveis sanguíneos das duas vitaminas. Do mesmo modo, a suplementação com vitamina E inibiu a perda de

peso, o estresse oxidativo, melhorou a imunidade e diminuiu a carga viral de camundongos infectados pelo vírus influenza (HAN et al. 2000).

Mas a prevenção de doenças relacionadas ao estresse oxidativo não está relacionada apenas às vitaminas A e E, mas também a outros compostos presentes em alimentos.

A ingestão de alimentos ricos em flavonóides (quercetina, campferol, miricetina, luteolina e apigenina) diminuiu em 51% o risco de demência, principal afecção associada à doença de Alzheimer (COMMENGES et al. 2000).

Num estudo de caso-controle, cujo objetivo era avaliar possíveis fatores de risco para câncer de mama, CHING et al. (2002) compararam o quartil mais alto com o mais baixo e observaram razões dos produtos cruzados de 0,47 para os níveis séricos de β -caroteno, 0,53 para o retinol, 0,50 para a bilirrubina sérica e 0,47 para a CAT.

O consumo durante pelo menos cinco dias por semana de sementes oleaginosas do grupo das nozes diminuiu em 62% o risco de doença coronariana em mulheres (HU et al. 1998). Tal fato foi atribuído aos elevados teores de arginina (precursor do óxido nítrico, potente vasodilatador que também inibe a agregação de plaquetas), de ácido linolênico (anti-trombótico e antiarrítmico), de vitamina E (potente antioxidante), de magnésio (antioxidante), de cobre (antioxidante), de ácido fólico (diminui a homocisteína, fator de risco para doença cardiovascular) e de fibras (diminuem a absorção de gorduras e são antioxidantes), o que está de acordo com os dados de composição e de estudos (LARRAURI 1996; MELO e MANCINI-FILHO 1991). A castanha do Brasil também têm grande potencial para a prevenção do câncer de próstata, pois é uma rica fonte de Selênio (2.960 μ g/100g).

GIOVANNUCCI (1998), da Universidade de Harvard, observou que o consumo diário de 200µg de Selênio diminuiu em 65% o risco de câncer de próstata em humanos.

De todos os estudos acima descritos e dos resultados obtidos neste estudo fica a sugestão para a realização de quatro diferentes tipos de estudos:

- 1) Estudos epidemiológicos associando o consumo alimentar de alimentos com elevada CAT, a medida da CAT no sangue (e em outros fluidos e tecidos biológicos) e possíveis correlações com o risco de doenças (conforme CHING et al 2002, que estudou CAT, carotenóides e câncer de mama);
- 2) Estudos experimentais com animais de laboratório e pesquisas clínicas com pacientes humanos (certamente seguindo normas definidas pelo Comitê de Ética da Instituição) para avaliar se alimentos com elevada CAT podem diminuir o estresse oxidativo e aumentar a CAT do sangue e dos tecidos. Se for o caso, também estudar se esse aumento da CAT tecidual está associado à melhora no quadro clínico da doença;
- 3) Estudos *in vitro* utilizando células e/ou DNA para avaliar se extratos de alimentos com elevada CAT podem influenciar o crescimento de células normais ou neoplásicas.
- 4) Estudos para avaliar a influência de fatores pré- e pós-colheita sobre a CAT dos alimentos. Também avaliar a cinética da CAT dos alimentos sob diferentes condições de armazenamento (sob refrigeração, congelamento, etc), embalagem (a vácuo, opaca, com atmosfera modificada, etc) e preparação (cru, cozido, picado, misturado com outros alimentos, etc)

8 REFERÊNCIAS*

Adbdalla DSP. Antioxidantes: conceitos básicos e perspectivas terapêuticas. **ARS Curandi** 1993; 26: 141-64.

Adamson GE, Lazarus SA, Mitchell AE, Prior RL, Cao G, Jacobs PH, Kremers BG, Hammerstone JF, Rucker RB, Ritter KA, Schmitz HH. HPLC method for the quantification of procyanidins in cocoa and chocolate samples and correlation to the total antioxidant capacity. **J Agric Food Chem** 1999; 47: 4184-8.

Alasalvar C, Grigor JM, Zhang D, Quantick PC, Shahidi F. Comparison of volatiles, phenolics, sugars, antioxidant vitamins, and sensory quality of different colored carrot varieties. **J Agric Food Chem** 2001; 49: 1410-6.

Almeida-Muradian LB, Rios MD, Sasaki R. Determination of provitamin A of green leafy vegetables by high performance liquid chromatography and open column chromatography. **Boll Chim Farm** 1998; 137: 290-4.

Almeida-Muradian LB, Vanderlinde DW, Sasaki R. Provitamin A activity of raw and cooked Brazilian leaves. **Ciênc Tecnol Alim** 2000; 20: 151-3.

Alonso DP, Salucci M, Lázaro R, Maiani G, Ferro-Luzzi A. Capacidad antioxidante y potencial de sinergismo entre los principales constituyentes antioxidantes de algunos alimentos. **Rev Cubana Aliment Nutr** 1999; 13: 104-11.

Ángel MH, González EAP. Plantas que contienen polifenoles. Antioxidantes dentro del estilo de vida. **Rev Cubana Invest Biomed** 1999; 18: 12-4.

Antioxidants: nutritional panacea or Pandora's box ? **Food Technol** 1996; 50(11): 79.

* De acordo com as normas do Guia de apresentação de Teses. Biblioteca/CIR – Centro de Informação e Referência em Saúde Pública. São Paulo; 1998.

Aoshiba K, Yasui S, Nishimura K, Atsushi N. Thiol depletion induces apoptosis in cultured lung fibroblasts. **Am J Respir Cel Mol Biol** 1999; 21: 54-64.

Aprikian O, Levrat-Verny M-A, Besson C, Busserolles J, Rémésy C, Demigné C. Apple favourably affects parameters of cholesterol metabolism and of anti-oxidative protection in cholesterol-fed rats. **Food Chem** 2001; 75: 445-52.

Asghar A, Gray J, Buckley DJ, Pearson AM, Booren AM. Perspectives on warmed-over-flavor. **Food Technol** 1988; 42(6): 102-8.

Bailey ME. Inhibition of warmed-over flavor, with emphasis on Maillard reaction products. **Food Technol** 1988; 42(6): 123-6.

Barbut S, Draper HH, Hadley M. Effects of freezing method and antioxidants on lipid oxidation in Turkey sausage. **J Food Protect** 1988; 51: 878-82.

Beecher GR. Phytonutrients' role in metabolism: effects on resistance to degenerative diseases. **Nutr Rev** 1999; 57(9) Suppl 2: 3-6.

Benzie IFF, Strain JJ. Ferric Reducing/Antioxidant Power assay: Direct measure of total antioxidant activity of biological fluids and modified version for simultaneous measurement of total antioxidant power and ascorbic acid. **Meth Enzymol** 1999; 299: 15-27.

Bloch A, Thomson CA. Position of the American Dietetic Association: Phytochemicals and functional foods. **J Am Dietet Assoc** 1995; 95: 493-6.

Boolor KK, Kamat JP, Devasagayam TPA. Chlorophyllin as a protector of mitochondrial membranes against γ -radiation and photosensitization. **Toxicology** 2000; 155: 63-71.

Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº 18, de 30 de Abril de 1999a.

Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº 19, de 30 de Abril de 1999b.

Bunce GE. Antioxidant nutrition and cataract in women: a prospective study. **Nutr Rev** 1993; 51(3): 84-6.

