

## 국내 농산가공식품의 비타민 E 함량 분석

- 연구노트 -

박예지<sup>1</sup> · 성지혜<sup>1</sup> · 최용민<sup>2</sup> · 김영화<sup>3</sup> · 김명희<sup>4</sup> · 정현상<sup>1</sup> · 이준수<sup>1</sup>

<sup>1</sup>충북대학교 식품생명공학과, <sup>2</sup>농촌진흥청 농식품지원부  
<sup>3</sup>경성대학교 식품응용공학부, <sup>4</sup>영남대학교 식품공학과

### Analysis of Vitamin E in Agricultural Processed Foods in Korea

Yeaji Park<sup>1</sup>, Jeehye Sung<sup>1</sup>, Youngmin Choi<sup>2</sup>, Youngwha Kim<sup>3</sup>,  
Myunghye Kim<sup>4</sup>, Heon Sang Jeong<sup>1</sup>, and Junsoo Lee<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Food Science and Biotechnology, Chungbuk National University

<sup>2</sup>Department of Agrofood Resources, Rural Development Administration

<sup>3</sup>School of Food Biotechnology and Nutrition, Kyungsoo University

<sup>4</sup>Department Food Science and Technology, Yeungnam University

**ABSTRACT** Accurate food composition data are essential for calculation of nutrient intake of a population based on its consumption statistics. In the Korean food composition database, there is a lack of reliable analytical data for tocopherols and tocotrienols. Therefore, this study was conducted to provide information on contents on vitamin E in agricultural processed foods in Korea. Tocopherols and tocotrienols were determined by the saponification extraction method followed by high performance liquid chromatography. Analytical method validation parameters were calculated to ensure the method's validity. Samples were obtained in the years of 2013 and 2014 from the Rural Development Administration. The samples included 34 grains and grain products, 14 snacks, 25 fruits, 5 oils, and 11 sources and spices. All vitamin E isomers were quantitated, and the results were expressed as  $\alpha$ -tocopherol equivalent ( $\alpha$ -TE).  $\alpha$ -TE values of cereal and cereal products, snacks, fruits, oils and sauces and spices ranged from 0.03 to 17.53, 1.01 to 12.84, 0.01 to 1.52, 1.09 to 8.15, and 0.01 to 27.53  $\alpha$ -TE/100 g, respectively. Accuracy was close to 100% (n=3). Repeatability and reproducibility were 2.04% and 4.69%, respectively. Our study provides reliable data on the tocopherol and tocotrienol contents of agricultural and processed foods in Korea.

**Key words:** vitamin E, analysis, HPLC, food composition database

## 서 론

비타민 E는 토코페롤과 토코트리엔올을 총칭하는 지용성 비타민으로 각기 메틸기가 붙은 위치와 수에 따라  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -,  $\delta$ - 토코페롤 또는 토코트리엔올이라고 명명하며 토코페롤과 토코트리엔올은 side chain의 이중결합 여부에 따라 구별한다(1). 이들 8개의 isomer는 각각 그 생리활성 정도가 다르다고 보고되어 있다(2). 비타민 E는 쌀이나 밀 등의 곡물배아와 식물성 기름에 많이 함유되어 있으며, 동물성 식품에는 비교적 적게 들어 있다. 특히  $\beta$ -토코페롤은 곡류에서 소량 발견되며 식물성 유지에서는 거의 발견되지 않고 토코트리엔올은 야자열매와 같은 특정식물이나 곡류의 겨와 배아 부위에 존재한다(3-5). 비타민 E는 세포막에 존재하면서 지방산의 과산화 작용이 진전되는 것을 막는 항산화

제로 작용하며, 암을 예방하고 혈중 콜레스테롤을 저하하는 등 심혈관계 질환과 같은 만성적인 질환을 예방한다고 보고되어 있다(6).  $\alpha$ -토코페롤은 혈액이나 세포막에 함유된 비타민 E의 90% 이상을 차지하며, 체내에서 가장 우수한 생리활성을 보인다. 따라서 대부분의 비타민 E에 대한 연구가  $\alpha$ -토코페롤에 대한 연구로 집중되어  $\alpha$ -토코페롤의 기능이 비타민 E의 기능을 대변하는 것으로 인식되기 쉽다. 그러나 염증 조절 및 여러 가지 생화학적 기능과 질병 예방 측면에서는 다른 형태의 토코페롤과 토코트리엔올의 효능이  $\alpha$ -토코페롤에 비견할 만하거나 더 우수한 것으로 보고되어 있어 이들의 연구 역시 중요시되고 있다(7).

식품 내의 비타민 E 분석방법은 여러 가지가 있으나 최근에는 비타민 E의 8가지 동족체를 모두 분석할 수 있는 HPLC 방법이 가장 많이 이용되고 있으며(8,9), 추출방법은 검화(saponification), 효소적 가수분해(enzymatic hydrolysis), 직접용매추출법(direct solvent extraction), Soxhlet 추출법 등이 다양하게 이용되고 있다(10). 가장 일반적인 추출방법인 검화방법은 알칼리 가수분해를 통해 트리글리세라이

Received 15 January 2016; Accepted 21 April 2016

Corresponding author: Junsoo Lee, Department of Food Science and Biotechnology, College of Agriculture, Chungbuk National University, Cheongju, Chungbuk 28644, Korea  
E-mail: junsoo@chungbuk.ac.kr, Phone: +82-43-261-2566

