

資料

マーケットバスケット方式によるトコフェロールの 一日摂取量調査

中島 安基江, 福原 亜美, 井原 紗弥香, 安部 かおり

Studies on Daily Intake of Tocopherol by Market Basket Method

AKIE NAKASHIMA, AMI FUKUHARA, SAYAKA IHARA and KAORI ABE

(Received October 31, 2018)

国民が日常の食事を介して摂取する添加物量を把握し、食品添加物を含む食品の安全性を確保するため、厚生労働省の委託事業として「食品中の食品添加物一日摂取量調査」を実施している。平成29年度は、酸化防止剤のトコフェロール(*dl*- α -トコフェロール)の4種の同族体である α -、 β -、 γ -及び δ -トコフェロールを担当し、それらの一日摂取量について調査を行った。その結果、 α -、 β -、 γ -及び δ -トコフェロールそれぞれの一日総摂取量平均値(20歳以上)は4.641、0.462、9.513及び3.154mg/dayであった。4種のトコフェロール摂取量合計値はADIに基づく一日許容摂取量(体重50kgに換算)を大きく下回り、安全性に問題のない量であった。

キーワード：マーケットバスケット方式、一日摂取量、トコフェロール

について報告する。

緒 言

マーケットバスケット(MB)方式による食品添加物一日摂取量調査は、国内における食品添加物の摂取実態を把握し、食品添加物の安全性を確保する目的で、厚生労働省が中心となり昭和57年から継続的に行われている。当センターは、平成26年度から本事業に参加している。平成29年度は酸化防止剤、防かび剤、製造用剤、結着剤の一日摂取量調査が実施され、広島県は酸化防止剤であるトコフェロールを担当した。

酸化防止剤は食品中の油脂の酸化及び食品の褐変を防止するために添加する食品添加物である。脂溶性と水溶性のものがあり、油脂の酸化防止には脂溶性、食品の褐変防止には水溶性の酸化防止剤が使用される[1]。脂溶性のトコフェロールは α -、 β -、 γ -及び δ -の同族体が知られており、食品中に天然の食品成分として存在し、多くの食品に含まれている。*dl*-体は化学的な合成法で作られている指定添加物で、酸化防止の目的以外の使用は不可であるが、対象食品や使用量の制限はない[2]。 α -、 γ -及び δ -体は天然物からの抽出によって得られる既存添加物である[3]。

今回、酸化防止剤として使用が許可されている α -、 γ -及び δ -の3種のトコフェロール、並びに食品添加物のミックストコフェロール中の成分である β -トコフェロールを分析し、それらの一日摂取量調査を行った結果

方 法

1 試料

国立医薬品食品衛生研究所及び地方衛生研究所5機関(札幌市衛生研究所、仙台市衛生研究所、香川県環境保健研究センター、長崎市保健環境試験所、沖縄県衛生環境研究所)において、それぞれ調製された、マーケットバスケット方式調査用加工食品群(1群(調味嗜好飲料)、2群(穀類)、3群(いも類・豆類・種実類)、4群(魚介類・肉類・卵類)、5群(油脂類・乳類)、6群(砂糖類・菓子類)、7群(果実類・野菜類・海藻類))ごとに、混合した試料(混合群試料)について調査を実施した。これら混合群試料は冷凍状態で送付され、到着後冷凍保存し、用事解凍して使用した。

2 試薬

トコフェロール標準品：タマ生化学(株)製(ビタミンE定量用標準試薬)
塩化ナトリウム：和光純薬工業(株)製(特級)
ピロガロール：和光純薬工業(株)製(特級)
エタノール(95)：和光純薬工業(株)製(特級)
水酸化カリウム：和光純薬工業(株)製(特級)
ヘキササン：シグマ・アルドリッチ社製(残留農薬・PCB分析用)