Burlingame B. Number of samples can make it or break it. **J Food Composit Anal** 2000; 13: 763 (editorial).

Buttriss J. Is Britain ready for FOSHU? **Nutr Bull** 2000; 25:159-61.

Candebat ZEV. Peroxidacion lipidica. **Rev Cub Aliment Nutr** 1993; 7(1): 42-7.

Cao G, Sofic E, Prior RL. Antioxidant capacity of tea and common vegetables. **J Agric Food Chem** 1996; 44: 3426-31.

Cao G, Booth SL, Sadowsky JA, Prior RL. Increases in human plasma antioxidant capacity after consumption of controlled diets high in fruit and vegetables. **Am J Clin Nutr** 1998a; 68: 1081-7.

Cao G, Russell RM, Lischner N, Prior RL. Serum antioxidant capacity is increased by consumption of strawberries, spinach, red wine, or vitamin C in elderly women. **J Nutr** 1998b; 128: 2383-90.

Cao G, Prior RL. Comparison of different analytical methods for assessing total antioxidant capacity of human serum. **Clin Chem** 1998; 44: 1309-15.

Carmo HCE. Pesquisa de orçamentos familiares 98-99: Principais resultados. **Bol Informat Fund Inst Pesq Econ** 1999; nº231: 12-22.

Chandra RK. Preventive Nutrition: consideration of cost-benefit and cost-effective ratios. **Nutr Res** 2002; 1-3 (editorial).

Chen X, Ahn DU. Antioxidant activity of six natural phenolics against lipid oxidation induced by Fe²⁺ or ultraviolet light. **JAOCs** 1998; 75: 1717-21.

Chen CC, Pearson AM, Gray JI, Fooladi MH, Ku PK. Some factors influencing the nonheme iron content of meat and its implications in oxidation. **J Food Sci** 1984; 49: 581-4.

Ching S, Ingram D, Hahnel R, Beilby J, Rossi E. Serum levels of Micronutrients, Antioxidants and Total Antioxidant Status predict Risk of Breast Cancer in a Case Control Study. **J Nutr** 2002; 132: 303-6.

Chocolate bar may have as much antioxidants as fruits and vegetables, say researchers. **Food Label & Nutr News** 1999b Mar 31; 11-2.

Color Learning Curve DataFacts No. 004. Datacolor International. Available from <URL: http://www.datacolor.com/color_experts_004.shtml (2002 Out 27).

Commenges D, Scotet V, Renaud S, Jacqmin-Gadda H, Barberger-Gateau P, Dartigues J-F. Intake of flavonoids and risk of dementia. **Eur J Epidemiol** 2000; 16: 357-63.

Craig W, Beck L. Phytochemicals: health protective effects. **Can J Diet Pract Res** 1999; 60: 78-84.

Daglia M, Papetti A, Gregotti C, Bertè F, Gazzani G. In vitro antioxidant and ex vivo protective activities of green and roasted coffee. **J Agric Food Chem** 2000; 48: 1449-54.

Decker EA. Strategies for manipulating the prooxidative/antioxidative balance of foods to maximize oxidative stability. **Trend Food Sci Technol** 1998; 9: 241-8.

Donnelly JK, Robinson DS. Invited review: Free radicals in foods. **Free Radic Res** 1995; 22: 147-76.

Drai J, Bannier E, Chazot C, Hurot JM, Goedert G, Jean G, Charra B, Laurent G, Baltassat P, Revol A. Oxidants and antioxidants in long-term haemodialysis patients. **Il Farmaco** 2001; 56: 463-5.

Dreosti IE. Antioxidant polyphenols in tea, cocoa, and wine. **Nutrition** 2000; 16(7/8): 692-4.

Drukarch B, Schepens E, Stoof JC, Langeveld CH, Van Muiswinkel FL. Astrocyte-enhanced neuronal survival is mediated by scavenging of extracellular reactive oxygen species. **Free Rad Biol Med** 1998; 25: 217-20.

Duke JA. Biological activity summary for cacao (*Theobroma cacao* L.). **J Med Food** 2000; 3: 115-9.

Duriez P, Fruchart J-C. Vitamine E et athérosclérose. **Méd Nutr** 1993; 29(1): 17-9.

Duthie GG. Lipid peroxidation. **Eur J Clin Nutr** 1993; 47: 759-64.

Eberhardt MV, Lee CY, Liu RH. Antioxidant activity of fresh apples. **Nature** 2000; 405: 903-4.

Economos C, Clay WD. Nutritional and health benefits of citrus fruits. **Food Nutr Agricult** 1999; 24: 11-8.

Esterbauer H. Cytotoxicity and genotoxicity of lipid-oxidation products. **Am J Clin Nutr** 1993; 57 Suppl: 779-86.

Fantozzi P, Montanari L, Mancini F, Gasbarrini A, Addolorato G, Simoncini M, Nardini M, Ghiselli A, Scaccini C. In vitro antioxidant capacity from wort of beer. **Lebensm-Wiss Technol** 1998; 31: 221-7.

Farré RR, Frasquet IP. Antioxidantes en la Dieta Mediterránea. **Rev Chil Nutr** 2001; 348-57.

Ferrari CKB. Oxidação lipídica em alimentos e sistemas biológicos: mecanismos gerais e consequências nutricionais e patológicas. **Rev Nutr** 1998; 11: 3-14.

Ferrari CKB. Oxidação de lipídios e antioxidantes: Importância nas Ciências animal e dos Alimentos. **Hig Aliment** 1999a; 13: 16-20.

Ferrari CKB. Oxidação de gorduras em alimentos: produção de substâncias tóxicas na dieta do homem. **Rev Instit Hig Med Soc** 1999b; 3: 22-26.

Ferrari CKB. Fatores bioquímicos e físicos pró e antioxidantes, relacionados à oxidação lipídica em alimentos. **Hig Aliment** 2000; 14(78/79): 37-44.

Ferrari CKB, Torres EAFS. Fatores físicos e bioquímicos da industrialização, preparo e armazenamento de alimentos e sua relação com radicais livres e a oxidação lipídica. **Hig Aliment** 2000; 14(68/69): 19-25.

Ferrari CKB. Oxidative stress pathophysiology: Searching for an effective antioxidant protection. **Int Med J** 2001; 8: 175-84..

Ferreira VLP. **Princípios e aplicações da colorimetria em alimentos**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL), Série Instruções Técnicas; 1981.

Fisberg RM, Silva-Fernandes ME da, Fisberg M, Schmidt BJ. Plasma zinc, copper, and erythrocyte superoxide dismutase in children with phenylketonuria. **Nutrition** 1999; 15: 449-52.

Flagg EW, Coates RJ, Greenberg RS. Epidemiologic studies of antioxidants and cancer in humans. **J Am Coll Nutr** 1995; 14: 419-27.

Forattini OP. **Ecologia, Epidemiologia e Sociedade**. São Paulo: Artes Médicas-Edusp; 1992.

Foyer CH, Fletcher JM. Plant antioxidants: colour me healthy. **Biologist** 2001; 48: 115-20.

