

Influência do tempo de armazenamento sobre a concentração de alfa-tocoferol e gama-tocoferol em óleos vegetais

Influence of the storage time on the concentration of alpha-tocopherol and gamma-tocopherol in vegetable oils

RIALA6/1656

Evellyn Câmara GRILLO, Priscila Nunes COSTA, Cristiane Santos Sânzio GURGEL, Dalila Fernandes BEZERRA, Paula Emília Nunes Ribeiro BELLOT, Roberto DIMENSTEIN*

*Endereço para correspondência: Laboratório de Alimentos e Bioquímica da Nutrição, Departamento de Bioquímica, Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Av. Senador Salgado Filho, 3000, Lagoa Nova, CEP 59072-970, Natal/RN, Brasil. E-mail: rdimenstein@gmail.com

Recebido: 12.12.2014 - Aceito para publicação: 25.08.2015

RESUMO

O alfa- e o gama-tocoferol estão entre os homólogos da vitamina E, que possui importante papel como antioxidante. As fontes dietéticas mais ricas em vitamina E são os óleos vegetais. Este trabalho avaliou os níveis de alfa- e gama-tocoferol nos óleos de canola, girassol, milho e soja, e averiguou sua variação com o tempo de armazenamento. Os óleos vegetais foram adquiridos nos supermercados da cidade de Natal/RN, e mantidos sob temperatura ambiente e ao abrigo da luz. As análises foram realizadas em diferentes momentos durante o armazenamento (tempo 0 e após 30, 60 e 90 dias). Cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) foi usada para determinar as concentrações dos analitos. A análise estatística foi realizada utilizando-se o teste de variância (ANOVA); as diferenças foram consideradas estatisticamente significativas quando $p < 0,05$. Ao final do tempo de armazenamento (90 dias) foi verificada diminuição significativa nos níveis de alfa- e gama-tocoferol de 38,7 % e 36,0 %, no óleo de canola; 42,2 % e 22,2 %, no óleo de soja; 28,3 % e 29,2 %, no óleo de girassol; 39,0 % e 17,9 %, no óleo de milho, respectivamente. As concentrações de alfa- e gama-tocoferol nos óleos vegetais reduziram significativamente após armazenamento, sob as condições empregadas no estudo.

Palavras-chave. óleos vegetais, alfa-tocoferol, gama-tocoferol, tempo de armazenamento.

ABSTRACT

The alpha- and gamma-tocopherol are among the homologues of vitamin E which plays a key role as an antioxidant. The richest dietary sources of vitamin E are vegetable oils. This study aimed at evaluating the alpha- and gamma-tocopherol contents in oils from canola, sunflower, corn and soybeans, and to verify their variations after storage time. The vegetable oils were purchased at supermarkets in Natal / RN, and they were kept at room temperature and protected from light. The tests was made at different times during storage (time 0 and after 30, 60 and 90 days). The high performance liquid chromatography (HPLC) was used to determine their concentrations. The statistical analysis was performed using analysis of variance (ANOVA) test; and the differences were considered statistically significant when $p < 0.05$. By the end of the storage time (90 days), the alpha- and gamma-tocopherol contents showed a significant decrease of 38.7 % and 36.0 % for canola oil; 42.2 % and 22.2 % in soybean oil; 28.3 % and 29.2 % in sunflower oil; 39.0 % and 17.9 % in corn oil, respectively. The concentrations of alpha- and gamma-tocopherol in vegetable oils significantly decreased after the storage period under the conditions used in this study.

Keywords. plant oils, alpha-tocopherol, gamma-tocopherol, storage time.

INTRODUÇÃO

O termo vitamina E é usado como descritor genérico dos derivados de tocol e tocotrienol. As formas encontradas naturalmente incluem quatro tocoferóis (alfa, beta, gama e delta-tocoferol) e quatro tocotrienóis (alfa, beta, gama e delta-tocotrienol)¹.

A vitamina E atua como um antioxidante não enzimático, sendo o alfa-tocoferol o principal antioxidante capaz de interromper reações de oxidação envolvendo radicais livres. Este isômero age diretamente removendo radicais peróxido e conseqüentemente atua na proteção dos ácidos graxos poli-insaturados das membranas celulares e lipoproteínas².

