

## 국내에서 소비되는 상용 식품의 비타민 K<sub>1</sub> 함량 분석

이성응<sup>1</sup> · 성지혜<sup>1</sup> · 최용민<sup>2</sup> · 김영화<sup>3</sup> · 정현상<sup>1</sup> · 이준수<sup>1</sup>

<sup>1</sup>충북대학교 식품생명공학과

<sup>2</sup>농촌진흥청 농식품자원부

<sup>3</sup>경성대학교 식품응용공학부

### Analysis of Vitamin K<sub>1</sub> in Commonly Consumed Foods in Korea

Seongeung Lee<sup>1</sup>, Jeehye Sung<sup>1</sup>, Youngmin Choi<sup>2</sup>, Youngwha Kim<sup>3</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

**ABSTRACT** Vitamin K<sub>1</sub> (phylloquinone) content of commonly consumed foods in Korea were determined by solvent extraction followed by reversed-phase liquid chromatography using post-column derivatization and fluorescence detection. Samples were obtained in the years of 2013 and 2015. In this study, 46 vegetables, 14 fruits, and 6 legumes were analyzed. Relatively higher amounts of vitamin K<sub>1</sub> were found in sweet potato leaves, green kiwi, and mung beans among vegetables, fruits, and legumes, respectively. The content of vitamin K<sub>1</sub> in vegetables including spinach, broccoli, and potato ranged from non-detectable (ND) to 1,467.3 µg/100 g. The content of vitamin K<sub>1</sub> in fruits ranged from ND to 42.7 µg/100 g. The content of vitamin K<sub>1</sub> in legumes, including soybeans, mung beans and peas ranged from 1.7 to 63.4 µg/100 g. In addition, the analytical method validation parameters including recovery, reproducibility, repeatability, peak purity, and linearity were calculated to ensure the method's validity. The results showed high linearity with a correlation coefficient of 0.9999. Overall recovery was close to 100% (n=5). This study revealed reliable vitamin K content in commonly consumed foods in Korea for a nutritional information and food composition database.

**Key words:** vitamin K, phylloquinone, HPLC, analysis, method validation

## 서 론

비타민 K는 지용성 비타민의 한 종류로서 일반적으로 glutamic acid를 carboxylation 하여 γ-carboxyglutamic acid로 전환하는 과정에서 필수적인 보조인자로 작용하여 응고단백질을 합성하는 데 관여한다(1). 비타민 K는 간에서 혈액응고에 관여하는 단백질을 프로트롬빈(prothrombin)을 형성하는 과정에 관여하는 것으로 알려져 있다. 일반적으로 신생아는 장내 세균에 의한 비타민 K의 합성량이 적다고 보고되어 있으며 프로트롬빈 혈증의 예방을 위해서 출산 전 임산부 또는 신생아가 식품의 형태로 비타민 K를 섭취하도록 권장된다. 또한 경험적으로 출혈이 있는 상황이나 수술 후 출혈량 감소를 위해 투여하기도 한다(2-4). 비타민 K는 자연계에서 비타민 K<sub>1</sub>(phylloquinone)과 비타민 K<sub>2</sub>(mena-

quinone)의 형태로 존재하고 있다. 비타민 K<sub>1</sub>은 녹황색 채소와 해조류에 많이 함유되어 있으며, 비타민 K<sub>2</sub>는 주로 미생물에 의해서 만들어지고 isoprenyl 기 측쇄의 길이에 따라 동족체가 존재하여 menaquinone(MK) 1~14로 분류된다. 비타민 K<sub>1</sub>은 녹차, 순무, 브로콜리, 상추, 시금치와 같은 채소에 다량 함유되어 있고, 비타민 K<sub>2</sub>는 육류, 발효식품에 미량으로 함유되어 있다(5,6). 비타민 K<sub>3</sub>(menadione)는 화학적 합성으로 생산되며 일반적으로 동물사료에 이용된다(7).