- Frankel EN. Food antioxidants and phytochemicals: present and future perspectives. **Fett** 1999; 101 Suppl: 450-5.
- Freyre G. **Prefácio**. In: Assucar: algumas receitas de doces e bolos dos engenhos do nordeste. Rio de Janeiro, José Olympio, 1939.
- Fridovich I. The biology of oxygen radicals. **Science** 1978; 201: 875-80.
- Functional food fights. **Environm Health Perspect** 1999; 107(9): A446.
- García IG, Mestre PF, Barrios TV, Rivero LL, Cristiá RP. Cantidad y calidad antioxidante de alimentos de origem vegetal consumidos en Cuba. **Alimentaria** 2000; 103(316): 103-10.
- Garner B, Roberg K, Qian M, Brunk UT, Eaton JW, Truscott RJW. Redox availability of lens iron and copper: implications for HO[•] generation in cataract. **Redox Rep** 1999; 4: 313-5.
- Gibaldi M. Are phytoestrogens a “natural alternative” to estrogen replacement therapy? **WJM** 2001; 173: 273.
- Giovannucci E. Selenium and risk of prostate cancer. **Lancet** 1998; 352: 755-6.
- Guillén-Sans R, Guzmán-Chozas M. The thiobarbituric acid (TBA) reaction in foods: a review. **Crit Rev Food Sci Nutr** 1998; 38: 315-30.
- Gutteridge JM. Lipid peroxidation and antioxidants as biomarkers of tissue damage. **Clin Chem** 1995; 41: 1819-28.
- Halliwell B. Radicales libres, antioxidantes y enfermedad humana: Curiosidad, causa o consecuencia? **Lancet** (edición española) 1994; 26: 109-13.
- Halliwell B. Oxidation of low-density lipoproteins: questions of initiation, propagation, and the effect of antioxidants. **Am J Clin Nutr** 1995; 61 Suppl: 670-7.

Halliwell B, Chirico S. Lipid peroxidation: its mechanism, measurement, and significance. **Am J Clin Nutr** 1993; 57 Suppl: 715-25.

Halvorsen BL, Holte K, Myhrstad MCW, Barikmo I, Hvattum E, Remberg SF, Wold A-B, Haffner K, Baugerød H, Andersen LF, Moskaug JØ, Jacobs DR, Blomhoff R. A Systematic screening of Total Antioxidants in dietary plants. **J Nutr** 2002; 132: 461-71.

Han SN, Meydani M, Wu D, Bender BS, Smith DE, Viña J, Cao G, Prior RL, Meydani SN. Effect of long-term dietary antioxidant supplementation on influenza virus infection. **J Gerontol Biol Sci** 2000; 55A: B496-B503.

Hatch GE. Asthma, inhaled oxidants, and dietary antioxidants. **Am J Clin Nutr** 1995; 61 Suppl: 625-305.

Heber D. Colorful cancer prevention: α -carotene, lycopene, and lung cancer. **Am J Clin Nutr** 2000; 72: 901-2.

Hennig B, Toborek M, McClain CJ, Diana JN. Nutritional implications in vascular endothelial cell metabolism. **J Am Coll Nutr** 1996; 15: 345-58.

Hollman PCH, Katan MB. Dietary flavonoids: intake, health effects and bioavailability. **Food Chem Toxicol** 1999; 37: 937-42.

Höner K, Cervellati R, Neddens C. Measurement of the *in vitro* antioxidant activity of German white wines using a novel method. **Eur Food Res Technol** 2002; 214: 356-60.

Hu FB, Stampfer MJ, Manson JE, Rimm EB, Colditz GA, Rosner BA, Speizer FE, Hennekens CH, Willett WC. Frequent nut consumption and risk of coronary heart disease in women: prospective cohort study. **BMJ** 1998; 317: 1341-5.

Hudson EA, Dinh PA, Kokubun T, Simmonds MSJ, Gescher A. Characterization of Potentially Chemopreventive Phenols in Extracts of Brown Rice That Inhibit the Growth of Human Breast and Colon Cancer Cells. **Canc Epidemiol Biomark Prev** 2000; 9: 1163-70.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Pesquisa de orçamento familiar (Pof), 1995-96. Disponível em <URL: <http://www.ibge.gov.br/estatistica/população/condicaodevida/pof/tab5.shtm> [2001 Mar 26]

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Pesquisa de orçamento familiar (Pof), 1995-1996. Disponível em <URL: <http://www.sidra.ibge.gov.br/pof.htm> [2001 Mar 26]

Jacobson JS, Begg MD, Wang LW, Wang Q, Agarwal M, Norkus E, Singh VN, Young T-L, Yang D, Santella RM. Effects of a 6-month vitamin intervention on DNA damage in heavy smokers. **Canc Epidemiol Biomark Prev** 2000; 9: 1303-11.

Jain SK, McVie R, Jaramillo JJ, Palmer M, Smith T, Meachum ZD, Little RL. The effect of modest vitamin E supplementation on lipid peroxidation products and other cardiovascular risk factors in diabetic patients. **Lipids** 1996; 31(suppl.): 87S-90S.

James WPT, Duthie GG, Wahle KWJ. The Mediterranean diet: protective or simply non-toxic? **Eur J Clin Nutr** 1989; 43 Suppl 2: 31-41.

Janero DR. Malondialdehyde and Thiobarbituric Acid-Reactivity as diagnostic indices of lipid peroxidation and peroxidative tissue injury. **Free Rad Biol Med** 1990; 9: 515-40.

Jewett SL, Rocklin AM, Ghanevati M, Abel JM, Marach JA. A new look at a time-worn system: oxidation of CuZn-SOD by H₂O₂. **Free Rad Biol Med** 1999; 26: 905-18.

Jorge PAR, Neyra LC, Osaki RM, Almeida E de, Bragagnolo N. Efeito da berinjela sobre os lipídes plasmáticos, a peroxidação lipídica e a reversão da disfunção endotelial na hipercolesterolemia experimental. **Arq Bras Cardiol** 1998; 70: 87-91.

Kähkönen MP, Hopia AI, Vuorela HJ, Rauha J-P, Pihlaja K, Kujala TS, Heinonen M. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. **J Agric Food Chem** 1999; 47: 3954-62.

Kakuda CM, Aoki L, Ferrari MA, Lotierzo PH, Caramelli B. Influence of an eggplant and orange juice on lipids and fibrogen. In: 11th International Symposium on Atherosclerosis. Paris, Outubro de 1997, Anais pág. 325, pôster 4.p.143.

Kamat JP, Devasagayam TPA. Oxidative damage to mitochondria in normal and cancer tissues, and its modulation. **Toxicology** 2000; 155: 73-82.

Kanner J. Oxidative processes in meat and meat products: Quality implications. **Meat Sci** 1994; 36: 169-89.

Kelloff GJ, Crowell JA, Steele VE, Lubet RA, Boone CW, Malone WA, Hawk ET, Lieberman R, Lawrence JA, Kopelovich L, Ali I, Viner JL, Sigman CC. Progress in cancer chemoprevention. **Ann NY Acad Sci** 1999; 889: 1-13.

Kerry N, Rice-Evans C. Inhibition of peroxynitrite-mediated oxidation of dopamine by flavonoid and phenolic antioxidants and their structural relationships. **J Neurochem** 1999; 73: 247-53.

Kinsella JE, Frankel E, German B, Kanner J. Possible mechanisms for the protective role of antioxidants in wine and plant foods. **Food Technol** 1993; 47(4): 85-9.

Kleiner SM. Defense plants: foods that fight disease. **Physic Sportsmed** 1997; 25(12). Available from <URL: <http://www.physsportsmed.com/issues/1997/12dec/defense.htm> [1998 Sept 28]

Koch TR, Stryker SJ, Telford GL, Opara EC. Total antioxidant capacity is reduced in Crohn's disease. **Nutr Res** 2002; 22: 825-33.