드(triglycerides), 인지질(phospholipids) 및 스테롤(sterols)의 ester 결합을 분리하여 비타민 E의 추출을 용이하게 한다(11). 국내 식품성분표(12)에는 총 2,505종의 식품 영양소 분석 데이터가 존재하며, 그중 37.9%인 949종의 식품에 대해서만 비타민 E의 함량이 표시되어 있다. 또한 많은 부분이 미국이나 일본 등의 외국데이터를 인용한 자료이므로 국민 건강 증진을 위한 기초자료로 활용하기 위해 추가적인 연구가 필요하다(13). 따라서 본 연구에서는 곡류 및 곡류가공품류 34종, 과자류 14종, 과일류 25종, 유지방류 5종, 소스 및 향신료류 11종에 대하여 토코페롤과 토코트리에놀의 함량을 분석하였으며 분석방법의 검증과정을 통하여 분석 데이터의 신뢰도를 확보하여 국내 농산가공식품에 대한 비타민 E 함량의 기초자료를 제공하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 재료 및 시약

국내에서 소비되고 있는 곡류 및 곡류가공품류 34종, 과자류 14종, 과일류 25종, 유지방류 5종, 소스 및 향신료류 11종을 2013년과 2014년에 농촌진흥청으로부터 제공받았으며, 분석품질관리에 사용된 분유는 청주지역의 대형마트에서 구입하였다. 모든 시료는  $-18^{\circ}\text{C}$ 의 냉동 조건에서 저장하였다. 표준용액으로 사용되는 토코페롤과 토코트리에놀은 Merck(Darmstadt, Germany)로부터 구입하여 사용하였다. 무수  $\text{MgSO}_4$ 는 Junsei(Tokyo, Japan)로부터 구입하였으며, KOH와 NaCl은 Samchun(Pyeongtaek, Korea)에서 구입하여 사용하였다. 분석에 사용된 유기용매 *n*-hexane, isopropanol, ethyl acetate는 Burdick & Jackson Co. (Muskegon, MI, USA)로부터 HPLC 등급을 구입하여 사용하였다.

### 검화

시료 약 2~5 g을 취하여 6% pyrogallol을 함유한 에탄올 20 mL를 가한 후 10분간 sonication 시킨 다음에 약 7~8 mL의 60% KOH를 가하여 1분간 질소가스로 충전하여 냉각관을 연결하였다. 이를  $70^{\circ}\text{C}$  수욕 상에서 50분 동안 검화시킨 후 2% NaCl 수용액 20 mL를 가하여 잘 혼합하였다. 추출용매(hexane : ethyl acetate=85:15, v/v, 0.01% BHT 함유) 25 mL를 시료 추출액에 가하여 3회 반복 추출하였으며 추출액은 무수  $\text{MgSO}_4$ 를 통하여 추출액의 수분을 제거하고 최종 50 mL로 정용하였다. 이 추출액 2 mL를 취하여 질소하에 용매를 제거한 후 시험액의 농도에 따라 일정량의 hexane에 재용해한 다음 0.45  $\mu\text{m}$  PTFE membrane filter (Whatman, Clifton, NJ, USA)로 여과하고 HPLC를 이용하여 분석하였다(14).

### 기기 및 분석조건

분석에 이용된 HPLC는 solvent delivery pump(PU-

2089, Jasco Corporation, Tokyo, Japan)와 형광검출기(FP-2020, Jasco Corporation)를 이용하였으며, 분석 칼럼은 Merck로부터 LiChrospher Diol 100 column(5  $\mu\text{m}$ ,  $4.6 \times 125$  mm)을 구입하여 사용하였다. 칼럼의 온도는 column oven(CO-2060, Jasco Corporation)을 이용하여  $25^{\circ}\text{C}$ 로 유지하였다. 이동상으로는 1.1% isopropanol을 함유한 *n*-hexane을 0.45  $\mu\text{m}$  필터로 여과하여 사용하였다. 형광검출기의 파장은 excitation 파장 290 nm, emission 파장 320 nm를 이용하였으며, 유속은 1.0 mL/min이고 시료의 1회 주입량은 20  $\mu\text{L}$ 였다.

### 분석방법의 검증

본 연구에서 이용된 분석방법을 검증하기 위하여 직선성(linearity), 정확성(accuracy), 반복성(repeatability) 및 재현성(reproducibility)을 측정하였다. 직선성은 단계적으로 희석한 표준물질을 HPLC로 분석하여 표준용액의 피크 면적과 농도를 변수로 검량선을 작성하고 검량선의 상관관계수( $R^2$ ) 값을 이용하여 확인하였다. 정확성을 평가하기 위해 미국국립표준기술소(National Institute of Standards and Technology, NIST)와 유럽공동연구개발센터(Joint Research Centre, JRC)에 인증값이 제시된 표준참고물질 SRM 1849a(Infant/Adult Nutritional Formula)와 ERM BD600(whole milk powder)을 사용하였다. 또한 분석법의 반복성과 재현성을 평가하기 위하여 각각 하루 5반복, 5일간 동일한 실험을 진행하였다(15,16). 시판되는 실험실 내 분석관리물질인 분유 시료를 20회 이상 분석하여 상대표준편차가 5% 이내에 들어가는 20개 분석치를 얻고 이것을 기준으로 하여 관리 상·하한선의 기준을 설정하였다. 분석관리차트의 기준값 설정 이후 검체를 분석할 때마다 분석관리 시료를 함께 분석하여 분석의 품질을 관리하였다(16).