Vários estudos têm demonstrado que o gama-tocoferol também possui um importante papel antioxidante. Quando comparado ao alfa-tocoferol, o gama-tocoferol é um removedor mais potente de espécies reativas de nitrogênio. Pesquisas realizadas em animais evidenciaram a ação anticâncer do gama-tocoferol e em seres humanos, foi verificada uma associação inversa entre as concentrações séricas de gama-tocoferol e o risco de desenvolver doenças cardiovasculares^{3,4}.

Populações de países em desenvolvimento possuem maior risco para a deficiência de vitamina E em decorrência da limitada ingestão de alimentos fontes e pela maior prevalência de doenças que aceleram a depleção desta vitamina, como a infecção por HIV e a malária. Os recém-nascidos, especialmente os prematuros, são mais suscetíveis a desenvolver esta deficiência. Os principais sintomas da deficiência de vitamina E são neuropatia periférica, ataxia e anemia^{5,6}.

As formas naturais da vitamina E são sintetizadas por plantas e os óleos vegetais são as principais fontes desta vitamina, sendo o alfa-tocoferol e o gama-tocoferol os principais isômeros da vitamina E presentes nesse alimento⁷. No Brasil, o consumo anual de óleos vegetais está em torno de 3,72 milhões de toneladas, sendo o óleo de soja o mais consumido, atingindo um consumo anual equivalente a 6,3 kg per capita ou 89 % do total consumido de óleos⁸.

Os óleos de girassol, de cártamo e de gérmen de trigo são especialmente ricos em alfa-tocoferol e o gama-tocoferol é o composto predominante nos óleos de soja e de milho^{9,10}. Ainda assim, o óleo de soja é o principal contribuinte para a ingestão de vitamina E pela população¹¹.

A recomendação de ingestão diária de vitamina E equivale a 15 mg para adultos, segundo o Instituto de Medicina¹². Nos Estados Unidos, as estimativas de ingestão dietética de vitamina E sugerem que 92 % dos homens e 98 % das mulheres não ingerem a quantidade recomendada de vitamina E¹³. Um estudo realizado com 2344 brasileiros concluiu que a ingestão de vitamina E é baixa: os homens e as mulheres atingiram 42,5 % e 40,8 % da recomendação diária, respectivamente¹⁴.

Os óleos vegetais são suscetíveis à deterioração devido à ocorrência da oxidação lipídica, que pode acontecer por fatores ambientais, tais como: presença de luz, oxigênio e altas temperaturas, e os químicos, relacionados à presença de substâncias pró-oxidantes, álcalis ou oligoelementos. Esses fatores podem culminar com a perda de tocoferóis e oxidação de ácidos graxos insaturados, promovendo a formação de quinonas, dímeros e trímeros^{15,16}.

A oxidação em alimentos é responsável pela redução da vida de prateleira e a rancidez ocorre principalmente durante o processamento e armazenamento, resultando em alterações dos parâmetros de qualidade, como a cor e a produção de compostos voláteis responsáveis pelos sabores e odores desagradáveis. As principais alterações químicas nos óleos vegetais ocorrem por processos químicos, como a auto oxidação, a polimerização térmica ou a oxidação térmica¹⁷.

Alguns estudos que avaliaram o efeito do tempo de armazenamento sobre os níveis de alfa-tocoferol e gama-tocoferol em óleos vegetais detêm-se principalmente na análise de marcadores da oxidação lipídica, observando a atuação da vitamina E como protetora de ácidos graxos insaturados e não propriamente avaliando a concentração dos isômeros da vitamina E^{18,19}.

Diante da dificuldade da população em atingir o requerimento nutricional em vitamina E e da suscetibilidade dos óleos vegetais à oxidação de ácidos graxos, é necessário estabelecer as concentrações desta vitamina, bem como verificar o efeito de fatores que possam interferir nesses valores, como o tempo de armazenamento do produto. Assim, o objetivo desse trabalho foi determinar a concentração de alfa-tocoferol e gama-tocoferol em óleos vegetais comercializados em Natal/RN, em função do tempo de armazenamento.

MATERIAL E MÉTODOS

O plano de amostragem deste trabalho foi definido com base no método utilizado pela Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO²⁰. Assim, para cada tipo de óleo (canola, girassol, milho e soja), foram adquiridas 2 unidades de lotes distintos, das 3 principais marcas comercializadas nos supermercados de Natal/RN, Brasil. Foram incluídos neste estudo os óleos vegetais fabricados, no máximo, um mês antes da primeira análise bioquímica.