Kubow S. Routes of formation and toxic consequences of lipid oxidation products in foods. **Free Radic Biol Med** 1992; 12: 63-81.

Ladikos D, Lougovois V. Lipid oxidation in muscle foods: a review. **Food Chem** 1990; 35: 295-314.

Lampe JW. Health effects of vegetables and fruit: assessing mechanisms of action in human experimental studies. **Am J Clin Nutr** 1999; 70 Suppl: 475-90.

Larrauri JA, Rupérez P, Bravo L, Saura-Calixto F. High dietary fibre powders from orange and lime peels: associated polyphenols and antioxidant capacity. **Food Res Int** 1996; 29: 757-62.

Leinonen JS, Ahonen J-P, Lönnrot K, Jehkonen M, Dastidar P, Molnár G, Alho H. Low Plasma Antioxidant Activity is associated with High lesion volume and Neurological impairment in Stroke. **Stroke** 2000; 31: 1889-92.

Leung FY. Trace elements that act as antioxidants in parenteral micronutrition. **J Nutr Biochem** 1998; 9: 304-7.

Lima FEL de. Avaliação do consumo de alimentos fonte de β -caroteno e vitamina C em relação ao câncer de mama: Estudo preliminar. [Dissertação de Mestrado, Departamento de Nutrição, Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo – 2000] 85p. + anexos.

- Lindley MG. The impact of food processing on antioxidants in vegetable oils, fruits and vegetables. **Trend Food Sci Technol** 1998; 9: 336-40.
- Ling WH, Cheng QX, Ma J, Wang T. Red and black rice decrease atherosclerotic plaque formation and increase antioxidant status in rabbits. **J Nutr** 2001; 1421-6.
- Liu S, Ajani U, Chae C, Hennekens C, Buring JE, Manson JE. Long-term β -carotene supplementation and risk of type 2 Diabetes mellitus. **JAMA** 1999; 282: 1073-5.
- Love JD. The role of heme iron in the oxidation of lipids in read meats. **Food Technol** 1983; 37(7): 117-20, 129.
- Martínez-Valverde I, Periago MJ, Ros G. Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. **Arch Latinoamer Nutr** 2000; 50: 5-18.
- Mathé G. Red wine, green tea and vitamins: Do their antioxidants play a role in immunologic protection against cancer or even AIDS? **Biomed Pharmacoth** 1999; 53: 165-7.
- Mattei R, Dias RF, Espínola EB, Carlini EA, Barros SB. Guarana (*Paullinia cupana*): toxic behavioral effects in laboratory animals and antioxidants activity in vitro. **J Ethnopharmacol** 1998; 60: 111-6.
- Mecocci P, Polidori MC, Troiano L, Cherubini A, Cecchetti R, Pini G, Straatman M, Monti D, Stahl W, Sies H, Franceschi C, Senin H. Plasma Antioxidants and Longevity: A study on health centenarians. **Free Rad Biol Med** 2000; 28: 1243-8.
- Medeiros MHG, Loureiro APM, Carvalho VM. Lesões em DNA produzidas por produtos secundários da peroxidação lipídica. **Rev Med** 1996; 75: 16-25.
- Melo MSOM, Mancini JF. Antioxidantes da Castanha do Brasil. **Ciênc Tecnol Aliment** 1991; 11: 252-63.

- Miller NJ, Rice-Evans C, Davies MJ, Gopinathan V, Milner A. A novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates. **Clin Sci** 1993; 84: 407-12.
- Monteiro CA, Mondini L, Costa RBL. Mudanças na composição e adequação nutricional da dieta familiar nas áreas metropolitanas do Brasil. **Rev Saúde Pública** 2000; 34: 251-8.
- Murcia MA, Jiménez AM, Martínez-Tomé M. Evaluation of the antioxidant properties of Mediterranean and Tropical fruits compared with common food additives. **J Food Protect** 2001; 64: 2037-46.
- Nagem TJ, Pereira WL, Oliveira TT, Pinto AS, Pinto JG. Kaempferol e antocianina: redutores de lipídeos em ratos. **Rev Port Farm** 2001; 51: 127-31.
- Niki E. Antioxidant activity: Are we measuring it correctly? **Nutrition** 2002; 18: 524-5 (Editorial).
- Noda Y, Kneyuki T, Igarashi K, Mori A, Packer L. Antioxidant activity of nasunin, na anthocyanin in eggplant peels. **Toxicology** 2000; 148: 119-23.
- Nyyssönen K, Parviainen MT, Salonen R, Tuomilehto J, Salonen JT. Vitamin C deficiency and risk of myocardial infarction: prospective population study of men from eastern Finland. **BMJ** 1997; 314: 634-8.
- Olson JA. Carotenoids and human health. **Arch Latinoamer Nutr** 1999; 49 Suppl 1: 7-11.
- Olthof MR, Hollman PCH, Katan MB. Chlorogenic acid and caffeic acid are absorbed in humans. **J Nutr** 2001; 131: 66-71.

Organisation des Nations Unies pour L'alimentation et L'agriculture. Stimulants. In: ONU/FAO. **Utilisation des aliments tropicaux: sucres, épices et stimulants**. Roma, FAO, 1990. Étude FAO Alimentation et Nutrition, 47/6. p. 49-65.

Osawa T. Protective role of dietary polyphenols in oxidative stress. **Mech Aging Dev** 1999; 111: 133-9.

Paganga G, Miller N, Rice-Evans CA. The polyphenolic content of fruit and vegetables and their antioxidant activities. What does a serving constitute? **Free Rad Res** 1999; 30: 153-62.

Paniangvait P, King AJ, Jones AD, German BG. Cholesterol oxides in foods of animal origin. **J Food Sci** 1995; 60: 1159-74.

Pearson AM, Love JD, Shorland FB. "Warmed-over" flavor in meat, poultry, and fish. **Adv Food Res** 1977; 23: 1-74.

Percário S. Alterações oxidativas e da defesa antioxidante no broncoespasmo agudo induzido em cobais. São Paulo, 2000. [Tese de Doutorado – Escola Paulista de Medicina – Universidade Federal de São Paulo/UNIFESP].

Pereira RB, Mancini-filho J. Avaliação da atividade antioxidante em sementes de frutas cítricas. **Ciênc Tecnol Aliment** 1994; 14: 160-7.

Plant pigments paint a rainbow of antioxidants. **Agricult Res** 1996; Nov: 4-8.

Proteggente AR, Pannala AS, Paganga G, van Buren L, Wagner E, Wiseman S, van de Put F, Dacombe C, Rice-Evans C. The antioxidant activity of regularly consumed fruit and vegetables reflects their phenolic and vitamin C composition. **Free Rad Res** 2002; 36: 217-33.