### $\alpha$ -Tocopherol equivalent( $\alpha$ -TE) 계산식

$\alpha$ -TE를 구하는 식은 다음과 같으며  $\gamma$ -tocotrienol과  $\delta$ -tocotrienol은 생리활성이 아직 밝혀지지 않아 포함하지 않았다(11). 여기서 T는 토코페롤, T3는 토코트리에놀을 뜻한다.

$$\alpha\text{-TE} = (\alpha\text{-T 함량 mg/100 g} \times 1.0) + (\beta\text{-T 함량 mg/100 g} \times 0.5) + (\gamma\text{-T 함량 mg/100 g} \times 0.1) + (\delta\text{-T 함량 mg/100 g} \times 0.01) + (\alpha\text{-T3 함량 mg/100 g} \times 0.3) + (\beta\text{-T3 함량 mg/100 g} \times 0.05)$$

## 결과 및 고찰

### 곡류의 비타민 E 함량

곡류 및 곡류가공품은 검화방법으로 추출하여 HPLC로 분석하였으며 분석시료 총 34종의 결과를 Table 1에 나타내었다. 곡류 내  $\alpha$ -TE의 범위는 0.03~17.53  $\alpha$ -TE/100 g 이었다. 곡류 및 그 가공품 중에서는 쌀이 첨가된 시리얼이

**Table 1.** The contents of tocopherols and tocotrienols in grains and grain products (mg/100 g)

Cereals & cereal products	$\alpha$ -T	$\beta$ -T	$\gamma$ -T	$\delta$ -T	$\alpha$ -T3	$\beta$ -T3	$\gamma$ -T3	$\delta$ -T3	Total	$\alpha$ -TE <sup>1)</sup>
Noodle (wheat, raw)	0.04	— <sup>2)</sup>	—	—	—	0.15	—	—	0.19	0.05
Noodle (buckwheat, dried)	0.06	0.07	0.08	—	0.01	0.20	1.73	—	2.14	0.11
Buckwheat flour (powder)	0.27	0.02	4.74	0.30	—	—	—	—	5.34	0.76
Buckwheat starch (powder)	0.10	—	3.11	0.20	—	—	—	—	3.40	0.41
Noodle (buckwheat)	0.15	0.06	—	—	0.03	0.29	—	—	0.53	0.20
Buckwheat (jelly)	0.02	—	0.14	—	—	—	—	—	0.16	0.03
Buckwheat (grain)	0.15	—	4.72	0.30	—	—	—	—	5.16	0.62
Millet (dried)	0.72	—	3.45	0.19	0.06	—	—	—	4.42	1.09
Rice cake (songpyeon, domestic)	0.17	—	0.29	0.39	0.01	—	0.10	—	0.95	0.20
Rice cake (songpyeon, imported)	0.12	—	0.47	0.56	0.01	—	0.12	—	1.29	0.17
Bread (wheat)	0.45	0.08	0.08	—	0.51	0.60	0.44	0.11	2.27	0.68
Wheat flour (12% protein)	0.22	0.10	—	—	0.09	—	—	—	0.42	0.30
Wheat flour (8% protein)	0.23	—	—	—	0.08	—	—	—	0.31	0.26
Wheat flour (9% protein)	0.33	0.30	—	—	0.09	—	—	—	0.72	0.51
Flour mix (seasoned powder, pan-fry)	0.24	0.16	—	—	0.09	—	—	—	0.49	0.35
Bread crumbs	0.27	—	—	—	0.12	0.79	—	—	1.17	0.34
Breading mix (seasoned powder, frying)	0.18	0.10	—	—	0.07	0.71	—	—	1.05	0.29
Mixed grain (30% barley, 29% rice, 18% brown rice, powder)	0.33	—	1.18	0.55	1.51	0.09	0.25	—	3.90	0.91
Barley (geotbori, dehulled, pressed)	0.29	—	0.12	—	0.53	0.13	0.39	—	1.46	0.47
Barley (geotbori, dehulled, split)	0.30	—	0.09	—	0.88	0.19	0.53	—	1.99	0.58
Barley (saalbori, whole)	0.38	0.03	0.10	0.01	1.04	0.35	0.47	0.08	2.46	0.74
Barley (chalbory, polished)	0.44	0.03	0.15	0.02	1.31	0.19	0.57	0.01	2.71	0.87
Barley (chalbory, whole)	0.72	0.01	0.27	—	2.12	0.22	1.08	—	4.42	1.40
Barley flour (polished grain)	0.23	—	0.10	—	1.29	0.33	0.43	0.10	2.47	0.65
Barley flour (whole grain)	0.62	—	0.36	0.04	1.35	—	0.69	—	3.06	1.06
Noodle (wheat, dry)	0.04	0.08	—	—	—	0.51	—	—	0.64	0.11
Cereals ready-to-eat (corn, plain)	4.51	0.04	2.39	0.72	0.10	—	0.17	—	7.93	4.80
Cereals ready-to-eat (corn, with fruit)	5.50	0.07	4.39	1.32	0.14	0.05	0.15	—	11.61	6.03
Cereals ready-to-eat (rice)	15.61	0.35	16.67	5.02	—	0.62	—	—	38.27	17.53
Cereals ready-to-eat (corn, with almond)	7.59	—	7.37	2.26	0.15	—	0.18	—	17.54	8.39
Cereals ready-to-eat (corn, with chocolate)	12.81	0.11	0.19	—	0.25	0.46	0.17	—	13.99	12.98
Cereals ready-to-eat (corn, with coconut)	8.03	—	0.46	0.15	0.39	0.07	0.36	—	9.45	8.19
Cereals ready-to-eat (corn, with brown rice)	8.17	—	7.46	2.24	0.44	—	0.53	—	18.85	9.07
Corn flour	0.08	—	0.15	—	0.28	—	0.85	—	1.36	0.18

<sup>1)</sup> $\alpha$ -Tocopherol equivalent. <sup>2)</sup>Not detected.