비타민 K의 분석 방법으로는 비색법, 박층크로마토그래피, 가스크로마토그래피, 고성능액체크로마토그래피(high performance liquid chromatography, HPLC)가 이용되며 최근의 연구동향을 살펴보면 주로 HPLC가 사용되고 있다(8,9). 비타민 K는 식품공전 및 AOAC에 언급되어 있는 것과 같이 액체-액체 추출법을 이용하여 변성된 단백질이나 전분 등의 방해 물질을 침전시켜 제거한 후 비타민을 비극성 용매로 추출하여 그 시험용액을 정량하는 방법과 효소분해로 지방과 지방산을 침전시킨 후 유기용매로 추출하여 포스트칼럼 환원법을 이용하여 분석하는 방법 등이 있다(10,11). HPLC와 형광검출기를 이용한 비타민 K의 분석은 포스트칼

Received 27 April 2015; Accepted 10 June 2015

Corresponding author: Junsoo Lee, Department of Food Science and Biotechnology, Chungbuk National University, Chungbuk 28644, Korea

E-mail: junsoo@chungbuk.ac.kr, Phone: +82-43-251-2566

럼을 사용하여 퀴논류를 하이드로 퀴논으로 환원하는 과정을 필요로 한다(12).

현재 식품성분표(13)에는 총 2,757종의 식품에 대한 영양소 분석 자료가 있는데, 그중 31.9%인 879종의 식품에 대해서만 비타민 K 함량에 관한 자료가 있다. 또한 그 자료의 대부분이 외국의 자료를 인용하고 있다. 그러나 국내에서 재배되는 같은 종류의 식품이라 할지라도 재배지역에 따라 영양소의 함량이 매우 상이하므로 비타민 K 함량에 대한 분석 값이 필요한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 채소류 46종, 과일류 14종, 두류 6종에 대하여 비타민 K<sub>1</sub> 함량을 분석하였으며, 그 결과를 보고하여 비타민 K<sub>1</sub> 함량의 기초 데이터로 이용하고자 하였다. 또한 분석방법의 검증과정을 통하여 분석 결과의 신뢰도를 높이고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 재료 및 시약

국내에서 소비되고 있는 시금치, 브로콜리 등을 포함한 채소류 46종, 과일류 14종, 두류 6종을 2013년과 2014년에 농촌진흥청으로부터 제공받았으며, 실험실 내 분석관리 물질에 사용된 시금치는 청주지역의 대형마트에서 구입하였고, 동결건조 후 분쇄하여 분석관리 물질로 사용하였다. 모든 시료는 -18°C에서 보관하면서 분석하였다. Phylloquinone(비타민 K<sub>1</sub>)은 Wako Co.(Tokyo, Japan)에서 구입하여 사용하였다. Sodium acetate, acetic acid, zinc powder는 Merck Co.(Darmstadt, Germany)에서 구입하여 사용하였다. Methanol, *n*-hexane, dichloromethane, water는 HPLC 등급으로 Burdick & Jackson Co.(Muskegon, MI, USA) 제품을 사용하였다.

### 표준용액 조제

비타민 K<sub>1</sub>의 표준품은 *n*-hexane을 이용하여 용해한 후, 1,000 µg/mL의 농도로 표준원액(stock solution)을 제조하였다. 표준원액은 *n*-hexane으로 희석하여 1 µg/mL의 농도로 제조하여 표준용액으로 사용하였다. 표준용액은 -20°C 이하에서 보관하며 사용하였으며, 분석 시 질소를 이용하여 *n*-hexane을 제거한 뒤 methanol에 재용해하여 분석에 사용하였다.

### 용매 추출법(solvent extraction method)

시료 약 1 g을 50 mL 비커에 측정하고 dichloromethane과 methanol을 혼합한 용매(dichloromethane : methanol = 2:1, v/v)를 30 mL 첨가하였다. 2분간 homogenizer를 이용하여 추출한 후 그 액을 여과지를 통과시키며 50 mL 메스플라스크로 이동시켰다. 이때 무수황산나트륨을 여과지 안에 담아서 추출액이 탈수되도록 하였고, methanol을 이용하여 최종 50 mL로 정용하였다. 정용한 추출액 2 mL를 취하여 질소를 이용하여 용매를 제거한 후 *n*-hexane 2 mL를

가하여 재용해하였다. Methanol과 water를 혼합한 용매(methanol : water = 9:1, v/v) 8 mL를 첨가하여 conical tube에 옮겨 담고 진탕한 후 2,000 rpm으로 5분간 원심분리를 하였다. 상층액 1 mL를 취하여 질소 하에서 용매를 완전히 제거한 다음 methanol 1 mL를 이용하여 재용해한 후 0.45 µm PTFE membrane filter(Whatman, Clifton, NJ, USA)로 여과하고 HPLC를 이용하여 분석하였다.