- Rice-Evans C. Measurement of Total Antioxidant Activity as a marker of Antioxidant Status *in vivo*: Procedures and limitations. **Free Rad Res** 2000; 33 Suppl: 59-66.
- Richter C. Nitric oxide and its congeners in mitochondria: implications for apoptosis. **Environm Health Perspect** 1998; 106 5 Suppl: 1125S-30S.
- Riedel G. **Controle sanitário dos alimentos**. 2ª ed. São Paulo, Atheneu, 1992. p. 224-34.
- Riso P, Pinder A, Santangelo A, Porrini M. Does tomato consumption effectively increases the resistance of lymphocyte DNA to oxidative damage? **Am J Clin Nutr** 1999; 69: 712-8.
- Roberfroid MB. What is beneficial for health? The concept of functional food. **Food Chem Toxicol** 1999; 37: 1039-41.
- Rodriguez-Amaya DB. Latin American food sources of carotenoids. **Arch Latinoamer Nutr** 1999; 49 Suppl 1: 74-84.
- Rust RE. Productos embutidos. In: Price, J.F. & Schweigert, B.S. **Ciência de la carne y de los productos cárnicos**. 2ª ed. Zaragoza: Editorial Acribia; 1994. p.415-39.
- Sanchez-Moreno C, Larrauri JA, Saura-Calixto F. Free radical scavenging capacity and inhibition of lipid oxidation of wines, grape juices and related polyphenolic constituents. **Food Res Int** 1999; 32: 407-12.
- Sato GS, Chabaribery D, Maia ML, Carvalho FC de, Negri-Neto A, Marques SA. Corantes na indústria de alimentos. **Rev Nac Carne** 1993; XVII(196): 32-4, 36-7.
- Schricker BR; Miller DD. Effects of cooking and chemical treatment on heme and nonheme iron in meat. **J Food Sci** 1983; 48: 1340-3, 1349.

- Sevanian A, Hochstein P. Mechanisms and consequences of lipid peroxidation in biological systems. **Annu Rev Nutr** 1985; 5: 365-90.
- Sgarbieri VC, Pacheco MTB. Alimentos funcionais fisiológicos. **Braz J Food Technol** 1999; 2: 7-19.
- Silva CR de M, Naves MMV. Suplementação de vitaminas na prevenção de câncer. **Rev Nutr** 2001; 14: 135-43.
- Simões-Jr AR, Mourão-Filho F de AA, Araújo PSR de, Piedade SM de S, Jacomino AP. Avaliação de frutos de laranja 'Pera' em função dos anelamentos de ramos em diferentes épocas. **Sci Agric** 1999; 56: 529-35.
- Simon PW. Plant pigments for color and nutrition. **HortScience** 1997; 32: 12-3.
- Slater TF, Cheeseman KH, Davies MJ, Proudfoot K, Xiu W. Free radical mechanisms in relation to tissue injury. **Proc Nutr Soc** 1987; 46: 1-12.
- Stähelin HB. The impact of antioxidants on chronic disease in ageing and in old age. **Int J Vitam Nutr Res** 1999; 69: 146-9.
- Stanner S. An apple a day... **Nutr Bull** 2000; 25: 7-8.
- Stein JH, Keevil JG, Wiebe DA, Aeschlimann S, Folts JD. Purple grape juice improves endothelial function and reduces the susceptibility of LDL cholesterol to oxidation in patients with coronary artery disease. **Circulation** 1999; 100: 1050-5.
- Sudheesh S, Sandhya C, Sarah Koshy A, Vijayalakshmi NR. Antioxidant activity of flavonoids from *Solanum melongena*. **Phytother Res** 1999; 13: 393-6.
- Szeto YT, Tomlinson B, Benzie IFF. Total Antioxidant and ascorbic acid content of fresh fruits and vegetables: Implications for dietary planning and food preservation. **Brit J Nutr** 2002; 87: 55-9.

Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental. Faculdade de Ciências Farmacêuticas da USP. Tabela brasileira de composição de alimentos. Disponível em <URL: <http://www.fcf.usp.br/tabela/tbcamenu.php>>. [2002 Jun 22]

Tomita LY, Cardoso MA (orgs.). **Relação de medidas caseiras, composição química e receitas de alimentos nipo-brasileiros**. São José do Rio Preto: Faculdade de Medicina de São José do Rio Preto; 2000.

Torres EAFS. Oxidação lipídica em carnes: uma revisão. **Bol Soc Bras Cienc Tecnol Aliment** 1988; 22: 53-71.

Torres EAFS, Okani ET. Teste de TBA: ranço em alimentos. **Rev Nac Carne** 1997; XXI (243): 68-78.

Torres E, Pearson AM, Gray JI, Booren AM, Shimokomaki M. Effect of salt on oxidative changes in pre- and post-rigor ground beef. **Meat Sci** 1988; 23: 151-63.

Torres E, Pearson AM, Gray JI, Ku PK. Lipid oxidation in charqui (salted and dried beef). **Food Chem** 1989; 32: 257-68.

Torres EAFS, Shimokomaki M, Franco BDGM, Landgraf M, Carvalho-jr BC, Santos JC. Parameters determining the quality of charqui, na intermediate moisture meat product. **Meat Sci** 1994; 38: 229-34.

Toyokuni S, Itani T, Morimitsu Y, Okada K, Ozeki M, Kondo S, Uchida K, Osawa T, Hiai H, Tashiro T. Protective effect of colored rice over white rice on Fenton reaction-based renal lipid peroxidation in rats. **Free Rad Res** 2002; 36: 583-92.

Total Antioxidant Status. CAT no. NX2332. Crumlin, Co. Antrim, United Kingdom: Randox Laboratories Ltd.; s.d.

Trichopoulou A, Vasilopoulou E. Mediterranean diet and longevity. **Brit J Nutr** 2000; 84 (2S): 205-9.

Tzeng D D-S, Chen R-S, Lee M-H. Study of oxyradical formation in relation to photodynamic microbicidal activity of methionine riboflavin mixture. **Proc Natl Sci Counc China** 1996; Part B, 20: 92-9.

Umegaki K, Ikegami S, Inoue K, Ichikawa T, Kobayashi S, Soeno N, Tomabechi K. Beta-carotene prevents x-ray induction of micronuclei in human lymphocytes. **Am J Clin Nutr** 1994; 59: 409-12.

USDA Nutrient Database for Standard Reference, release 12 [CD ROM]. Riverdale (MD): U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service; Feb 1999.

Valabhji J, McColl AJ, Richmond W, Schachter M, Rubens MB, Elkeles RS. Total Antioxidant Status and Coronary Artery Calcification in Type 1 Diabetes. **Diabet Care** 2001; 24: 1608-13.

Velásquez-Meléndez G, Martins IS, Cervato AM, Fornés NS, Marucci MFN. Consumo alimentar de vitaminas e minerais em adultos residentes em área metropolitana de São Paulo, Brasil. **Rev Saúde Pública** 1997; 31:157-62.

Vieira AJSC, Telo JP, Pereira HF, Patrocínio PF, Dias RMB. Antioxidant effect of naturally occurring xanthines on the oxidative damage of DNA bases. **J Chim Phys** 1999; 96: 116-23.

Vinson JA, Proch J, Bose P. Determination of quantity and quality of polyphenol antioxidants in foods and beverages. **Meth Enzymol** 2001a; 335: 103-14.

Vinson JA, Su X, Zubik L, Bose P. Phenol antioxidant quantity and quality in foods: Fruits. **J Agric Food Chem** 2001b; 49: 5315-21.

Yamagishi M, Natsume M, Nagaki A, Adachi T, Osakabe N, Takizawa T, Kumon H, Osawa T. Antimutagenic activity of cacao: inhibitory effect of cacao liquor polyphenols on the mutagenic action of heterocyclic amines. **J Agric Food Chem** 2000; 48: 5074-8.

Zhang S, Hunter DJ, Forman MR, Rosner BA, Speizer FE, Colditz GA, Manson JE, Hankison SE, Willett WC. Dietary carotenoids and vitamins A, C, and E and risk of breast cancer. **J Natl Canc Inst** 1999; 91: 547-56.