17.53  $\alpha$ -TE/100 g으로 가장 높은 값을 나타내었다. 메밀 및 메밀가공품보다는 밀, 보리 및 그 가공품의  $\alpha$ -토코페롤 함량이 높았고 밀과 보리는  $\alpha$ -토코페롤의 함량은 비슷했지만  $\alpha$ -TE는 보리에서 더 높은 경향을 보였다. 식품성분표(11)에 의하면 강력분, 중력분, 박력분 밀가루의  $\alpha$ -토코페롤 함량은 유사하게 0.3 mg/100 g이고, 보리의 함량은 0.6 mg/100 g으로 보고되어 있으며, Lee 등(17)의 연구에 따르면 밀가루와 보리는 각각 0.17, 0.24 mg/100 g의  $\alpha$ -토코페롤 함량이 보고되어 있다. 선행 연구의 결과는 본 연구의 밀가루  $\alpha$ -토코페롤의 함량과 유사한 값을 나타내었다. 반면 보리의 경우 본 연구 결과와 상이한 값을 보였는데 이는 보리의 종류와 수집지역에 따라 함량 차이를 보인 것으로 생각한다(11). 보리와 시리얼에는 토코트리에놀의 함량이 비교적 높았는데, 토코트리에놀은 콜레스테롤 합성 과정의 중요한 효소인  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylglutaryl coenzyme A reductase의 활성을 억제한다고 보고되어 있고 뿐만 아니라 신경보호, 혈압 조절, 심혈관계 질환 예방, 항산화 등의

효과가 존재하는 것으로 알려졌다(18).

### 과자류의 비타민 E 함량

과자류는 검화방법으로 추출하여 HPLC로 분석하였으며 분석시료 총 14종의 결과를 Table 2에 나타내었다. 과자류 내  $\alpha$ -TE의 범위는 0.34~12.84  $\alpha$ -TE/100 g이었다. 과자류 중에서는 땅콩 크래커가 12.84  $\alpha$ -TE/100 g으로 가장 높은 값을 나타내고 감자칩과 옥수수칩도 비교적 높은  $\alpha$ -TE 값을 보였다. Bunnell 등(19)의 연구 결과에서 감자칩의  $\alpha$ -토코페롤 함량은 6.4 mg/100 g이었으며, Piironen 등(20)의 연구 결과에서는 팝콘의  $\alpha$ -토코페롤 함량이 0.35 mg/100 g으로 본 연구 결과와 유사한 값을 나타내었다. 또한 과자류는 전반적으로 USDA(21)의 비타민 E 함량 데이터와 유사한 값을 나타내었다.

### 과일류의 비타민 E 함량

과일류는 검화방법으로 추출하여 HPLC로 분석하였으며

**Table 2.** The contents of tocopherols and tocotrienols in snacks

(mg/100 g)

Snacks	$\alpha$ -T	$\beta$ -T	$\gamma$ -T	$\delta$ -T	$\alpha$ -T3	$\beta$ -T3	$\gamma$ -T3	$\delta$ -T3	Total	$\alpha$ -TE <sup>1)</sup>
Hardtack	1.26	0.53	0.16	— <sup>2)</sup>	0.53	1.16	0.71	0.38	4.73	1.76
Cookies (peanut, almond)	2.00	0.12	1.36	0.12	0.48	0.45	0.63	0.18	5.35	2.36
Snacks (potato chips, plain, salted)	7.87	0.37	3.14	1.28	1.58	0.15	2.17	0.61	17.17	8.86
Snacks (shrimp chips, salted)	3.21	0.24	2.09	0.62	1.66	1.05	7.60	0.32	16.79	4.10
Snacks (corn chips, salted)	7.65	0.34	0.58	—	2.19	—	2.52	0.87	14.15	8.54
Snacks (popcorn, microwave)	0.93	—	1.75	0.14	0.51	—	0.51	—	3.84	1.26
Snacks (banana chips, dried)	0.33	—	—	—	0.06	—	—	—	0.39	0.34
Cookies (with peanut)	1.97	0.17	0.42	0.06	1.12	0.88	1.67	0.53	6.81	2.48
Cookies (with butter)	2.23	0.20	0.33	0.06	1.32	0.57	2.57	0.45	7.72	2.79
Cookies (with chocolate chip)	1.06	0.15	0.21	—	0.64	0.62	0.82	0.23	3.73	1.38
Crackers (with peanut)	12.25	0.22	1.11	0.19	1.11	0.84	1.46	—	17.17	12.84
Crackers (with vegetable)	1.82	0.23	0.23	0.06	1.27	1.21	1.59	0.40	6.81	2.40
Cookies (with apple jam)	0.77	0.07	0.92	0.24	0.32	0.28	0.71	0.25	3.55	1.01
Pie (with chocolate)	1.39	0.12	0.27	—	0.73	0.51	1.30	0.37	4.69	1.72

<sup>1)</sup> $\alpha$ -Tocopherol equivalent. <sup>2)</sup>Not detected.