Em relação às condições de armazenamento, as amostras foram mantidas na própria embalagem comercial, sob temperatura ambiente e ao abrigo da luz.

Quantificação de alfa- e gama-tocoferol por cromatografia líquida de alta eficiência

Foram determinadas as concentrações de alfa- e gama-tocoferol dos óleos analisados em 4 momentos distintos: a primeira análise refere-se ao tempo zero (T0h), ou seja, no dia em que os óleos foram adquiridos no supermercado; a segunda, 30 dias após a análise do tempo zero (T30d); a terceira, 60 dias após o T0h (T60d); e a quarta, após 90 dias de armazenamento dos óleos vegetais (T90d).

As concentrações de alfa-tocoferol e gama-tocoferol das amostras de óleos vegetais foram determinadas por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE). Foi realizada uma diluição de 40 µL de óleo vegetal em 960 µL de diclorometano (UV/HPLC - Vetec, Rio de Janeiro, Brasil) e agitou-se por 1 min.

As amostras foram diluídas em triplicatas, as quais foram aplicadas através da técnica de injeção direta, conforme Lima e Gonçalves²¹. Foram injetados 20 µL de cada amostra em cromatógrafo de marca Shimadzu, com bomba LC-10 AD Shimadzu, acoplado a um Detector SPD-10A Shimadzu UV-VIS e integrador Chromatopac C-R6A Shimadzu, com uma coluna LC Perkin Elmer CLC-ODS (M) 4,6 mm x 250 mm. A fase móvel utilizada foi metanol a 100 %, em sistema isocrático, com fluxo de 1,0m L/min. A identificação e quantificação do alfa-tocoferol e do gama-tocoferol das amostras foram estabelecidas por comparação com o tempo de retenção e a área dos respectivos padrões (alfa-tocoferol e gama-tocoferol, Sigma®). A concentração dos padrões foi confirmada pelo coeficiente de extinção específico (ϵ 1 %, 1 cm = 75,8 com comprimento de onda de 292 nm para o alfa-tocoferol e ϵ 1 %, 1 cm = 91,5 com comprimento de onda de 298 nm para o gama-tocoferol), ambos diluídos em etanol absoluto (Merck, São Paulo, Brasil)^{22,23}. O procedimento analítico de preparação das amostras foi realizado em temperatura em torno de 25 °C, em tubos protegidos da luz (embalados com papel alumínio).

Relação entre a porção recomendada de óleos e o requerimento diário em vitamina E

Segundo o Guia Alimentar para a População Brasileira²⁴, a recomendação de consumo de óleos, gorduras ou sementes oleaginosas é de 1 porção por dia, o que corresponde a 8 gramas. Considerando a concentração de alfa-tocoferol nos óleos vegetais analisados no tempo zero (T0h), foram calculadas as quantidades desse composto contidas em uma porção de óleo, bem como sua relação com o requerimento nutricional diário de vitamina E, que equivale a 15 mg para adultos¹². Os óleos vegetais foram classificados como alimento fonte de vitamina E se continham acima de 5 % do valor da recomendação diária na porção usual; como boa fonte, se continham entre 10 e 20 % e como excelente fonte se continham acima de 20 %²⁵. Esses cálculos também foram realizados considerando as concentrações de alfa-tocoferol

nos óleos vegetais após os 90 dias de armazenamento.

Análise estatística

As concentrações de alfa-tocoferol e gama-tocoferol foram dadas em mg/100g de óleo vegetal, sendo expressas como média e desvio padrão. A análise estatística foi feita por meio do software Statistica7 (StatSoft, Inc, Tulsa, OK, USA). Utilizou-se o teste de Kolmogorov-Smirnov para verificar a normalidade dos dados, que apresentaram distribuição normal. Sendo assim, foi aplicado o teste de análise de variância (ANOVA), com teste *post-hoc* de Tukey para verificar a diferença estatística entre as médias das concentrações de alfa- e gama-tocoferol nos diferentes tempos de armazenamento. As diferenças foram consideradas significativas quando $p < 0,05$.

RESULTADOS

As concentrações médias de alfa-tocoferol nos óleos de canola, girassol, milho e soja nos tempos 0 hora, 30, 60 e 90 dias de armazenamento estão expostas na Tabela 1 e as concentrações de gama-tocoferol em função do tempo de armazenamento estão expostas na Tabela 2.