### HPLC 조건

분석에 이용된 HPLC는 형광검출기(FP-2020, Jasco Corporation, Tokyo, Japan)가 장착된 역상 액체크로마토그래피로 solvent delivery pump(PU-2089, Jasco Corporation)와 분석칼럼으로 ZORBAX Eclipse XDB-C18 column(5 µm, 4.6×150 mm, Agilent, Santa Clara, CA, USA)과 함께 아연 분말로 충전된 포스트칼럼으로 구성되었다. 칼럼의 온도는 column oven(CO-2060, Jasco Corporation)을 이용하여 35°C로 유지하였다. 이동상으로는 methanol과 dichloromethane이 혼합된 용매(methanol : dichloromethane = 9:1, v/v)를 1 L로 제조하여 zinc chloride 1.37 g, sodium acetate 0.41 g, acetic acid 300 µL를 첨가한 뒤 혼합하여 0.45 µm 필터로 여과하여 사용하였다. 형광검출기의 파장은 excitation 파장 243 nm, emission 파장 430 nm를 이용하였으며, 유속은 1.0 mL/min이고 시료의 1회 주입량은 50 µL였다.

### 분석방법의 검증

본 연구에서 이용된 분석방법을 검증하기 위하여 직선성(linearity), 정밀성(precision), 정확성(accuracy), 그리고 peak purity를 측정하였다(14,15). 또한 실험실 내 분석관리 물질인 시금치 시료를 최소 10회 이상 분석하여 상대표준편차가 5% 이내에 들어가는 11개 분석치를 얻고 이것을 기준으로 하여 관리 상·하한선의 기준을 설정하였다. 분석관리 차트의 기준값 설정 이후 검체를 분석할 때마다 분석관리 시료를 함께 분석하여 그 값을 차트에 기록하여 분석의 품질을 관리하였다(16). 비타민 K<sub>1</sub> 표준용액을 이동상으로 희석하여 9개 농도(0.03~8.02 µg/mL)의 희석된 표준용액을 만들었다. 희석된 9개 농도의 표준용액을 50 µL씩 주입하여 얻은 크로마토그램에서 각각의 농도에 따른 면적을 측정 후 X축을 면적, Y축을 농도로 하여 표준곡선을 작성하였고, 직선성을 측정하는 데 이용하였다. Phylloquinone 표준용액을 시료에 spike 하고, 시료 전 처리 과정에 따라 추출한 뒤 HPLC 분석을 통하여 회수율(recovery)을 구하였으며 아래의 공식에 의해서 계산되었다.

$$\text{회수율(\%)} = \frac{(\text{sample} + \text{spike area} - \text{sample area})}{\text{spike area}} \times 100$$

분석법의 반복성(repeatability)을 평가하기 위하여 하루 5반복 실험을 진행하였으며, 재현성(reproducibility)은 5

일간 동일한 실험을 반복하여서 진행하였다. Peak purity의 경우 세 가지의 excitation 파장(233 nm, 243 nm, 253 nm)과 430 nm의 emission 파장을 이용하여 얻어진 표준용액의 면적과 시료의 면적의 비를 이용하여 평가하였다(15).

## 결과 및 고찰

### 채소류의 비타민 K<sub>1</sub> 함량

채소류는 용매추출법을 이용하여 총 46종을 분석하였으며 그 결과를 Table 1에 나타내었다. 채소 내 비타민 K<sub>1</sub>의 범위는 0.0~1,467.3 µg/100 g이었다. 채소류 중에서는 고구마 잎이 1,467.3 µg/100 g으로 가장 높은 값을 나타냈다. 일반적으로 비타민 K<sub>1</sub>은 녹색잎을 갖고 있는 채소류에 많이 함유되어 있다고 알려져 있으며(6), 시금치, 모시잎 등의 시료에서 당근, 마늘과 같은 시료에 비해서 높은 비타민 K<sub>1</sub> 함량을 나타냈다. 시금치와 치커리의 경우 각각 449.6 µg/100 g, 249.0 µg/100 g으로 미국 농무부(USDA)에서 발췌한 비타민 K<sub>1</sub> 함량 데이터와 유사한 값을 나타냈다. 반면 USDA 데이터(17)와 차이를 보이는 이유는 같은 식품이라 할지라도 재배 환경, 생산 지역, 품종에 따라 차이를 보이는 것으로 생각된다. 식품성분표(13)에 의하면 시금치는 270.0 µg/100 g, 데친 시금치는 320.0 µg/100 g, 브로콜리는 160.0 µg/100 g, 근대는 830.0 µg/100 g, 당근은 3.0 µg/100 g, 양배추는 78.0 µg/100 g으로 보고되어 있다. Piironen과 Koivu(18)의 연구에 따르면 브로콜리의 비타민 K<sub>1</sub> 함량은 110.0 µg/100 g이고 당근의 함량은 19.0 µg/100 g으로 보

