

지역농산물의 비타민 K₁ 함량 조사

이아름 · 김주희 · 박재호 · 김영호 · 홍의연 · 김행란* · 최용민* · 이준수** · †엄현주
충북농업기술원, *농촌진흥청 국립농업과학원, **충북대학교 식품생명공학과

A Study on Contents of Vitamin K₁ in Local Agricultural Products

A Reum Lee, Joo Hee Kim, Jae-Ho Park, Youngho Kim, Eui Yon Hong, Haeng-Ran Kim*,
Youngmin Choi*, Junsoo Lee** and †Hyun-Ju Eom

Chungcheongbukdo Agricultural Research and Extension Services, Cheongju 28130, Korea

*Dept. of Agro-Food Resources, NAAS, RDA, Wanju 55365, Korea

**Dept. of Food Science and Biotechnology, Chungbuk National University, Cheongju 28644, Korea

Abstract

Vitamin K (phylloquinone) is an essential cofactor in the synthesis of active blood-clotting factors II, VII, IX and X. Deficiency of vitamin K leads to inadequate activity of these factors, resulting in bleeding. In this study, we investigated vitamin K₁ content of agricultural products that are widely and specifically grown in Korea including 9 leaves and vegetables, 16 fruits, and 11 cereals and specialty crops. Vitamin K₁ analysis of the agro-samples was by a validated, modified, reversed phase-HPLC method with fluorescence detection after post-column derivatization. The vitamin K₁ content ranged from 1.83 to 682.73 µg/100 g in leaves and vegetables, 0.17 to 28.22 µg/100 g in fruits, and ND to 279 µg/100 g in cereals and specialty crops. Among the 36 samples, high content of vitamin K₁ were found in Gugija (*Lycium chinense* Miller) leaves (average 682.73 µg/100 g) and Hansan ramie leaves (average 423.12 µg/100 g); however, mushroom, amaranth and Chinese artichoke showed no detectable levels. The results of our study provide reliable vitamin K₁ content of Korean grown agricultural products that expand nutritional information and food composition database.

Key words: vitamin K, phylloquinone, agricultural products, HPLC

서론

비타민 K는 지용성 비타민의 한 종류로서 혈액 응고와 골 대사와 관련된 많은 단백질의 합성에 참여하며, 보조인자의 기능을 한다(Institute of Medicine 2001). 먼저 혈액응고 인자(프로트롬빈, prothrombin) 전구체인 glutamic acid를 카르복실화(carboxylation)시켜 혈액응고인자를 활성화시킨다(Sadowski 등 1993). 또한 뼈에 존재하는 osteocalcin이라는 일명 bone Gla(γ-carboxyl glutamic acid) 단백질의 glutamic acid를 카르복실화시켜 칼슘이 결합할 수 있도록 하는 보조인자 역할을 한다(Hauschka 등 1989; Vermeer C 1990).

National Academy of Sciences에 따르면 phylloquinone의

adequate intake(AI, 충분 섭취량)은 여자에서 90 µg/일이고, 남자는 120 µg/일로 설정됐다(Institute of Medicine 2001). 아울러 2015년 한국인 영양섭취기준에서 제시된 우리나라 성인의 비타민 K 섭취량의 경우 남자는 75 µg/일, 여자는 65 µg/일로 설정되었다(Ministry of Health & Welfare 2015). 일반적으로 정상적인 식사를 하는 성인의 비타민 K 결핍은 흔하지 않다. 그러나 약물 복용, 지방 흡수 불량, 간질환이 있는 경우 결핍증이 나타날 수 있고, 특히 항생제를 장기 복용하는 경우, 장내 미생물에 의해 합성되는 메나퀴논(menaquinonen)의 양이 줄어들 수 있다(Zelis 등 2008).

천연물에서는 비타민 K₁(phylloquinone)과 비타민 K₂(menaquinonen)가 있는데, 비타민 K₁은 식물에서 합성되며, 오직

† Corresponding author: Hyun-Ju Eom, Chungcheongbukdo Agricultural Research and Extension Services, Cheongju 28130, Korea. Tel: +82-43-220-5692, Fax: +82-43-220-5679, E-mail: hyunjueom@korea.kr

phytyl 잔기를 가진 phyloquinone 형태로 존재하고 브로콜리, 시금치와 같은 녹색채 채소와 해조류에 많이 함유되어 있다. 비타민 K₂는 주로 미생물에 의해 만들어지고, isoprenyl기 측쇄의 길이에 따라 menaquinone(MK) 1부터 14까지로 분류된다(Shearer MJ 1990). 비타민 K₃(menadione)는 화학적 합성으로 생산된다(Damon 등 2005).