분석시료 총 25종의 결과를 Table 3에 나타내었다. 과일류 내  $\alpha$ -TE의 범위는 0.01~1.52  $\alpha$ -TE/100 g이었다. 과일류 중에서는 골드키위가 1.52  $\alpha$ -TE/100 g으로 가장 높았으며 배가 0.01  $\alpha$ -TE/100 g으로 가장 낮았다. Chun 등(22)의 연구에 의하면 과일류의  $\alpha$ -토코페롤의 함량 범위는 0.00~4.70 mg/100 g이었으며 가장 높은 값은 토마토로 4.70 mg/100 g으로 보고되었다. 또한 바나나, 딸기, 파인애플은 각각

0.10, 0.30, 0.02 mg/100 g으로 본 연구와 유사한 값을 나타내었다. 과일류는 토코트리엔올이 거의 존재하지 않았으며  $\alpha$ -TE 값도 전반적으로 다른 식품군에 비해 낮은 경향을 보였다. 그러나 식생활이 다양해지고 식품의 소비방식이 간편화되면서 과일류의 소비가 증가하고 있어 과일류를 통한 비타민 E의 실질적인 섭취량은 증가할 것으로 생각한다.

**Table 3.** The contents of tocopherols and tocotrienols in fruits

(mg/100 g)

Fruits	$\alpha$ -T	$\beta$ -T	$\gamma$ -T	$\delta$ -T	$\alpha$ -T3	$\beta$ -T3	$\gamma$ -T3	$\delta$ -T3	Total	$\alpha$ -TE <sup>1)</sup>
Apples (raw)	0.10	— <sup>2)</sup>	—	—	—	—	—	—	0.10	0.10
Apples (raw, with skin)	0.06	—	—	—	—	—	—	—	0.06	0.06
Apricots (raw, with skin)	0.12	0.03	0.03	—	—	—	—	—	0.18	0.13
Bananas (raw)	0.14	—	—	—	—	—	—	—	0.14	0.14
Blueberries (raw)	0.72	—	0.38	—	—	—	0.06	—	1.16	0.76
Figs (raw)	0.19	—	0.06	0.01	—	—	—	—	0.26	0.19
Grapes (campbell early, raw, without skin and seeds)	0.04	—	0.10	—	—	—	—	—	0.14	0.05
Grapes (campbell early, raw, with skin and seeds)	0.38	—	0.61	—	—	—	—	—	0.99	0.44
Grapes (himrod seedless, raw, without skin)	0.02	—	0.12	—	—	—	—	—	0.15	0.04
Grapes (himrod seedless, raw, with skin)	0.12	—	0.24	—	—	—	—	—	0.36	0.15
Grapes (kyoho, way, without skin)	0.26	—	—	—	—	—	—	—	0.26	0.26
Grapes (kyoho, way, with skin)	0.28	—	0.12	—	—	—	—	—	0.40	0.30
Raisin (dried)	0.28	—	0.05	—	—	—	—	—	0.32	0.28
Papaya (raw, green)	0.03	—	0.09	—	—	—	—	—	0.13	0.04
Mandarine (raw)	0.17	—	—	—	—	—	—	—	0.17	0.17
Jujube (dried)	0.27	—	0.03	—	—	—	0.09	—	0.39	0.27
Jujube (raw)	0.05	—	—	—	—	—	—	—	0.05	0.05
Kiwifruit (raw, gold)	1.52	—	—	—	—	—	0.05	—	1.57	1.52
Kiwifruit (raw, green)	1.04	—	0.05	—	—	—	0.17	—	1.26	1.04
Kumquat (raw, with skin)	1.17	0.15	—	—	—	—	—	—	1.31	1.24
Mangos (raw)	0.34	0.04	—	—	0.01	—	—	—	0.39	0.36
Papaya (raw, 100% ripe)	0.20	—	0.28	—	—	—	—	—	0.48	0.23
Asian pear (raw, without skin)	0.01	—	0.01	—	—	—	—	—	0.02	0.01
Strawberry (seolhyang, raw)	0.28	—	0.07	—	—	—	—	—	0.34	0.28
Watermelon (raw)	0.04	—	—	—	—	—	—	—	0.04	0.04

<sup>1)</sup> $\alpha$ -Tocopherol equivalent. <sup>2)</sup>Not detected.

**Table 4.** The contents of tocopherols and tocotrienols in oils (mg/100 g)

Oils	$\alpha$ -T	$\beta$ -T	$\gamma$ -T	$\delta$ -T	$\alpha$ -T3	$\beta$ -T3	$\gamma$ -T3	$\delta$ -T3	Total	$\alpha$ -TE <sup>1)</sup>
Butter (salted)	1.06	— <sup>2)</sup>	0.09	—	0.04	—	—	—	1.19	1.09
Oil (corn)	2.82	0.05	5.68	0.10	0.20	—	0.18	—	9.02	3.47
Oil (hot pepper seed)	2.41	—	10.26	0.18	—	—	—	—	12.85	3.44
Oil (perilla seed)	2.19	—	59.57	—	—	—	—	—	61.76	8.15
Oil (sesame seed)	1.74	—	40.19	0.59	—	—	—	—	42.52	5.77

<sup>1)</sup> $\alpha$ -Tocopherol equivalent. <sup>2)</sup>Not detected.