고되었으며, Jakob와 Elmadfa(19)에 의하면 당근은 5.9 µg/100 g, 브로콜리는 195.0 µg/100 g의 비타민 K<sub>1</sub> 함량이 보고되었다. 또한 최근 Kim 등(20)의 연구에 의하면 채소류의 비타민 K<sub>1</sub> 함량은 9.4~1,212.6 µg/100 g의 범위를 보였으며, 시금치의 경우 470.9 µg/100 g, 당근의 경우 9.4 µg/100 g, 브로콜리의 경우 228.1 µg/100 g으로 보고되었다. 선행연구의 결과는 본 연구의 시금치, 브로콜리의 비타민 K<sub>1</sub> 함량과 유사함을 보였다. 표준물질과 시료의 chromatogram을 Fig. 1에 나타내었다.

### 과일류의 비타민 K<sub>1</sub> 함량

과일류의 비타민 K<sub>1</sub> 함량은 용매추출법을 이용하여 총 14종을 분석하였으며 분석치는 Table 2에 나타내었다. 과일류의 비타민 K<sub>1</sub> 함량 범위는 0.0~42.7 µg/100 g으로 분석되었다. 녹색 키위에서 42.7 µg/100 g으로 가장 높은 분석치를 보였으며, 블루베리와 포도가 각각 25.9 그리고 20.6 µg/100 g으로 비교적 높은 분석치를 나타냈다. 또한 귤, 레몬, 망고, 배 등에서는 검출되지 않았다. 블루베리와 녹색키위의 경우 USDA(17)에서 발췌한 비타민 K<sub>1</sub> 함량 데이터와 유사한 값을 나타냈다. 식품성분표(13)에 의하면 라임의 비타민 K<sub>1</sub> 함량이 1.0 µg/100 g, 블루베리에서 4.0 µg/100 g으로 보고되어 있다. Majchrzak과 Elmadfa(21)의 연구에 의하면 살구에서 20.8 µg/100 g의 비타민 K<sub>1</sub> 함량이 보고되었으며, Dismore 등(22)의 보고에 의하면 과일류의 비타민 K<sub>1</sub> 함량 범위는 0.0~41.0 µg/100 g이었으며 가장 높은 값은 키위로 41.0 µg/100 g으로 보고되었다. 또한 블루베리에

**Table 1.** The content of vitamin K<sub>1</sub> in vegetables

Vegetables	Contents <sup>1)</sup>	USDA data	Vegetables	Contents	USDA data
<i>Allium hookeri</i>	237.3±2.0		Paprika, orange	8.0±0.8	
Alpine leek	244.1±0.3		Paprika, red	9.9±0.2	80.3
<i>Angelica keiskei</i>	105.7±3.6		Pepper	53.6±0.2	14.3
<i>Aralia elata</i> Seem	322.9±4.1		Pepper leaves	824.3±6.0	
<i>Aralia</i> shoots	164.2±0.3		Perilla leaves	786.5±3.0	
Balloom flower	0.0		<i>Pimpinella brachycarpa</i>	315.0±0.6	
Bracken	37.9±1.9		Potato	0.0	
Broccoli	182.5±1.5	101.6	Radish	90.1±0.8	
Brussels sprouts	259.9±4.5	177.0	Radish leaves	507.4±15.6	
Butterbur	322.9±0.1		Ramie leaves	1,196.9±52.4	
Cabbage	12.3±0.2	76.0	Red mustard leaves	559.8±3.5	
Carrots	14.5±0.9	13.2	Sebalramul	195.3±11.6	
Celery	50.7±3.6	29.3	Sedum	174.6±9.4	
Chard	349.9±1.2	830.0	Spinach	449.6±51.7	482.9
Chicory	249.0±10.4	297.6	Spring green	186.7±10.1	
Crown daisy	191.4±15.6		Ssamchu	501.0±10.0	
Garlic flower stalk	46.7±9.4		Stevia	406.5±7.7	
Green tea leaves	1,292.6±24.9		Sweet pepper	20.9±0.1	7.4
Hongssamchu	468.0±20.6		Sweet potato	0.0	
Kale	525.1±21.8	704.8	Sweet potato stalk	24.9±0.3	
Mugwort	605.9±34.7		Sweet potato leaves	1,467.3±12.3	
Mungbean sprouts	7.5±0.8		Tomato	12.1±0.9	10.1
Pak choi	137.1±2.2		Wild garlic	94.2±0.2	

<sup>1)</sup>Concentration of phylloquinone was expressed as µg/100 g sample.