Analisando as concentrações médias de alfa-tocoferol e gama-tocoferol em função do tempo de armazenamento, foi verificado que esses valores diminuíram de maneira acentuada 30 dias após a primeira análise (T30d), sendo que nos tempos 60 e 90 dias de armazenamento (T60d e T90d) as perdas ainda ocorreram, porém com uma redução percentual menor. Ao final do tempo de armazenamento (T90d), os níveis de alfa-tocoferol e gama-tocoferol tiveram uma redução total significativa, sendo $p < 0,05$. Após 90 dias de armazenamento dos óleos, as porcentagens de redução das concentrações de alfa-tocoferol e gama-tocoferol foram 38,7 % e 36,0 % no óleo de canola; 42,2 % e 22,2 % no óleo de soja; 28,3 % e 29,2 % no óleo de girassol; e 39,0 % e 17,9 % no óleo de milho, respectivamente.

Levando em consideração o requerimento diário de vitamina E (alfa-tocoferol) e a concentração inicial de alfa-tocoferol (T0h) nos óleos analisados, o óleo de girassol foi considerado uma excelente fonte desta vitamina (23,7 %), os óleos de canola e milho se classificaram como alimentos fontes (8,0 % e 9,7 %, respectivamente) e o óleo de soja não foi considerado alimento fonte de vitamina E (3,4 %).

Tabela 1. Concentração média de alfa-tocoferol em óleos vegetais comercializados em Natal-RN (2012), em função do tempo de armazenamento

Concentração de α -Tocoferol (mg/100g)	Tempo de armazenamento			
	Zero (T0h)	30 dias (T30d)	60 dias (T60d)	90 dias (T90d)
Canola ¹	15,0 \pm 2,3 ^a	10,2 \pm 2,5 ^b (-32,0 %)	9,3 \pm 3,5 ^b (-38,0 %)	9,2 \pm 2,4 ^b (-38,7 %)
Girassol ²	44,5 \pm 7,5 ^a	35,6 \pm 2,7 ^b (-20,0 %)	32,6 \pm 3,3 ^b (-26,7 %)	31,9 \pm 3,3 ^b (-28,3 %)
Milho ³	18,2 \pm 8,5 ^a	12,3 \pm 1,9 ^b (-32,4 %)	12,0 \pm 1,6 ^b (-34,1 %)	11,1 \pm 2,0 ^b (-39,0 %)
Soja ⁴	6,4 \pm 1,3 ^a	4,6 \pm 1,2 ^b (-28,1 %)	4,2 \pm 0,7 ^c (-34,4 %)	3,7 \pm 0,8 ^d (-42,2 %)

Letras iguais na linha não diferem significativamente entre si; letras diferentes diferem significativamente, sendo $p < 0,05$ (Teste ANOVA, com *post hoc* de Tukey)

Tabela 2. Concentração média de gama-tocoferol em óleos vegetais comercializados em Natal-RN (2012), em função do tempo de armazenamento

Concentração de γ -Tocoferol (mg/100g)	Tempo de armazenamento			
	Zero (T0h)	30 dias (T30d)	60 dias (T60d)	90 dias (T90d)
Canola ¹	15,0 \pm 2,0 ^a	10,7 \pm 2,0 ^b (-28,7 %)	9,5 \pm 1,7 ^b (-36,7 %)	9,6 \pm 1,6 ^b (-36,0 %)
Girassol ²	9,6 \pm 1,5 ^a	8,7 \pm 1,6 ^a (-9,4 %)	8,1 \pm 1,6 ^b (-15,6 %)	6,8 \pm 1,7 ^c (-29,2 %)
Milho ³	26,2 \pm 1,9 ^a	22,8 \pm 2,1 ^b (-13,0 %)	22,5 \pm 2,4 ^b (-14,1 %)	21,5 \pm 1,9 ^b (-17,9 %)
Soja ⁴	26,6 \pm 5,7 ^a	21,5 \pm 2,5 ^b (-19,2%)	21,0 \pm 3,2 ^b (-21,1%)	20,7 \pm 2,8 ^c (-22,2%)

Letras iguais na linha não diferem significativamente entre si; letras diferentes diferem significativamente, sendo $p < 0,05$ (Teste ANOVA, com post hoc de Tukey)

Quando considerada a concentração final de alfa-tocoferol nos óleos avaliados (T90d), o óleo de girassol foi classificado como boa fonte de vitamina E (17,0%), o óleo de milho foi considerado alimento fonte (5,9 %) e os óleos de canola e de soja não foram considerados alimentos fontes desta vitamina (4,9 % e 2,0 %, respectivamente).