### 유지류의 비타민 E 함량

유지류는 검화방법으로 추출하여 HPLC로 분석하였으며 분석시료 총 5종의 결과를 Table 4에 나타내었다. 유지류 내  $\alpha$ -TE의 범위는 1.09~8.15  $\alpha$ -TE/100 g이었다. 유지류 중에서는 들기름이 8.15  $\alpha$ -TE/100 g으로 가장 높은 분석치를 나타내었으며 참기름이 5.77  $\alpha$ -TE/100 g으로 비교적 높은 분석치를 보였다. Speek 등(23)의 연구에 따르면 참기름의 총 비타민 E의 함량은 평균 52.83 mg/100 g으로 보고되어 있는데 이 연구 결과는 본 연구의 참기름의 총 비타민 E 함량과 유사함을 보였다.  $\alpha$ -토코페롤의 함량은 옥수수기름이 가장 높았지만  $\alpha$ -TE는 들기름과 참기름이 더 높은 값을 나타내었다. 유지류에는 대체로 높은  $\gamma$ -토코페롤 함량을 나타내었는데,  $\gamma$ -토코페롤은 질병 유발 인자인 활성산소로부터 체내 세포를 보호해 암 발생을 막아주는 기능이 뛰어나다고 보고되어 있다(24,25). 유지류의 비타민 E 함량은 USDA (21)에 기재된 데이터와 차이를 보였는데, 이는 원재료의 재배 환경, 생산 지역, 품종에 따라 차이를 보이는 것으로 생각된다.

### 소스 및 향신료의 비타민 E 함량

소스 및 향신료는 검화방법으로 추출하여 HPLC로 분석하였으며 분석항목 총 11종의 결과를 Table 5에 나타내었다. 소스 및 향신료류 내  $\alpha$ -TE의 범위는 0.01~27.53  $\alpha$ -TE/100 g이었다. 소스 및 향신료류 중에서는 고춧가루가 27.53  $\alpha$ -TE/100 g으로 가장 높은 값을 나타내었다. 고춧가루 외에는  $\alpha$ -TE가 0.01~3.06  $\alpha$ -TE/100 g으로 낮은 경향

을 보였고 그중 굴 소스가 0.01 mg/100 g으로 가장 낮았다. Bunnell 등(19)의 연구에서 머스타드의  $\alpha$ -토코페롤 함량은 1.75 mg/100 g이었으며, 또한 USDA(21)에서 굴 소스, 시나몬가루의  $\alpha$ -토코페롤 함량은 각각 0.00, 2.32 mg/100 g으로 본 연구 결과와 유사한 값을 보였다. 소스 및 향신료의 비타민 E 함량에 관한 연구는 다른 식품군에 비하여 아직 미미한 실정이다.

### 분석방법의 검증 및 내부 분석품질관리

본 연구에서는 분석방법의 검증을 위하여 직선성, 정밀성 및 정확성을 측정하였다. 특이성을 확인하기 위해 표준용액과 분유의 크로마토그램을 비교하여  $\alpha$ -토코페롤의 피크가 분리되는지 확인한 결과 다른 물질의 간섭 없이 분리됨을 확인하였다(Fig. 1). 표준물질의 경우  $\alpha$ -토코페롤의 피크가 7.118분에 검출되었으며 분유의 경우 7.120분에 피크가 검출되었다. 검량선의 상관계수( $R^2$ )는 8종류의 동족체 모두 0.990 이상으로 우수한 직선성을 보였다. 표준참고물질 SRM 1849a(Infant/Adult Nutritional Formula), ERM BD600 (whole milk powder)을 사용하여 분석방법의 정확성을 측정하였다. 정확성은 회수율을 이용하여 검증하였으며, 그 값은 SRM 1849a, ERM BD600 모두 제시된 참고값과 비교할 때 회수율이 각각 99.99%, 90.70%로 90% 이상의 정확성을 보였다(Table 6). 정밀성은 반복성과 재현성을 이용하여 검증하였으며 분유를 시료로 하여 분석하였다. 반복성과 재현성은 변동계수(coefficient variation, CV) 값이 각각 2.04%, 4.69%로 우수한 결과를 나타내었다(Table 7).

**Table 5.** The contents of tocopherols and tocotrienols in sauces and spices (mg/100 g)

Sources & spices	$\alpha$ -T	$\beta$ -T	$\gamma$ -T	$\delta$ -T	$\alpha$ -T3	$\beta$ -T3	$\gamma$ -T3	$\delta$ -T3	Total	$\alpha$ -TE <sup>1)</sup>
Soybean paste (chunjang)	0.39	0.04	1.41	0.36	0.03	0.16	— <sup>2)</sup>	—	2.38	0.57
Cinnamon powder	2.84	0.27	0.82	—	—	—	—	—	3.93	3.06
Soybean paste (miso)	0.58	—	4.97	1.91	—	—	0.12	—	7.57	1.09
Soybean paste (doenjang)	0.29	—	1.53	0.55	—	0.03	—	—	2.40	0.45
Wasabi paste	0.13	—	0.44	0.03	—	—	—	—	0.60	0.18
Soybean paste powder (chunjang, instant powder)	0.92	—	0.56	0.08	0.01	—	—	—	1.56	0.98
Mayonnaise	1.56	—	2.67	2.78	—	—	—	—	7.01	1.86
Mustard paste	1.88	—	7.79	0.26	0.12	—	0.15	—	10.21	2.70
Oyster sauce	0.01	—	—	—	—	—	—	—	0.01	0.01
Hot pepper powder (red)	26.41	0.71	7.49	2.05	—	—	—	—	36.65	27.53
Soy sauce (made from soybean and wheat)	0.04	—	—	—	—	—	—	—	0.04	0.04

<sup>1)</sup> $\alpha$ -Tocopherol equivalent. <sup>2)</sup>Not detected.