酢酸エチル：シグマ・アルドリッチ社製（残留農薬・PCB分析用）

2-プロパノール：和光純薬工業(株) 製（HPLC用）

n-ヘキサン：和光純薬工業(株) 製（HPLC用）

酢酸：和光純薬工業(株) 製（特級）

3 分析方法

食品衛生検査指針 [4] に準じた、試験溶液の調製方法を図1に、HPLC装置及び測定条件を表1に示した。

表1 HPLC測定条件

装置	： Agilent Technologies社製 Agilent1100シリーズ
カラム	： Inertsil SIL, 100A (4.6×250mm), 5 μm
移動相流速	： 1.0mL/min
注入量	： 5 μL
カラム温度	： 30℃
移動相	： n-ヘキサン・イソプロパノール・酢酸混液 (1000 : 6 : 5)
検出器	： 蛍光検出器 励起波長298nm, 蛍光波長325nm

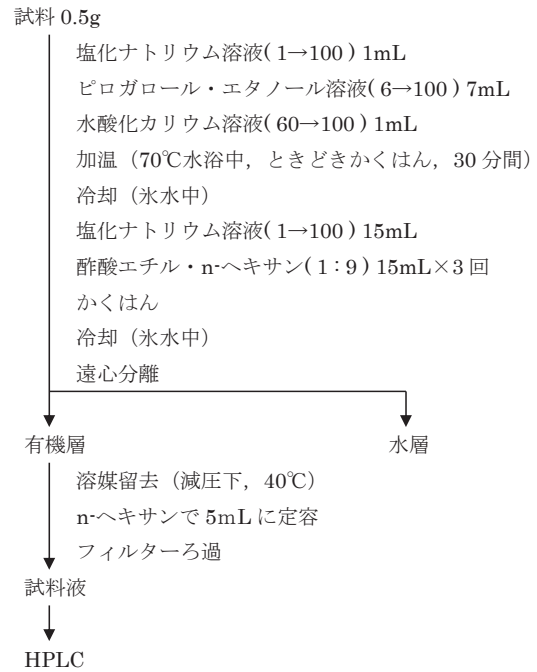


図1 トコフェロール分析試料の調製方法

表2 添加回収試験結果, 検出限界及び定量限界

添加物名	添加量 (μg/g)	回収率 (%) n=3							検出限界* (μg/g)	定量限界* (μg/g)
		1群	2群	3群	4群	5群	6群	7群		
α-トコフェロール	100.0	78.6	84.7	86.0	84.9	87.0	86.2	88.9	0.16	0.81
β-トコフェロール	100.0	75.8	94.5	86.6	101.6	79.6	99.2	103.0	0.52	2.58
γ-トコフェロール	100.0	76.1	75.1	98.0	102.7	107.2	73.3	93.0	0.48	2.41
δ-トコフェロール	100.0	80.5	100.7	97.5	100.1	113.8	107.6	103.8	0.32	1.62