Zheng W, Wang SY. Antioxidant activity and phenolic compounds in selected herbs. **J Agric Food Chem** 2001; 49: 5165-70.

Ziouzenkova O, Giese SP, Ramos P, Esterbauer H. Factors affecting resistance of low density lipoproteins to oxidation. **Lipids** 1996; 31 Suppl: 71-76.

Wang H, Cao G, Prior RL. Total antioxidant capacity of fruits. **J Agric Food Chem** 1997; 45: 304-9.

Wang JF, Schramm DD, Holt RR, Ensunsa JL, Fraga CG, Schmitz HH, Keen CL. A dose-response effect from chocolate consumption on plasma epicatechin and oxidative damage. **J Nutr** 2000; 130 Suppl: 2115-9.

Weisburger JH. Mechanisms of action of antioxidants as exemplified in vegetables, tomatoes and tea. **Food Chem Toxicol** 1999; 37: 943-8.

Weisburger JH. Eat to live, not live to eat. **Nutrition** 2000; 16: 767-773.

Wu TC, Sheldon BW. Flavor components and factors associated with the development of off-flavors in cooked turkey rolls. **J Food Sci** 1988; 53: 49-54.

Wyllie AH. Apoptosis: an overview. **Brit Med Bull** 1997; 53: 451-65.

ANEXOS

Tabela 1 – Seleção dos principais alimentos mais consumidos na cidade de São Paulo (SP) “per capita” (Kg/ano).

Alimentos	Consumo “per capita” anual (em Kg)
Bebidas não alcoólicas – café, chá, achocolatado	45,64
Refrigerantes	42,05
Café em pó	2,69
Achocolatado	0,71
Cereais e Leguminosas	30,59
Arroz (a granel e empacotado)	22,83
Feijão (a granel e empacotado)	7,18
Milho	0,35
Frutas	55,65
Laranja pêra	15,35
Melancia	6,31
Banana nanica	5,65
Mamão papaya	4,17
mexerica	3,02
Banana prata	2,94
Maçã (nacional e estrangeira)	2,10
manga	2,04
Limão	1,91
Hortaliças (todas)	33,95
Batata comum	6,75
Tomate	4,53
Alface	3,37
Cebola	2,98
Cenoura	2,01
Chuchu	1,71
Repolho	1,27
Couve	1,02

Fonte: Carmo (1999).

Tabela 2 - Pesquisa de orçamentos familiares (POF), 1995-1996. Consumo alimentar

domiciliar “per capita” anual (em Kg).

Áreas pesqui- sadas												
Grupos	Total	Belém	Forta- leza	Recife	Salva- dor	Belo Hori- zonte	Rio de Janei- ro	São Paulo	Curiti- ba	Porto Alegre	Brasi- lia- DF	Munici- pio de Goiâni a
Cereais e Legumi- nosas	38,972	31,001	46,705	27,958	30,942	43,745	49,069	33,607	39,169	29,035	58,785	43,566
Hortali- ças	34,419	22,150	20,463	37,212	33,718	48,976	39,375	28,067	34,401	42,948	40,174	38,213
Frutas	40,397	31,415	34,299	34,065	35,546	52,618	31,236	44,581	45,640	40,430	53,796	43,200
Cocos, castanhas e nozes	0,641	11,599	0,273	0,867	1,666	6,257	0,424	0,246	0,305	0,204	0,418	0,204
Farinhas, féculas e massas	14,690	41,830	18,950	26,859	23,871	12,855	12,949	8,966	25,177	15,094	15,083	8,907
Panifica- dos	25,967	24,864	22,237	32,203	33,305	22,907	22,375	26,609	24,751	26,154	23,094	14,987
Carnes	28,093	42,702	21,504	23,922	28,190	26,227	22,573	30,713	32,228	36,326	32,067	22,046
Visceras	1,153	2,720	1,129	1,687	2,811	1,052	1,313	0,817	0,722	0,646	1,105	0,534
Pescados	3,021	13,960	4,124	4,254	4,608	1,539	3,432	2,486	1,793	1,455	2,000	1,074
Aves e ovos	21,816	32,316	25,371	24,090	27,231	22,431	18,074	20,805	22,205	25,621	25,096	15,664
Laticí- nios	59,243	12,618	31,695	23,282	23,680	59,391	48,408	77,363	75,218	85,196	70,748	55,448
Açúcares e produtos de confei- taria	22,483	18,939	22,698	23,827	23,723	31,664	26,227	16,777	27,758	19,466	33,560	17,443
Sais e condime- n-tos	4,938	4,905	4,069	6,083	5,096	5,180	4,026	4,949	7,692	5,227	5,189	4,143
Óleos e gorduras	9,069	7,158	6,963	7,937	7,508	11,698	9,686	7,968	12,957	8,426	13,704	11,058

Bebidas e infusões	32,557	21,001	20,947	21,617	21,642	35,593	25,985	36,849	44,398	50,408	36,094	32,852
Alimentos preparados, misturas ind. e outros	2,881	1,185	1,719	0,797	0,367	2,217	0,664	5,500	2,496	3,950	2,565	1,106

Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Departamento de Índices de Preços, Pesquisas de Orçamentos Familiares.

Observação: Alguns produtos não tiveram o consumo contemplado nesta tabela. São produtos sem qualquer informação de quantidade quando de sua(s) aquisição (ões), representando 10,92% da despesa total com alimentação.

(<http://www.ibge.gov.br/estatistica/populacao/condicaodevida/pof/tab5.shtm>)

(<http://www.sidra.ibge.gov.br/pof.htm>)

Bancas fornecedoras do Ceagesp utilizadas para colheita de amostras de frutas e hortaliças.

Banca Sr. Júlio Uemura;

Banca só banana (Sr. João e Tatá);

Banca Sra. Cleide e Sr. Edílson;

Marcas e tipos dos alimentos manufaturados estudados.

- Café – Melita (tipo Tradicional), embalagem comum de 500g¹;
- Castanha do Pará – Sonae supermercados, embalagem plástica de 300g¹;
- Chocolate ao leite (preto) – Garoto, barra de 200g¹;
- Feijão carioca (marron) – Camil (tipo 1), saco de 1Kg²;
- Guaraná em pó (embalagem plástica de 60g) – Bionatus laboratório botânico (São José do Rio Preto, SP). Composição declarada na bula: 3-5% de cafeína, traços de teobromina (0,02-0,03%) e teofilina (0,25%) e elevadas concentrações de taninos (4 a 6% em média, podendo alcançar até 12%)³;
- Leite de côco – DuCôco (Garrafa de vidro de 200ml)²;
- Suco de uva (concentrado) – Parmalat (em garrafa plástica de 1,5L)².

¹ Obtidos no Hipermercado BIG Tucuruvi

² Obtidos no Hipermercado Carrefour Center Norte

³ Obtido na Rede de Drogarias Drogão, filial Tucuruvi

PROTOCOLO DE DOSAGEM DE CAT

DATA: _____ Fator = $\frac{[\text{Padrão}]}{\Delta \text{Branco} - \Delta \text{Padrão}}$ _____

[illegible]

Tabela 3 – Capacidade Antioxidante Total de 21 Alimentos Avaliados neste estudo.