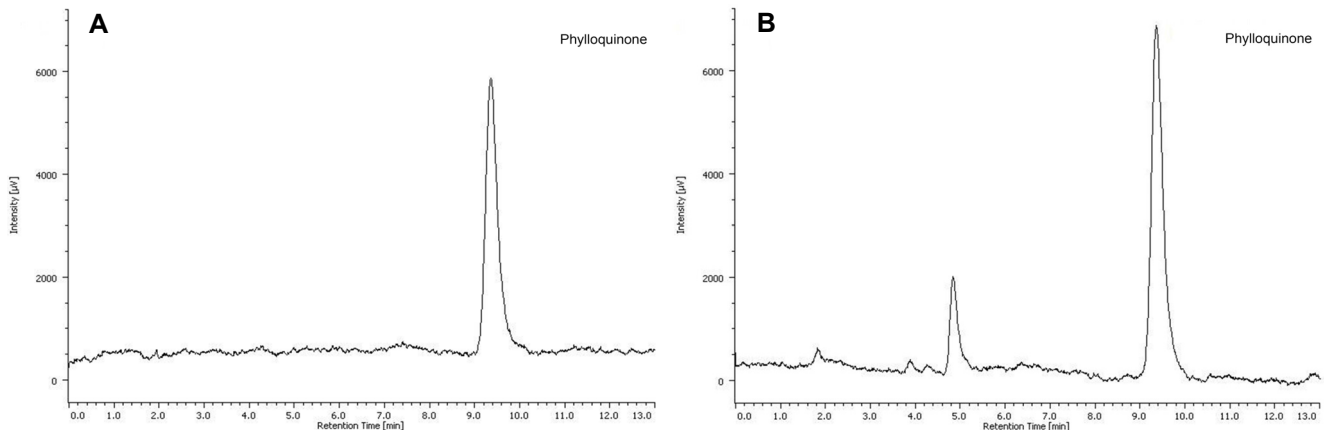


Fig. 1. Analytical HPLC chromatogram of vitamin K<sub>1</sub> standard (A) and ramie leaves (B) (Exλ=243 nm, Emλ=430 nm).

Table 2. The content of vitamin K<sub>1</sub> in fruits

Fruits	Contents <sup>1)</sup>	USDA data
Apple	0.0	
Apricot	8.1±0.6	3.3
Banana	16.6±0.4	1.1
Blueberries	25.9±1.8	19.3
Grape	20.6±0.5	
Citrus	0.0	
Kiwi, gold	11.2±0.3	5.5
Kiwi, green	42.7±0.2	40.3
Kumquat	0.0	
Lemon	0.0	
Mango	0.0	
Pear	0.0	
Pineapple	0.0	
Strawberries	5.5±0.1	2.2

<sup>1)</sup>Concentration of phylloquinone was expressed as µg/100 g sample.

서 19.3 µg/100 g, 딸기에서 2.3 µg/100 g의 비타민 K<sub>1</sub> 함량이 보고되었다. 선행연구 결과는 본 연구의 블루베리, 키위 시료의 비타민 K<sub>1</sub> 함량과 유사한 결과를 보였다.

### 두류의 비타민 K<sub>1</sub> 함량

두류는 용매추출법을 이용하여 총 6종을 분석하였으며 그 결과를 Table 3에 나타내었다. 두류의 비타민 K<sub>1</sub> 함량 범위는 1.7~63.4 µg/100 g이었다. 두류의 경우 USDA(17)

Table 3. The content of vitamin K<sub>1</sub> in legumes

Legumes	Contents <sup>1)</sup>	USDA data
Black soybean	29.0±1.2	5.6
Kidney bean	1.7±0.2	
Mung bean	63.4±3.0	9.0
Pea	3.0±0.9	24.8
Small black bean	59.9±3.6	
Soybean	22.7±1.9	

<sup>1)</sup>Concentration of phylloquinone was expressed as µg/100 g sample.