DISCUSSÃO

No tempo zero (T0h), as concentrações de alfa-tocoferol e gama-tocoferol dos óleos vegetais analisados são condizentes com aquelas descritas na literatura^{9,26,27}. Além disso, este estudo indicou que o óleo de girassol tem maior concentração de alfa-tocoferol, enquanto os óleos de soja e milho têm maiores concentrações de gama-tocoferol, assim como foi observado em outros estudos²⁸⁻³⁰.

As reduções das concentrações de alfa-tocoferol e gama-tocoferol durante o armazenamento eram esperadas, devido ao potencial antioxidante da vitamina E que atua na proteção dos ácidos graxos insaturados dos óleos vegetais. Embora os óleos não estivessem submetidos a altas temperaturas e à exposição da luz, que são fatores externos que aceleram a oxidação, alguns fatores químicos relacionados à presença de substâncias pró-oxidantes, álcalis ou oligoelementos podem

promover e acelerar as reações de oxidação dos ácidos graxos, culminando com a degradação dos tocoferóis^{15,16}.

Foi observado também que as maiores perdas vitamínicas nos tempos de análise de 30, 60 e 90 dias ocorreram com o alfa-tocoferol em detrimento do gama-tocoferol, para todos os tipos de óleos analisados (Tabela 1). O alfa-tocoferol atua como antioxidante, enquanto o gama-tocoferol pode remover espécies de nitrogênio derivadas dos peróxidos por meio de um mecanismo não antioxidante³¹. Alguns estudos demonstraram que o alfa-tocoferol é decomposto mais rapidamente e é mais instável que o gama-tocoferol, uma vez que a velocidade de degradação do gama-tocoferol é classificada como intermediária, prolongando seu efeito protetor contra radicais livres nos óleos³²⁻³⁴.

Ao analisar a oxidação do óleo de soja durante 3 meses, Carvalho³³ verificou uma redução de 31,7 e 2,9 % nas concentrações de alfa-tocoferol e gama-tocoferol, respectivamente. Esses resultados foram inferiores aos obtidos neste estudo, por outro lado, corrobora com a redução percentual superior para o alfa-tocoferol em relação ao gama-tocoferol.

Paraginski et al³⁴ determinaram a concentração de tocoferóis em óleo de milho armazenado durante 12 meses e verificaram uma perda percentual final de 62,4 % e 39,1 % para o alfa-tocoferol e o gama-tocoferol, respectivamente,

à temperatura de armazenamento de 25 ° C. Essas perdas foram bem superiores às aquelas obtidas neste estudo, provavelmente por terem sido empregados tempos de armazenamento distintos. Entretanto, assim como ocorreu neste trabalho, o conteúdo de alfa-tocoferol sofreu maiores perdas percentuais em comparação ao gama-tocoferol.

Um estudo realizado por Choe determinou a concentração de tocoferóis em óleo de girassol e verificou uma degradação significativa desses compostos em diferentes tempos de armazenamento, temperatura e exposição à luz. Além disso, o gama-tocoferol mostrou maior estabilidade do que o alfa-tocoferol durante a oxidação do óleo, tanto no escuro quanto exposto à luz³⁵.

A atividade antioxidante dos tocoferóis decorre de sua capacidade de doar o hidrogênio fenólico a um radical livre e dessa forma, retardam processos de peroxidação lipídica autocatalítica. A capacidade antioxidante dos homólogos dos tocoferóis segue a seguinte ordem: $\alpha > \beta > \gamma > \delta$ ³⁷. Segundo Player³², o alfa-tocoferol possui alta atividade antioxidante em óleos vegetais e conseqüentemente apresentam baixa estabilidade durante o armazenamento. Essa maior capacidade antioxidante do alfa-tocoferol pode explicar a maior velocidade de perdas desse composto nos óleos vegetais, em comparação às aquelas observadas para o gama-tocoferol.