* 1群の検出限界及び定量限界はこれらの値の1/2

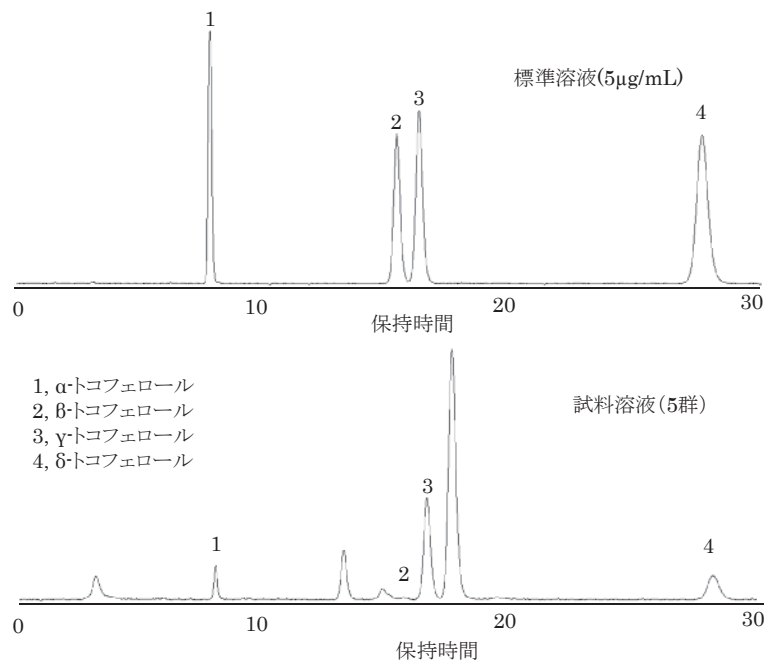


図2 トコフェロールのHPLCクロマトグラム

4 分析法の検出下限値及び定量下限値の求め方

試料の検出下限値及び定量下限値は、JISのHPLC通則法〔5〕に従って得られた分析機器の検出下限を基に算出した。

5 添加回収試験

送付された混合群試料（1～7群；国立医薬品食品衛生研究所で調製）に α -、 β -、 γ -及び δ -トコフェロールをそれぞれ試料中に100 μ g/gとなるように添加した。各食品群を3回繰り返して測定し、その平均値を回収率とした。

結果及び考察

1 添加回収試験および検出下限、定量下限

α -、 β -、 γ -及び δ -トコフェロールそれぞれの添加回収試験の測定結果及び検出限界、定量限界を表2に、トコフェロールのHPLCクロマトグラムを図2に示した。すべての食品群、トコフェロール同族体について、添加回収率70%以上で良好な結果が得られた。

2 摂取量調査結果

各機関が調製した混合群試料を分析して得られた混合群試料の機関別・食品群別トコフェロール含有量を表

表3 α -トコフェロールの群別試料定量結果 (μ g/g)

機関名	食品群						
	1 調味嗜好飲料	2 穀類	3 いも類・豆類・種実類	4 魚介類・肉類・卵類	5 油脂類・乳類	6 砂糖類・菓子類	7 果実類・野菜類・海藻類
札幌市	0.576	4.379	12.437	16.704	28.473	18.575	4.252
仙台市	0.647	4.714	10.170	19.003	32.021	16.570	4.348
東京都	ND	4.407	11.587	13.958	18.358	18.817	3.504
香川県	ND	4.313	8.439	10.409	24.585	17.676	2.817
長崎市	0.513	4.140	1.303	6.248	23.614	22.377	1.136
沖縄県	ND	1.326	9.964	10.283	32.974	16.444	2.278
平均値	0.289	3.880	8.983	12.768	26.671	18.410	3.056

ND：定量限界未滿

n = 3

表4 β -トコフェロールの群別試料定量結果 (μ g/g)

機関名	食品群						
	1 調味嗜好飲料	2 穀類	3 いも類・豆類・種実類	4 魚介類・肉類・卵類	5 油脂類・乳類	6 砂糖類・菓子類	7 果実類・野菜類・海藻類
札幌市	ND	ND	3.148	ND	3.050	3.164	ND
仙台市	ND	ND	2.889	ND	4.786	3.143	ND
東京都	ND	ND	3.541	ND	ND	4.048	ND
香川県	ND	ND	ND	ND	ND	3.515	ND
長崎市	ND	ND	ND	ND	ND	3.480	ND
沖縄県	ND	ND	ND	ND	7.511	2.951	ND
平均値	ND	ND	1.596	ND	2.558	3.383	ND

ND：定量限界未滿

n = 3

表5 γ -トコフェロールの群別試料定量結果 (μ g/g)