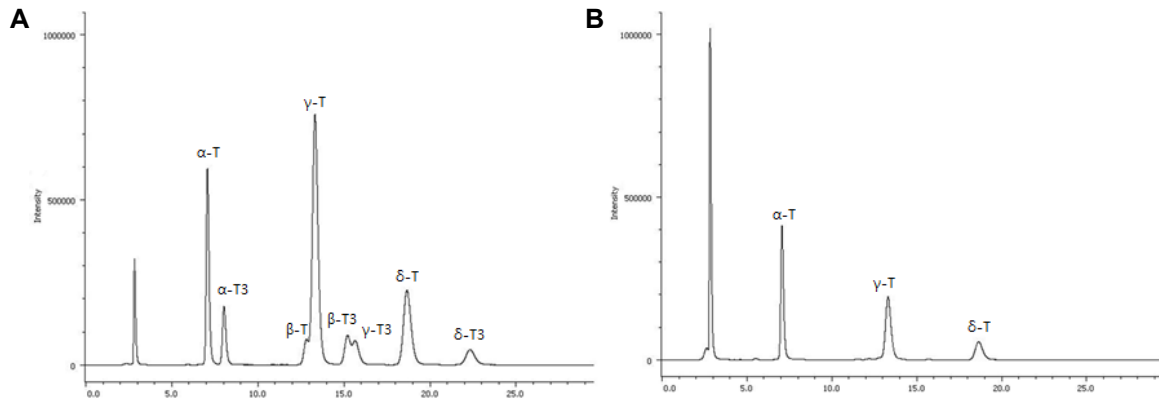


Fig. 1. Analytical HPLC chromatogram of vitamin E standard (A) and infant formula (B).

Table 6. Accuracy for vitamin E analysis

Sample	$\alpha$ -Tocopherol content (mg/100 g)		Accuracy
	Reference value	Analytical value <sup>3)</sup>	Recovery (%)
SRM 1849a (Infant/Adult Nutritional Formula)	21.90 $\pm$ 1.60 <sup>1)</sup>	21.63 $\pm$ 1.79	99.99
ERM BD600 (whole milk powder)	8.60 $\pm$ 1.50 <sup>2)</sup>	7.80 $\pm$ 0.11	90.70

<sup>1)</sup>Reference value is the true value provided by National Institute of Standards and Technology (NIST).

<sup>2)</sup>Reference value is the true value provided by Joint Research Centre (JRC).

<sup>3)</sup>Analysis value is the experimental value obtained by HPLC assay for vitamin E.

Table 7. Precision for vitamin E analysis

Parameter	$\alpha$ -Tocopherol content (mg/100 g)	
	Repeatability <sup>1)</sup>	Reproducibility <sup>2)</sup>
Mean $\pm$ SD <sup>3)</sup>	9.75 $\pm$ 0.20	9.34 $\pm$ 0.44
Coefficient of variation (%)	2.04	4.69

<sup>1)</sup>Repeatability was evaluated using five independent analyses of replicate sample performed on a given day.

<sup>2)</sup>Reproducibility was evaluated using five independent analyses of replicate sample performed on a different day.

<sup>3)</sup>Standard deviation.

장기간 분석을 지속해서 수행하는 데 있어서 환경요인, 기기 등 다양한 변수에 의해 분석치가 변화될 수 있어 이러한 변화를 관리하기 위하여 분석관리물질로 시판 분유를 선

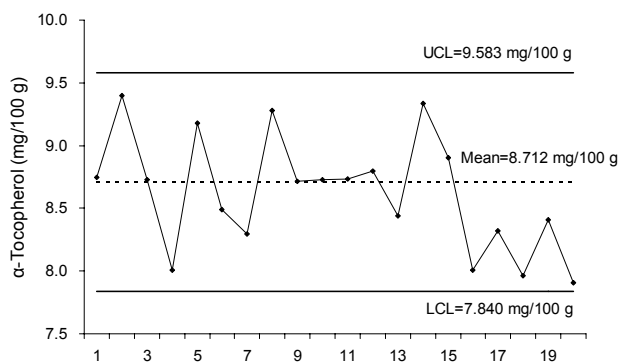


Fig. 2. The quality control charts for  $\alpha$ -tocopherol in infant formula. UCL=upper control line; LCL=lower control line. Charts repeat 20 runs.

정하여 분석관리차트를 작성하였다(Fig. 2). 분유를 최소 20 회 이상 반복 분석하여 8.71 mg/100 g을 평균값으로 얻었 으며 이를 분석관리차트의 기준값으로 결정하고 상·하위 10%를 관리상한선 및 하한선(upper and lower control line, UCL & LCL)으로 정하여 분석품질관리를 시행하였다. 분석관리물질은 분석할 때마다 함께 1회 이상 분석하여 관리수준 하에 있는지 항상 검토하였고 관리상한선 및 하한선을 넘는 수준의 값을 얻은 경우 원인을 파악하여 실험방법 확인 및 기기 재정비와 함께 검체를 재분석하였다.

## 요 약

본 연구에서는 국내 농산가공식품의 비타민 E 함량을 측정하여 각 식품군에서 비타민 E 함량을 분석하고 이에 대한 분석법을 검증하고자 하였다. 곡류 및 곡류 가공품에서는 쌀이 첨가된 시리얼이 17.53  $\alpha$ -TE/100 g으로 가장 높은 값을 나타내었으며, 과자류에서는 땅콩 샌드가 12.84  $\alpha$ -TE/100 g으로 가장 높은 값을 나타내었다. 과일류에서는 골드키위가 1.52  $\alpha$ -TE/100 g으로 가장 높은 값을 나타내었으며 유제품에서는 들기름이 8.15  $\alpha$ -TE/100 g으로 가장 높은 값을 나타내었으며 소스 및 향신료에서는 고춧가루가 27.53  $\alpha$ -TE/100 g으로 가장 높은 값을 나타내었다. 분석방법을 검증하기 위하여 정확성과 정밀성을 측정하였으며 분석관리차트를 작성하여 결과 값을 관리하였다. 표준참고물질을 사용하여 측정된 정확성은 각각 99.99%, 90.70%로 나타내었고, 정밀성은 반복성이 2.04%, 재현성이 4.69%로 우수한 값을 나타내어 본 실험방법이 적합한 시험법임이 검증되었다.