Alimento	CAT ($\mu\text{mol ET}/100\text{g}$ ou 100mL)
alface1	334,76
alface2	225,78
alface3	277,96
alface4	0
alface5	0
alface6	118,13
limão1	355
limão2	263,76
limão3	365,65
limão4	260,14
limão5	191,07
limão6	38,73
couve1	692,25
couve2	374,88
couve3	433,1
couve4	300,81
couve5	156,86
couve6	255,62
Banana1	224,71
banana2	373,81
banana3	347,9
banana4	167,83
banana5	247,23
banana6	369,88
cebola1	295,71
cebola2	225,78
cebola3	281,51
cebola4	129,1
cebola5	350,51
cebola6	271,12
leitecôco1	3,55
leitecôco2	320,56
leitecôco3	163,3
leitecôco4	0
leitecôco5	0
leitecôco6	84,6
cenoura1	224,71
cenoura2	227,2
cenoura3	243,53
cenoura4	118,13
cenoura5	77,46
cenoura6	113,61
laranja1	367,78
laranja2	259,15
laranja3	260,21
laranja4	249,17

laranja5	100,7
laranja6	156,86
mamão1	235,36
mamão2	209,45
mamão3	221,16
mamão4	0
mamão5	0
maçã1	340,8
maçã2	392,63
maçã3	324,11
maçã4	389,25
maçã5	503,5
maçã6	453,8
melancia1	234,3
melancia2	232,88
melancia3	229,33
melancia4	90,37
melancia5	38,73
melancia6	47,12
pimenta1	221,41
pimenta2	124,58
pimenta3	109,74
tomate1	227,2
tomate2	244,95
tomate3	234,3
tomate4	105,22
tomate5	111,67
tomate6	126,52
berinjela1	253,11
berinjela2	259,15
berinjela3	270,86
berinjela4	135,56
berinjela5	142,01
berinjela6	143,95
beterraba1	259,15
beterraba2	220,1
beterraba3	236,43
beterraba4	432,49
beterraba5	378,27
beterraba6	548,69
suco uva1	176,67
suco uva2	183,42
suco uva3	183,77
suco uva4	104,57
suco uva5	101,78
suco uva6	126,95
café1	1034,77
café2	1028,31

café3	1030,25
café4	1030,25
café5	1005,07
café6	1026,38
castanha1	1808,74
castanha2	3795,01
castanha3	1343,97
castanha4	4451,5
castanha5	1282
castanha6	484,14
chocolate1	1122,55
chocolate2	739,76
chocolate3	191,07
chocolate4	972,15
chocolate5	1198,08
chocolate6	989,58
feijão1	365,36
feijão2	251,75
feijão3	156,86
feijão4	268,54
feijão5	300,81
feijão6	374,4
guaraná1	1043,16
guaraná2	1075,44
guaraná3	1041,22

Tabela 4 – Luminosidade (L), Croma (C) e Tom (H) da alface.

Amostra	Cor L	Cor C	Cor H
alface1	57,93	18,44	110,76
alface2	58,41	18,6	108
alface3	53,52	15,46	108,07
alface4	44,33	6,55	114,23
alface5	41,51	4,99	120,25
alface6	41,21	5,8	112,68
Média	49,48	11,64	112,33
desvio-padrão	8,07	6,53	4,60

Tabela 5 – Luminosidade (L), Croma (C) e Tom (H) do limão.

Amostra	Cor L	Cor C	Cor H
limão1	55,94	16,07	97,77
limão2	57,00	15,47	96,73
limão3	55,38	15,99	97,95
limão4	44,38	6,63	104,94
limão5	47,48	7,54	110,56
limão6	49,93	6,05	107,99
Média	51,68	11,29	102,65
Desvio-padrão	5,18	5,01	5,95

Tabela 6 – Luminosidade (L), Croma (C) e Tom (H) da couve-manteiga.

Amostra	Cor L	Cor C	Cor H
Couve1	54,53	21,42	109,83
Couve2	54,98	21,44	110,07
couve3	58,08	23,08	108,36
couve4	50,73	14,34	108,52
couve5	52,72	13,78	111,88
couve6	47,26	8,82	108,77
Média	53,05	17,15	109,57
Desvio-padrão	3,75	5,66	1,33

Tabela 7 – Luminosidade (L), Croma (C) e Tom (H) da banana.

Amostra	Cor L	Cor C	Cor H
Banana1	69,62	31,48	81,3
Banana2	69,91	30,91	81,57
Banana3	69,93	30,05	81,64
Banana4	69,13	29,3	81,13
Banana5	69,56	28,93	81,23
Banana6	68,04	27,05	81,67
Média	69,36	29,62	81,42
Desvio-padrão	0,71	1,58	0,23

Tabela 8 – Luminosidade (L), Croma (C) e Tom (H) da cebola.

Amostra	Cor L	Cor C	Cor H
cebola1	55,92	13,21	107,82
cebola2	58,64	15,44	107,52
cebola3	57,63	10,03	109,51
cebola4	63,75	9,49	109,07
cebola5	63,45	7,21	109,11
cebola6	58,14	5,78	104,81
Média	59,59	10,19	107,97
desvio-padrão	3,24	3,62	1,74

Tabela 9 – Luminosidade (L), Croma (C) e Tom (H) da cenoura.

Amostra	Cor L	Cor C	Cor H
cenoura1	53,68	48,31	51,08
cenoura2	53,6	47,42	54,29
cenoura3	60,35	25,35	55,2
Cenoura4	54,15	21,28	52,18
Cenoura5	55,39	26,17	50,41
Cenoura6	53,79	48,22	52,66
Média	55,16	36,12	52,63
desvio-padrão	2,63	13,1	1,84

Tabela 10 – Luminosidade (L), Croma (C) e Tom (H) da laranja.

Amostra	Cor L	Cor C	Cor H
Laranja1	61,67	24,46	88,75
Laranja2	53,85	21,3	92,85
Laranja3	54,84	29,17	85,17
Laranja4	59,75	11,53	88,52
Laranja5	50,07	9,25	82,83
Laranja6	47,39	9,88	87,64
Média	54,59	17,60	87,63
desvio-padrão	5,47	8,49	3,42

Tabela 11 – Luminosidade (L), Croma (C) e Tom (H) do mamão.

Amostra	Cor L	Cor C	Cor H
Mamão1	61,67	33,93	55,11
Mamão2	53,85	35,75	43,89
Mamão3	54,84	43,87	46,37
Mamão4	59,75	26,72	64,22
Mamão5	50,07	11,25	68,36
Mamão6	47,39	14,68	53,42
Média	54,59	27,70	55,23
desvio-padrão	5,47	12,70	9,63

Tabela 12 – Luminosidade (L), Croma (C) e Tom (H) da maçã.

Amostra	Cor L	Cor C	Cor H
maçã1	79,28	30,04	90,87
maçã2	81,53	32,57	86,91
maçã3	82,28	28,47	84,54
maçã4	72,13	16,87	96,07
maçã5	70,39	18,18	95,03
maçã6	64,65	14,35	89,85
Média	75,04	23,41	90,54
desvio-padrão	7,08	7,82	4,48

Tabela 13 – Luminosidade (L), Croma (C) e Tom (H) da melancia.

Amostra	Cor L	Cor C	Cor H
melancia1	47,94	15,21	26,91
melancia2	49,28	17,1	28,45
melancia3	47,03	19,08	30,84
melancia4	45,69	14,51	31,06
melancia5	37,35	13,23	28,87
melancia6	40,9	13,63	28,84
Média	44,70	15,46	29,16
desvio-padrão	4,612	2,24	1,56

Tabela 14 – Luminosidade (L), Croma (C) e Tom (H) da pimenta.