機関名	食品群						
	1 調味嗜好飲料	2 穀類	3 いも類・豆類・種実類	4 魚介類・肉類・卵類	5 油脂類・乳類	6 砂糖類・菓子類	7 果実類・野菜類・海藻類
札幌市	ND	5.560	45.023	11.068	64.651	18.468	3.308
仙台市	ND	6.118	28.534	15.332	93.598	14.693	3.146
東京都	ND	5.917	40.118	6.768	42.429	17.236	3.063
香川県	ND	4.681	29.852	6.771	82.092	15.369	3.207
長崎市	ND	5.781	10.376	8.097	42.809	14.843	3.223
沖縄県	ND	3.287	33.612	9.450	56.824	15.408	3.029
平均値	ND	5.224	31.252	9.581	63.734	16.003	3.162

ND：定量限界未滿

n = 3

表6 δ -トコフェロールの群別試料定量結果 ($\mu\text{g/g}$)

機関名	食品群						
	1 調味嗜好飲料	2 穀類	3 いも類・豆類・種実類	4 魚介類・肉類・卵類	5 油脂類・乳類	6 砂糖類・菓子類	7 果実類・野菜類・海藻類
札幌市	ND	ND	20.195	2.532	10.842	6.181	ND
仙台市	ND	1.982	12.011	3.654	25.047	3.889	ND
東京都	ND	2.924	15.773	2.280	13.911	5.537	ND
香川県	ND	2.013	14.147	4.482	24.562	5.741	ND
長崎市	ND	3.274	5.249	3.276	3.998	6.913	ND
沖縄県	ND	ND	14.049	3.134	5.838	4.508	ND
平均値	ND	1.699	13.571	3.226	14.033	5.461	ND

ND: 定量限界未満

n = 3

3, 4, 5, 6に示した.

β -トコフェロールは1群, 2群, 4群及び7群, γ -トコフェロールは1群, δ -トコフェロールは1群及び7群のすべての試料で定量限界未満であった. 混合群試料の分析結果から求めたトコフェロールの平均一日総摂

取量は, α -トコフェロールが 4.641mg , β -トコフェロールが 0.462mg , γ -トコフェロールが 9.513mg , δ -トコフェロールが 3.154mg であった(表7, 8, 9, 10).

JECFA (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives) ではトコフェロールについて, *dl*- α -及

表7 混合群の機関別・食品群別 α -トコフェロール一日摂取量 (mg/day)

(20歳以上)

機関名	食品群							総摂取量
	1群	2群	3群	4群	5群	6群	7群	
札幌市	0.407	0.527	1.580	0.725	1.762	0.555	0.103	5.659
仙台市	0.457	0.567	1.292	0.825	1.982	0.495	0.105	5.723
東京都	0.000	0.530	1.472	0.606	1.136	0.563	0.085	4.391
香川県	0.000	0.519	1.072	0.452	1.522	0.529	0.068	4.161
長崎市	0.362	0.498	0.165	0.271	1.462	0.669	0.027	3.455
沖縄県	0.000	0.160	1.265	0.446	2.041	0.492	0.055	4.459
平均値	0.204	0.467	1.141	0.554	1.651	0.550	0.074	4.641

表8 混合群の機関別・食品群別 β -トコフェロール一日摂取量 (mg/day)

(20歳以上)

機関名	食品群							総摂取量
	1群	2群	3群	4群	5群	6群	7群	
札幌市	0.000	0.000	0.400	0.000	0.189	0.095	0.000	0.683
仙台市	0.000	0.000	0.367	0.000	0.296	0.094	0.000	0.757
東京都	0.000	0.000	0.450	0.000	0.000	0.121	0.000	0.571
香川県	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.105	0.000	0.105
長崎市	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.104	0.000	0.104
沖縄県	0.000	0.000	0.000	0.000	0.465	0.088	0.000	0.553
平均値	0.000	0.000	0.203	0.000	0.158	0.101	0.000	0.462

表9 混合群の機関別・食品群別 γ -トコフェロール一日摂取量 (mg/day)

(20歳以上)