에 기재된 데이터와 상이한 값을 보였다. 이는 두류의 비타민 K<sub>1</sub> 함량이 재배 환경, 생산 지역, 품종에 영향을 받는 것으로 생각된다. 식품성분표(13)에 보고된 바에 의하면 두류 내의 비타민 K<sub>1</sub> 함량 범위는 0.0~68.0 µg/100 g으로 나타났다. 본 연구에서는 녹두에서 63.4 µg/100 g으로 가장 높은 분석치를 나타낸 반면에 강낭콩에서 1.7 µg/100 g으로 가장 낮은 값을 나타냈다. Bolton-Smith 등(23)의 보고에 의하면 조리된 완두콩에서 6.9 µg/100 g의 비타민 K<sub>1</sub> 함량을 보고하였으며, 완두콩에서는 3.6 µg/100 g의 함량이 보고되어 있다. 하지만 두류의 비타민 K<sub>1</sub> 함량에 대한 연구는 채소류, 과일류에 비하여 미비한 실정이다. 따라서 차후 연구에서는 본 연구에 사용된 두류 외에도 다른 품종의 두류에 비타민 K<sub>1</sub> 함량에 대해 살펴보아야 할 것으로 여겨진다.

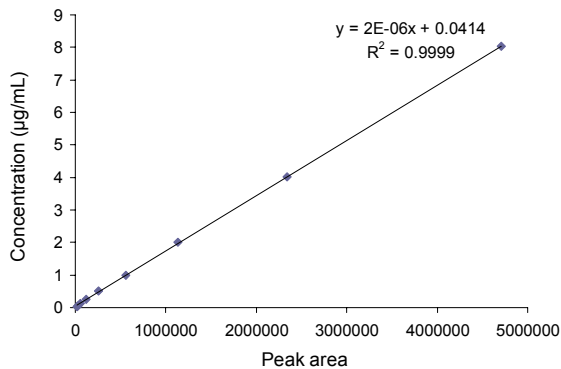
### 분석방법의 검증

본 연구에서 사용된 분석방법을 검증하기 위해 표준물질과 모시잎을 이용하여 직선성, 정밀성, 정확성, 검출한계, 정량한계, peak purity를 측정하였다. 측정값의 신뢰도를 판단하는 정확성은 회수율을 이용하여 검증하였으며, 그 값은 103.67±3.54%(n=5)로 우수한 결과를 보였다. 측정값의 오차 정도를 판단하는 정밀도는 반복성과 재현성을 이용하여 검증하였다. 반복성과 재현성의 변동계수(coefficient of variation, CV) 값은 각각 2.33%, 3.93%로 우수하였다 (Table 4). 특이성을 확인하기 위하여 표준용액과 모시잎의 크로마토그램을 비교하여 비타민 K<sub>1</sub> 피크가 분리되는지 확인하였다. 그 결과 다른 물질의 간섭 없이 분리됨을 확인하였다(Fig. 1). 표준물질의 경우 피크가 9.358분에 검출되었으며 모시잎 시료의 경우 9.350분에 피크가 검출되었다. 검량선은 표준물질을 희석한 후 HPLC로 분석하여 얻은 결과를 이용하여 Fig. 2와 같이 나타내었다. 검량선의 상관관계수(R<sup>2</sup>)는 0.9999로 우수한 직선성을 보였다. Peak purity는 표준물질과 모시잎 시료를 이용하여 형광 검출기로 측정하였다(16). 표준물질의 피크면적을 excitation 파장 233, 243, 243 nm에서 측정하였으며 emission 파장은 430 nm

**Table 4.** Precision and accuracy for vitamin K<sub>1</sub> analysis

Parameter	Precision		Accuracy <sup>1)</sup>
	Repeatability <sup>2)</sup>	Reproducibility <sup>3)</sup>	Recovery (%)
Mean <sup>4)</sup>	1,085.16	1,095.46	103.67
Standard deviation	25.27	43.08	3.54
Coefficient of variation	2.33	3.93	3.41

<sup>1)</sup>Accuracy is a measure of the closeness of the analytical result to the true value determined by analyzing a spiked sample.  
<sup>2)</sup>Repeatability was evaluated using five independent analyses of replicate sample performed on a given day.  
<sup>3)</sup>Reproducibility was evaluated using five independent analyses of replicate sample performed on a different day.  
<sup>4)</sup>n=5, µg/100 g sample on raw weigh basis.