Amostra	Cor L	Cor C	Cor H
pimenta1	48,39	14,81	47,89
pimenta2	49,97	24,96	47,28
pimenta3	51,55	21,39	44,5
Média	49,97	20,38	46,55
desvio-padrão	1,58	5,15	1,81

Tabela 15 – Luminosidade (L), Croma (C) e Tom (H) da berinjela.

Amostra	Cor L	Cor C	Cor H
berinjela1	83,29	24,81	94,09
berinjela2	80,66	27,2	94,45
berinjela3	83,16	22,5	96,73
berinjela4	72,56	15,95	95,18
berinjela5	74,26	17,38	96,65
berinjela6	73,16	14,98	97,35
Média	77,85	20,47	95,74
Desvio-padrão	5,07	5,07	1,35

Tabela 16 – Luminosidade (L), Croma (C) e Tom (H) da beterraba.

Amostra	Cor L	Cor C	Cor H
Beterraba1	36,09	10,33	355,3
Beterraba2	34,8	6,08	1,64
Beterraba3	28,6	11,3	4,75
Beterraba4	39,24	5,75	9,64
Beterraba5	39,35	7,04	11,51
Beterraba6	40,87	10,4	9,79
Média	36,49	8,48	65,44
desvio-padrão	4,48	2,46	142,05

Tabela 17 – Luminosidade (L), Croma (C) e Tom (H) da castanha do Brasil.

Amostra	Cor L	Cor C	Cor H
castanha1	65,18	18,68	86,02
castanha2	61,49	18,09	82,88
castanha3	39,76	2,36	66,61
castanha4	37,83	1,64	91,77
castanha5	45,6	8,84	79,54
castanha6	60,84	13,27	86,48
Média	51,78	10,48	82,21
desvio-padrão	12,11	7,48	8,66

Tabela 18 – Luminosidade (L), Croma (C) e Tom (H) do chocolate.

Amostra	Cor L	Cor C	Cor H
Chocolate1	45,6	5,04	39,83
Chocolate2	45,67	5,08	40,07
Chocolate3	47,06	6,38	42,59
Chocolate4	47	8	46,6
Chocolate5	45,54	6,47	45,02
Chocolate6	46,33	6,55	44,85
Média	46,2	6,25	43,16
desvio-padrão	0,70	1,10	2,79

Tabela 19 – Luminosidade (L), Croma (C) e Tom (H) do feijão.

Amostra	Cor L	Cor C	Cor H
feijão1	44,91	10,12	57,87
feijão2	44,5	9,58	58,5
feijão3	42,73	8,78	62,53
feijão4	44,83	9,72	62,43
feijão5	45,19	8,39	67,27
feijão6	45,6	10,46	57,99
Média	44,63	9,51	61,10
desvio-padrão	1,00	0,79	3,71

Tabela 20 – Luminosidade (L), Croma (C) e Tom (H) do guaraná em pó.

Amostra	Cor L	Cor C	Cor H
guaraná1	58,9	22,63	65,84
guaraná2	57,1	20,71	65,11
guaraná3	58,84	22,34	66,14
Média	58,28	21,90	65,70
desvio-padrão	1,02	1,03	0,53

Tabela 21 – Composição de fibras, fitoesteróis e vitaminas antioxidantes dos principais alimentos estudados (em 100g).

Alimento	Nutriente				
	Fibras	Ácido ascórbico (mg)*	vitamina (µg)	A α-tocoferol (mg)*	fitoesteróis (mg)*
Alface	1,25	24,00	210,00	0,44	n.a.
Banana	1,46	9,10	8,00*	0,27	16,00
nanica					
berinjela	2,51	1,70	8,00*	0,03	7,00
beterraba**	2,20	2,40	1,00*	n.d.	n.a.
castanha do	5,40	0,70	0,00*	7,60	n.a.
Pará					
Cebola	1,90	6,40	0,00*	0,13	15,00
cenoura	2,81	9,30	401-800,00	0,46	12,00
chocolate ao	3,40	0,40	55,00	1.240,00	n.a.
leite em					
barra					
couve	2,30	32,20	13,00	0,11	11,00
manteiga#					
Feijão	5,60	35,60	580-910,00	n.a.	n.a.
carioca					
(cozido)					
Laranja pêra	1,96	53,20	21,00	0,24	n.a.
(com					
bagaço)					
Limão	2,80	53,00	3,00*	0,24	n.a.
maçã Fuji	2,25	5,70	5,00	0,32	12,00
mamão	2,63	61,8	24-54,00	1.120,00	n.a.
papaya					
melancia	0,13	9,60	37,00*	0,15	2,00
pimenta	27,2	76,4	4.161,00	4.800,00	83,00
vermelha					
tomate (cru)	1,35	19,10	75-100,00	0,38	7,00
suco de uva	0,10	0,10	1,00*	0,00	n.a.

Fontes: Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (FCF/USP) e

*USDA Nutrient Database for Standard Reference, release 12, 1999

**valores de fibras para alimento cozido; n.a. = não avaliado; n.d. = não detectado

#Somente os valores de fibras foram compilados da tabela brasileira

Tabela 22 – Micronutrientes selecionados dos principais alimentos estudados (mg/100g).

alimento	nutriente							
	cálcio	fósforo	potássio	cobre	magnésio	manganês	zinco	selênio*
Alface	3,60	45,00	290,00	0,037	6,00	0,636	n.a.	0,20
Banana	6,00	20,00	396,00	0,104	29,00	0,152	0,16	1,10
nanica								
berinjela	7,00	22,00	217,00	0,055	14,00	0,13	0,14	0,30
beterraba	11,00	17,00	164,00	0,097	19,00	0,241	0,23	1,10
castanha	176,00	600,00	600,00	1.770,00	225,00	0,774	4,59	2960,00
do Pará								
cebola	20,00	33,00	157,00	0,060	10,00	0,137	0,19	0,60
cenoura	27,00	0,50	323,00	0,047	15,00	0,142	0,20	1,10
chocolate	191,00	216,00	385,00	0,385	60,00	0,299	1,38	3,90
ao leite								
em barra								
couve	47,00	23,00	246,00	0,023	15,00	0,159	0,18	0,90
manteiga								
feijão	19,00	38,00	194,00	0,174	23,00	0,199	0,44	0,6
carioca								
(cozido)								
laranja	40,00	14,00	181,00	0,045	10,00	0,025	0,07	0,5
pêra								
(com								
bagaço)								
limão	26,00	16,00	138,00	0,037	8,00	0,03	0,06	0,4
maçã fuji	7,00	7,00	115,00	0,041	5,00	0,045	0,04	0,3
mamão	24,00	5,00	257,00	0,016	10,00	0,011	0,07	0,6
papaya								
melancia	8,00	9,00	116,00	0,032	11,00	0,037	0,07	0,1
pimenta	148,00	293,00	2.014,00	0,373	152,00	2.000,00	2,48	8,80
vermelha								
tomate	5,00	24,00	222,00	0,074	11,00	0,105	0,09	0,4
(cru)								
suco de	9,00	11,00	132,00	0,028	10,00	0,36	0,05	0,1
uva								

Fonte: USDA Nutrient Database for Standard Reference, release 12, 1999.

* valores em µg/100g

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

Guia de apresentação de Teses. Biblioteca/CIR – Centro de Informação e Referência em Saúde Pública. São Paulo; 1998.