機関名	食品群							総摂取量
	1群	2群	3群	4群	5群	6群	7群	
札幌市	0.000	0.669	5.718	0.480	4.002	0.552	0.080	11.501
仙台市	0.000	0.736	3.624	0.665	5.794	0.439	0.076	11.334
東京都	0.000	0.712	5.095	0.294	2.626	0.515	0.074	9.316
香川県	0.000	0.563	3.791	0.294	5.082	0.460	0.078	10.267
長崎市	0.000	0.695	1.318	0.351	2.650	0.444	0.078	5.536
沖縄県	0.000	0.395	4.269	0.410	3.517	0.461	0.073	9.126
平均値	0.000	0.628	3.969	0.416	3.945	0.478	0.077	9.513

表10 混合群の機関別・食品群別 δ -トコフェロール一日摂取量 (mg/day)

機関名	食品群							総摂取量
	1群	2群	3群	4群	5群	6群	7群	
札幌市	0.000	0.000	2.565	0.110	0.671	0.185	0.000	3.531
仙台市	0.000	0.238	1.525	0.159	1.646	0.123	0.000	3.691
東京都	0.000	0.352	2.003	0.099	0.914	0.175	0.000	3.543
香川県	0.000	0.242	1.797	0.195	1.614	0.181	0.000	4.029
長崎市	0.000	0.394	0.667	0.142	0.263	0.218	0.000	1.684
沖縄県	0.000	0.000	1.784	0.136	0.384	0.142	0.000	2.446
平均値	0.000	0.204	1.723	0.140	0.915	0.171	0.000	3.154

び d - a -濃縮物のグループADIを0.15~2 mg/kg bw, ミックストコフェロール (a -, β -, γ -及び δ -を含む)のADIを0~2 mg/kg bwと設定している [6]. 今回の調査結果から, 体重を50kgとして算出した体重1 kg当たりの1日摂取量は, a -トコフェロールでは0.0928mg/kg bw (1日摂取量4.641mg/dayから換算)と算出され, ADIの4.6%であった. また a -, β -, γ -及び δ -トコフェロールの一日摂取量を合計した総トコフェロールでは, 0.3554mg/kg bw (1日摂取量17.77mg/dayから換算)と算出され, この値をミックストコフェロールのADIを用いて評価すると, ADIの17.8%であった. 平成20年度に行われたトコフェロールの一日摂取量調査について宮川らの報告 [7]によると, トコフェロールの一日摂取量は a -, β -, γ -及び δ -トコフェロールでそれぞれ4.124, 0.314, 10.197及び2.557mg/dayであり, 今回の調査結果のそれぞれ4.641, 0.462, 9.513及び3.154mg/dayと比較的近い値であった.

ま と め

マーケットバスケット方式による加工食品中の食品添加物の一日摂取量調査を行った. 平成29年度は, 酸化防止剤のトコフェロールの調査を実施した. 調査した a -, β -, γ -及び δ -トコフェロールそれぞれの一日総摂取量平均値 (20歳以上) は4.641, 0.462, 9.513及び3.154mg

/dayであった. 4種のトコフェロール摂取量合計値はADIに基づく一日許容摂取量 [6] (体重50kgに換算)を大きく下回っていた.

本調査は平成29年度厚生労働科学研究補助金, 食品・添加物等規格基準に関する試験検査等の実施 (食品添加物一日摂取量調査)に関する研究の一環として行った.

文 献

- [1] 細貝祐太郎, 松本昌雄監修: 食品安全性セミナー 2 食品添加物, 中央法規
- [2] 厚生省告示第370号食品、添加物等の規格基準
- [3] 厚生省告示第120号既存添加物名簿
- [4] 厚生労働省監修: 食品衛生検査指針・食品添加物編2003, 71-78, 2003
- [5] 日本規格協会: 高速液体クロマトグラフィー通則 JISK0124, 1983年制定・2011年改訂.
- [6] Evaluations of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA), <http://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/search.aspx> (2018年8月30日現在)
- [7] 宮川弘之, 他: 東京都健康安全研究センター研究年報, 61, 239-247, 2010.