**Fig. 2.** Standard calibration curve of vitamin K<sub>1</sub>.

**Table 5.** Peak purity of vitamin K<sub>1</sub>

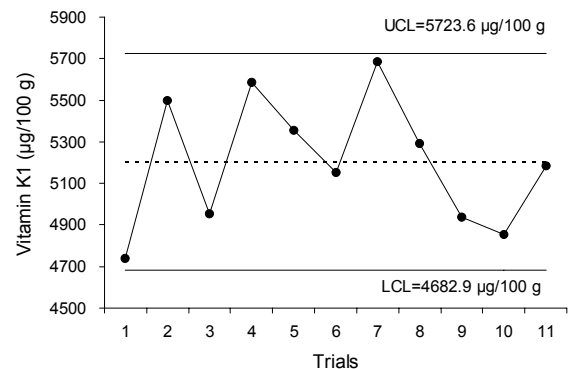
Excitation wavelength (nm)	Measured fluorescence ratio <sup>1)</sup>	
	Standard solution	Ramie leaves
243/253	1.91	2.05
233/253	1.49	1.49
243/233	1.28	1.37

<sup>1)</sup>Fluorescence ratios were calculated by dividing the values for two peak areas for each analyte obtained from separate chromatographic runs at two different excitation wavelengths, with the emission wavelength constant at 430 nm.

를 유지하였다. 같은 과정에서 측정된 모시잎 시료와 표준물질의 peak ratio를 비교하여 Table 5에 나타내었다. 또한 peak ratio는 매우 비슷한 값을 나타내어 다른 불순물이 포함되어 있지 않음을 알 수 있었다. 분석 결과를 관리하기 위해 분석관리 물질로 시금치를 선정하였고 분석관리 차트를 작성하였다(Fig. 3). 분석관리 차트의 기준값을 정하기 위해 시료를 10회 이상 반복 분석하여 평균값인 5,203.3 µg/100 g을 얻었으며 이를 기준값으로 하여 평균값의 상·하위 10%를 관리 상한선 및 하한선(upper and lower control line, UCL & LCL)으로 정하여 분석품질관리를 진행하였다. 모든 분석 데이터가 LCL과 UCL의 범위 안에 있었으며, 분석이 관리 하에 진행되었음을 확인할 수 있었다.

**요 약**

본 연구에서는 국내에서 소비되는 일부 상용식품의 비타민 K<sub>1</sub> 함량을 측정하고자 하였으며, 이 분석방법을 검증하며



**Fig. 3.** Quality control chart for monitoring the contents of vitamin K<sub>1</sub> in spinach. UCL, upper control line (+10% of mean); LCL, lower control line (-10% of mean). Charts repeat 11 runs.

결과의 신뢰도를 확보하고자 하였다. 각 식품군의 비타민 K는 용매추출법을 이용하여 추출하였으며, 포스트칼럼이 장착된 역상 HPLC를 통하여 분리, 정량하였다. 채소류에서는 고구마 잎이 1,467.3 µg/100 g으로 가장 높았으며, 과일 류는 녹색 키위가 42.7 µg/100 g으로 가장 높게 분석되었다. 두류에서는 녹두가 63.4 µg/100 g으로 가장 높은 값을 나타내었다. 분석방법을 검증하기 위하여 직선성, 재현성, 반복성, 회수율 및 peak purity를 구하였으며 분석관리 차트를 작성하여 분석 결과 값을 관리하였다. 그 결과 본 시험법에서 표준물질의 피크 머무름시간과 모시잎 시료의 피크 머무름시간이 일치하여 특이성을 확인하였다. 검량선의 상관계수는 0.9999 이상으로 높은 유의 수준을 보여 분석에 적합함을 알 수 있었으며, 반복성과 재현성의 변동계수는 각각 2.33, 3.93%로 나타났고 회수율은 103.67%로 우수하게 나타났다. 본 연구에서 분석된 자료는 표준화된 식품성분표의 기초 자료로 이용될 수 있을 것으로 판단된다.

**감사의 글**

이 연구는 농촌진흥청의 연구비 지원(과제번호 PJ01083805)에 의하여 지원되었으며 이에 감사드립니다.