Silva³⁷ comparou a oxidação de óleos de girassol, soja e milho através dos índices de peróxidos e dosagem de tocoferóis após processamento e evidenciou que o óleo de girassol apresentou maior degradação durante esse processo. Explica-se a perda considerável de tocoferóis no óleo de girassol pelos elevados níveis de ácidos graxos poli-insaturados³⁸. Em contrapartida, os dados encontrados neste estudo sugerem que o óleo de soja apresenta a maior perda percentual de alfa-tocoferol (42,2 %) e o de canola o maior decréscimo de gama-tocoferol (36,0 %) em detrimento do óleo de girassol, após os 90 dias de armazenamento.

Considerando o somatório de perdas dos dois isômeros da vitamina E analisados neste estudo, a maior redução percentual após os 90

dias de armazenamento ocorreu no óleo de canola, estando em concordância com Goffman e Mollers³⁹. Esses autores avaliaram as concentrações de alfa-tocoferol e gama-tocoferol no óleo de canola após 24 semanas (168 dias) de armazenamento, mantido em diferentes condições de temperaturas e exposição ao oxigênio atmosférico. O óleo de canola pode apresentar maiores perdas de tocoferóis em decorrência de sua alta porcentagem de ácidos graxos insaturados⁴⁰.

Neste estudo, também foi verificado que o óleo de milho apresentou menores perdas de gama-tocoferol em comparação aos demais óleos. Esse achado pode ser justificado pela boa estabilidade do óleo de milho, que está relacionada com seus altos níveis de compostos insaponificáveis, como os fitosteróis⁴⁰.

Ao fim do período de 90 dias de armazenamento, ocorreu um decréscimo nos níveis de alfa-tocoferol nos óleos vegetais, que é o isômero relacionado ao requerimento diário em vitamina E. Inicialmente, o óleo de girassol foi classificado como excelente fonte de vitamina E e ao final do tempo de armazenamento, foi considerado boa fonte. Já o óleo de canola inicialmente foi considerado alimento fonte de vitamina E e ao final do armazenamento, este produto não foi considerado fonte de vitamina E. Isso indica que esse período em que os óleos vegetais foram armazenados foi suficiente para comprometer sua qualidade nutricional quanto ao conteúdo de vitamina E.

Pela escassez de trabalhos na literatura que determinem a concentração de alfa-tocoferol e gama-tocoferol em diferentes óleos vegetais, houve a impossibilidade de algumas análises comparativas dos resultados obtidos neste estudo, sobretudo no que diz respeito às variações das concentrações vitamínicas em função do tempo de armazenamento de 30, 60 e 90 dias.

Estudos que avaliem nutrientes essenciais dos alimentos em função de fatores externos, como o tempo de armazenamento, são importantes para o monitoramento da qualidade nutricional destes produtos, bem como para a elaboração de estratégias que minimizem a perda de qualidade. Sugere-se que sejam realizados trabalhos a fim de avaliar

a influência de outros fatores externos, como a presença de luz e altas temperaturas, sobre a concentração de tocoferóis e outros compostos bioativos presentes nos óleos vegetais.

CONCLUSÃO

O tempo de armazenamento provocou reduções significativas nas concentrações de alfa-tocoferol e gama-tocoferol nos óleos vegetais avaliados, sendo mais acentuada no óleo de canola. Além disso, a concentração de alfa-tocoferol apresentou uma redução percentual superior àquela observada para o gama-tocoferol nos óleos vegetais, em todos os tempos de armazenamento.