## 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청의 연구비 지원(과제번호 PJ01083805)에 의하여 연구되었으며 이에 감사드립니다.

## REFERENCES

1. Lee SM, Lee HB, Lee J. 2005. Analysis of vitamin E in some commonly consumed foods in Korea. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34: 1064-1070.
2. Kamal-Eldin A, Appelqvist LA. 1996. The chemistry and antioxidant properties of tocopherols and tocotrienols. *Lipids* 31: 671-701.
3. Deman JM. 1999. *Principles of food chemistry*. 3rd ed. Aspen Publishers, Gaithersburg, MD, USA. p 334-346.
4. Combs GF Jr. 2012. *The vitamins*. 3rd ed. Elsevier Science Publishers, New York, NY, USA. p 189-223.
5. Hu JN, Zhu XM, Adhikari P, Li D, Kim IH, Lee KT. 2009. Determination of tocopherol contents in refined edible oils using HPLC method. *J Food Sci Nutr* 14: 260-264.
6. Hill MJ. 1998. Cereals, dietary fiber and cancer. *Nutr Res* 18: 653-659.
7. Cho SH. 2010. Vitamin E:  $\alpha$ -tocopherol and the other forms of vitamin E. *Korean J Nutr* 43: 304-314.
8. Piironen V, Varo P, Syväoja EL, Salminen K, Koivistoinen P. 1984. High-performance liquid chromatographic determination of tocopherols and tocotrienols and its application to diets and plasma of Finnish men. I. Analytical method. *Int J Vitam Nutr Res* 53: 35-40.
9. Eitenmiller RR, Lee J. 2004. *Vitamin E*. 1st ed. Marcel Dekker, Inc., New York, NY, USA. p 185-281.
10. Lim H, Woo S, Kim HS, Jong SK, Lee J. 2007. Comparison of extraction methods for determining tocopherols in soybeans. *Eur J Lipid Sci Technol* 109: 1124-1127.
11. Lee SM, Lee HB, Lee J. 2006. Comparison of extraction methods for the determination of vitamin E in some grains. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35: 248-253.
12. RDA. 2015. *Standard food composition table*. 8th ed. Rural Development Administration, Gwangju, Korea. p 26-509.
13. Lim SH, Kim JB, Cho YS, Choi YM, Park HJ, Kim SN. 2013. National Standard Food Composition Tables provide the infrastructure for food and nutrition research according to policy and industry. *Korean J Food & Nutr* 26: 886-894.
14. Lee J, Suknark K, Kluitse Y, Phillips RD, Eitenmiller RR. 1999. Rapid liquid chromatographic assay of vitamin E and retinyl palmitate in extruded weaning foods. *J Food Sci* 64: 968-972.
15. Jeon G, Lee J. 2009. Comparison of extraction procedures for the determination of capsaicinoids in peppers. *Food Sci Biotechnol* 18: 1515-1518.
16. Haroon Y, Bacon DS, Sadowski JA. 1986. Liquid-chromatographic determination of vitamin K1 in plasma, with fluorometric detection. *Clin Chem* 32: 1925-1929.
17. Lee J, Landen WO Jr, Phillips RD, Eitenmiller RR. 1998. Application of direct solvent extraction to the LC quantification of vitamin E in peanuts, peanut butter, and selected nuts. *Peanut Sci* 25: 123-128.
18. Qureshi AA, Qureshi N, Wright JJ, Shen Z, Kramer G, Gapor A, Chong YH, DeWitt G, Ong A, Peterson DM, Bradlow BA. 1991. Lowering of serum cholesterol in hypercholesterolemic humans by tocotrienols (palmvitee). *Am J Clin Nutr* 53: 1021S-1026S.
19. Bunnell RH, Keating J, Quaresimo A, Parman GK. 1965. Alpha-tocopherol content of foods. *Am J Clin Nutr* 17: 1-10.
20. Piironen V, Syväoja EL, Vero P, Salminen K, Koivistoinen P. 1986. Tocopherols and tocotrienols in cereal products from Finland. *Cereal Chem* 63: 78-81.
21. U.S. Department of Agriculture. National nutrient database for standard reference release 27. <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/search/list> (accessed Mar 2015).
22. Chun J, Lee J, Ye L, Exler J, Eitenmiller R. 2006. Tocopherol and tocotrienol contents of raw and processed fruits and vegetables in the United States diet. *J Food Compos Anal* 19: 196-204.
23. Speek AJ, Schrijver J, Schreurs WHP. 1985. Vitamin E composition of some seed oils as determined by high-performance liquid chromatography with fluorometric detection. *J Food Sci* 50: 121-124.
24. Ju J, Picinich SC, Yang Z, Zhao Y, Suh N, Kong AN, Yang CS. 2010. Cancer-preventive activities of tocopherols and tocotrienols. *Carcinogenesis* 31: 533-542.
25. Lim YS. 2008. Effects of gamma-tocopherol (GT) supplementation on vitamin E concentration in cigarette smoke (CS) exposed mice. *Korean J Nutr* 41: 135-140.