**REFERENCES**

1. Koivu-Tikkanen TJ, Ollilainen V, Piironen VI. 2000. Determination of phyloquinone and menaquinone in animal prod-

- ucts with fluorescence detection after postcolumn reduction with metallic zinc. *J Agric Food Chem* 48: 6325-6331.
2. Marcus R, Coulston A. 1996. Fat-soluble vitamins. In *Goodman and Gilman's the Pharmacological Basis of Therapeutics*. 9th ed. Gilman AG, Hardman JG, Limbird LE, Molinoff PB, Ruddon RW, eds. McGraw-Hill, New York, NY, USA. p 1573-1590.
  3. Barash P, Kitahata LM, Mandel S. 1976. Acute cardiovascular collapse after intravenous phytonadione. *Anesth Analg* 55: 304-306.
  4. Songy Jr KA, Layon AJ. 1997. Vitamin K-induced cardiovascular collapse. *J Clin Anesth* 9: 514-519.
  5. Shearer MJ. 1990. Vitamin K and vitamin K-dependent proteins. *Br J Haematol* 75: 156-162.
  6. Shearer MJ, Bach A, Kohlmeier M. 1996. Chemistry, nutritional sources, tissue distribution and metabolism of vitamin K with special reference to bone health. *J Nutr* 126: 1181S-1186S.
  7. Damon M, Zhang NZ, Haytowitz DB, Booth SL. 2005. Phylloquinone (vitamin K<sub>1</sub>) content of vegetables. *J Food Comp Anal* 18: 751-758.
  8. Suttie JW. 1992. Vitamin K and human nutrition. *J Am Diet Assoc* 92: 585-590.
  9. Semih O, Ozlem C. 2007. Determination of vitamin K<sub>1</sub> content in olive oil, chard and human plasma by RP-HPLC method with UV-Vis detection. *Food Chem* 100: 1220-1222.
  10. KFDA. 2013. *Korean food standard codex*. 2nd ed. Korea Food & Drug Administration, Cheongju, Korea. p 10-102.
  11. AOAC. 2003. *Official method of analysis of AOAC international*. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA. p 29.
  12. Sakano T, Nagaoka T, Morimoto A, Hirauchi K. 1986. Measurement of K vitamins in human and animal feces by high-performance liquid chromatography with fluorometric detection. *Chem Pharm Bull (Tokyo)* 34: 4322-4326.
  13. RDA. 2006. *Standard food composition table*. 7th ed. Rural Development Administration, Wangju, Korea. p 26-509.
  14. Jeon G, Lee J. 2009. Comparison of extraction procedures for the determination of capsaicinoids in peppers. *Food Sci Biotechnol* 18: 1515-1518.
  15. Haroon Y, Bacon DS, Sadowski JA. 1986. Liquid-chromatographic determination of vitamin K<sub>1</sub> in plasma, with fluorometric detection. *Clin Chem* 32: 1925-1929.
  16. Chun J, Martin JA, Chen L, Lee J, Ye L, Eitenmiller RR. 2006. A differential assay of folic acid and total folate in foods containing enriched cereal-grain products to calculate µg dietary folate equivalents (µg DFE). *J Food Comp Anal* 19: 182-187.
  17. U.S. Department of Agriculture. National Nutrient Database For Standard Reference Release 27. <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/search/list> (accessed Mar 2015).
  18. Piironen V, Koivu T. 2000. Quality of vitamin K analysis and food composition data in Finland. *Food Chem* 68: 223-226.
  19. Jakob E, Elmadfa I. 1995. Application of a simplified HPLC assay for the determination of phylloquinone (vitamin K<sub>1</sub>) in animal and plant food items. *Food Chem* 56: 87-91.
  20. Kim H, Choi Y, Cho YS, Sung J, Ham H, Lee J. 2014. Comparison of extraction methods for determination of vitamin K<sub>1</sub> in vegetables. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43: 1791-1795.
  21. Majchrzak D, Elmadfa I. 2001. Phylloquinone (vitamin K<sub>1</sub>) content of commercially-available baby food products. *Food Chem* 74: 275-280.
  22. Dismore ML, Haytowitz DB, Gebhardt SE, Peterson JW, Booth SL. 2003. Vitamin K content of nuts and fruits in the US diet. *J Am Diet Assoc* 103: 1650-1652.
  23. Bolton-Smith C, Price RJ, Fenton ST, Herrington DJ, Shearer MJ. 2000. Compilation of a provisional UK database for the phylloquinone (vitamin K<sub>1</sub>) content of foods. *Br J Nutr* 83: 389-399.