REFERÊNCIAS

1. Traber MG. Vitamin E. In: Erdman Jr JW, Macdonald IA, Zeisel SH, eds. Present knowledge in nutrition. 10th ed. Washington, D.C: ILSI Press; 2012. p. 214–29.
2. Mocchegiani E, Costarelli L, Giacconi R, Malavolta M, Basso A, Piacenza F, et al. Vitamin E-gene interactions in aging and inflammatory age-related diseases: implications for treatment. A systematic review. *Ageing Res Rev*. 2014;14(1):81-101. [DOI: 10.1016/j.arr.2014.01.001].
3. Yu W. Anticancer actions of natural and synthetic vitamin E forms: RRR-alpha-tocopherol blocks the anticancer actions of gamma-tocopherol. *Mol Nutr Food Res*. 2009; 53:1573-81. [DOI: 10.1002/mnfr.200900011].
4. Menoyo D, Sanz-Bayón C, Nessa AH, Esatbeyoglu T, Faizan M, Pallauf K, et al. Atlantic salmon (*Salmosalar L.*) as a marine functional source of gamma-tocopherol. *Mar Drugs*. 2014;12(12):5944-59. [DOI: 10.3390/md12125944].
5. Antonakou A, Chiou A, Andrikopoulos NK, Bakoula C, Matalas A. Breast milk tocopherol content during the first six months in exclusively breastfeeding Greek women. *Eur J Nutr*. 2011;50(3):195-202. [DOI: 10.1007/s00394-010-0129-4].
6. Dror DK, Allen LH. Vitamin E deficiency in developing countries. *Food Nutr Bull*. 2011;32(2):124-43.
7. Bianchini-Pontuschka R, Penteado MVC. Vitamina E. In: Penteado MVC, ed. *Vitaminas: aspectos nutricionais, bioquímicos e analíticos*. 1 ed. Barueri, SP: Manole; 2003. p. 121-64.
8. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Pesquisa de orçamentos familiares 2008-2009: aquisição alimentar domiciliar per capita. Rio de Janeiro (RJ): IBGE; 2010. p. 284.
9. United States Department of Agriculture - USDA. National Nutrient Database for Standard Reference, Release 21; 2008. [acesso 2014 Abr 03]. Disponível em: [http://www.ars.usda.gov/ba/bhnrc/ndl].
10. Caretto S, Nisi R, Paradiso A, De Gara L. Tocopherol production in plant cell cultures. *Mol Nutr Food Res*. 2010;54(5):726-30. [DOI: 10.1002/mnfr.200900397].
11. Jiang Q, Christen S, Shigenaga MK, Ames BN. Gamma-tocopherol, the major form of vitamin E in the US diet, deserves more attention. *Am J Clin Nutr*. 2001;74(6):714-22.
12. Institute of Medicine (US). *Dietary Reference Intakes for Vitamin C, Vitamin E, Selenium, and Carotenoids*. Washington (DC): National Academy Press; 2000. p. 529.
13. Maras JE, Bermudez OI, Qiao N, Bakun PJ, Boody-Alter EL, Tucker KL. Intake of alpha-tocopherol is limited among US adults. *J Am Diet Assoc*. 2004;104(4):567-75. [DOI: 10.1016/j.jada.2004.01.004].
14. Pinheiro MM, Ciconelli RM, Chaves GV, Aquino L, Juzwiak CR, Genaro OS, et al. Antioxidant intake among Brazilian adults -The Brazilian Osteoporosis Study (BRAZOS): a cross-sectional study. *Nutr J*. 2011;10:39. [DOI: 10.1186/1475-2891-10-39].
15. Telles MM. Caracterização dos grãos, torta e óleo de três variedades de girassol (*Helianthus annuus L.*) e estabilidade do óleo bruto [dissertação de mestrado]. Florianópolis (SC): Universidade Federal de Santa Catarina; 2001.
16. Nogala-Kalucka M, Korczak J, Dratwia M, Lampart-Szczapa E, Siger A, Buchowski M. Changes in antioxidant activity and free radical scavenging potential of rosemary extract and tocopherols in isolated rapeseed oil triacylglycerols during accelerated tests. *Food Chem*. 2005;93(2):227–35. [DOI: 10.1016/j.foodchem.2004.09.021].

17. Thode Filho S, Cabral GB, Maranhão FS, Sena MFM, Silva ER. Deterioração de óleos vegetais expostos a diferentes condições de armazenamento. *REGET*.2014;18(1):7-13. [DOI:10.5902/2236117013802].
18. Cerqueira FM, Medeiros MHG, August O. Antioxidantes dietéticos: controvérsias e perspectivas. *Quím Nova*.2007;30(2):441-9. [DOI: 10.1590/S0100-40422007000200036].
19. Sarmiento RA, Silva FM, Sbruzzi G, Schaan BD, Almeida JC. Micronutrientes antioxidantes e risco cardiovascular em pacientes com diabetes: uma revisão sistemática. *Arq Bras Cardiol*. 2013; 101(3): 240-8. [DOI: 10.5935/abc.20130146].
20. Tabela Brasileira de Composição de Alimentos - TACO. 4 ed., Campinas: NEPA/ UNICAMP, 2011.
21. Lima JR, Gonçalves LAG. Quantificação de tocoferóis em óleos de milho, soja, castanha-do-pará e castanha de caju por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência em fase reversa. *Alim Nutr*.1997;8:65-73.
22. Nierenberg DW, Nann SL. A method for determining concentrations of retinol, tocopherol, and five carotenoids in human plasma and tissue samples. *Am J Clin Nutr*.1992; 56:417-26.
23. Podda M, Weber C, Traber MG, Packer L. Simultaneous determination of tissue tocopherols, tocotrienols, ubiquinols, and ubiquinones. *J Lipid Res*.1996;37(4):893-901.
24. Brasil. Ministério da Saúde. Guia Alimentar para População Brasileira promovendo a alimentação saudável (Normas e manuais técnicos). Brasília, 2008.
25. Philippi ST. Alimentação Saudável e a pirâmide dos alimentos. In: Pirâmide dos Alimentos: Fundamentos básicos da Nutrição. Barueri: Manole; 2008. p. 3-29.
26. Ahmed MK, Daun JK, Przybylski R. FT-IR based methodology for quantitation of total tocopherols, tocotrienols and plastochromanol-8 in vegetable oils. *J Food Composit Anal*.2005;18(5):359-64. [DOI: 10.1016/j.jfca.2003.12.008].
27. Monge-Rojas R, Campos H. Tocopherol and carotenoid content of foods commonly consumed in Costa Rica. *J Food Composit Anal*.2011;24(2):202-16. [DOI: 10.1016/j.jfca.2010.09.015].
28. Masuchi MH, Celeghini RMS, Goncalves LAG, Grimaldi R. Quantificação de TBHQ (Terc Butil Hidroquinona) e avaliação da estabilidade oxidativa em óleos de girassol comerciais. *Quím Nova*. 2008;31(5):1053-57. [DOI: 10.1590/S0100-40422008000500020].
29. Guinaz M, Milagres RCRM, Pinheiro-Sant'Ana HM, Chaves JBP. Tocoferóis e tocotrienóis em óleos vegetais e ovos. *Quim Nova*.2009;32(8):2098-103. [DOI: 10.1590/S0100-40422009000800021].
30. Velasco L, Del Moral L, Pérez-Vich B, Fernández-Martínez JM. Selection for contrasting seed tocopherol content in sunflower seeds. *J Agr Sci*.2010;148(4):393-400. [DOI: 10.1590/S0100-40422009000800021].
31. Azzi A, Stocker A. Vitamin E: non-antioxidant roles. *Prog Lipid Res*.2000; (39):231-55.
32. Player ME, Kim HJ, Lee HO, Min DB. Stability of α -, γ - or δ -tocopherol during soybean oil oxidation. *J. Food Sci*.2006;71(8):456-60. [DOI:10.1016/S0163-7827(00)00006-0].
33. Carvalho SM. Efeito da adição de tocoferóis sobre a qualidade de óleo de soja embalado em PET [dissertação de mestrado]. Florianópolis (SC): Universidade Federal de Santa Catarina; 2007.
34. Paraginski RT, Talhamento A, Oliveira M, Elias MC. Efeitos da temperatura nas alterações do teor de compostos com potencial antioxidante em grãos de milho durante o armazenamento. *Rev Bras Prod Agroind*.2015;17(2):159-67.
35. Choe E. Interaction of light and temperature on tocopherols during oxidation of sunflower oil. *J AOCS*.2013;90(12):1851-7. [DOI: 10.1007/s11746-013-2330-0].
36. Seppanen CM, Song Q, Csallany AS. The antioxidant functions of tocopherol and tocotrienol homologues in oils, fats, and food systems. *J AOCS*.2010;87(5):469-81. [DOI: 10.1007/s11746-009-1526-9].
37. Silva LM. Determinação da estabilidade de óleos e de compostos com atividade anti-aterosclerótica do azeite durante o processamento de alimentos [dissertação de mestrado]. Porto: Faculdade de Ciências da Universidade do Porto; 2008.

38. Henrique LR. Estabelecimento de uma metodologia de determinação do tempo de vida útil de alguns óleos [dissertação de mestrado]. Lisboa: Instituto Superior de Agronomia; 2011.

39. Goffman FD, Mollers C. Changes in tocopherol and plastochromanol-8 contents in seeds and oil of oilseed Rape (*Brassica napus* L.) during storage as influenced by temperature and air oxygen. *J Agric Food Chem*.2000;48: 1605-9. [DOI: 10.1021/jf9912755].

40. Fuentes PHA. Avaliação da qualidade de óleos de soja, canola, milho e girassol durante o armazenamento [dissertação de mestrado]. Florianópolis (SC): Universidade Federal de Santa Catarina; 2011.