비타민 K는 비색법, 박층크로마토그래피(thin layer chromatography, TLC), 가스크로마토그래피(gas chromatography, GC), 고성능액체크로마토그래피(high performance liquid chromatography, HPLC)를 이용하여 분석할 수 있으며, 최근 발표되는 연구들을 살펴보면 주로 HPLC를 사용하고 있다(Damon 등 2005; Semih & Ozlem 2007). 식품공전에 기재된 비타민 K의 분석법을 보면 시료에 있는 trans형 비타민 K₁을 유기용매로 추출하고, 건조한 추출물을 2차 용매에 녹여 전처리한 후 순상칼럼을 이용하여 HPLC에서 UV 검출기로 정량하는 제 1법과 시료 중 지방을 효소적으로 분해하여 침전시킨 후 헥산으로 추출하고, 역상 칼럼과 포스트 칼럼을 이용하여 형광 검출기로 측정하는 제2법이 있다(Korea Food and Drug Administration 2013). HPLC와 형광검출기를 이용한 비타민 K의 분석은 포스트칼럼을 사용하여 퀴논류를 하이드로 퀴논으로 환원하는 과정을 필요로 한다(Sakano 등 1986).

국가표준식품성분표는 국가 영양정책 입안 및 수행과 국민식량자원 개발 연구, 식생활 개선 연구와 지도, 단체급식이나 가정의 식단 작성에 이르기까지 기초자료로 매우 널리 활용되며, 총 22개 식품군으로 2,757종의 식품에 대한 영양소 데이터베이스를 제공하고 있다(Rural Development Administration (RDA) 1991; Choe 등 2001).

최근 웰빙과 건강에 대한 관심이 높아짐에 따라 3대 영양소 외에 비타민, 무기질 등의 미량영양소가 필수성분으로 주목받게 되었고, 이에 따라 미량성분 및 특수성분은 활용도 제고를 위하여 더 세분화 된 영양성분표로 분리하여 발간되고 있다. 그 중 지용성 비타민 성분표(RDA 2012)는 정상적인 신진대사 기능에 필요한 미량의 지용성 비타민에 대한 정보를 집대성하여 발간되었다. 수록 성분은 지질, 비타민 A(retinol), 비타민 D, 비타민 K(phyloquinone), 비타민 E로 1,400종 식품에 대한 함량을 제공하고 있다. 여기에서 비타민 K는 1,276종에 관한 자료가 수록되어 있지만 많은 부분을 미국, 일본, 덴마크와 같은 외국의 자료를 인용하고 있다.

따라서 본 연구에서는 국내에서 많이 재배되거나 특수하게 재배되는 농식품 자원을 선정하여 함유되어 있는 비타민 K의 함량 분석하여 우리나라의 비타민 K 함량 기초 데이터를 마련하였다. 또한 결과를 보고하여 향후 국가식품성분표의 발간에 활용하고자 한다.

재료 및 방법

1. 실험 재료

본 시료는 최근 외래 도입종으로 농가에서 재배가 많이 되는 작물과 지리적 표시제 및 지역특화작목을 위주로 선정하였다. 삼채 등을 포함한 잎 및 채소류 9종, 아로니아와 같은 과일류 16종, 곡류 및 특용작물 11종을 2015년에 농촌진흥청으로부터 제공받았으며, 실험실 내 분석관리 물질에 사용된 브로콜리와 표고버섯 역시 농촌진흥청으로부터 제공 받았으며, 모든 시료는 동결 후 분쇄된 상태를 -20°C에서 보관하면서 분석하였다. 비타민 K₁(phyloquinone)은 Wako Co.(Tokyo, Japan)에서 구입하여 사용하였다. Sodium acetate, zinc powder는 Sigma-Aldrich Co.(St. Louis, MO, USA), acetic acid는 Merck Co.(Darmstadt, Germany)에서 구입하여 사용하였다. Methanol, n-hexane, dichloromethane, water는 HPLC 등급으로 Burdick & Jackson Co.(Muskegon, MI, USA) 제품을 사용하였다.

2. 표준용액 조제

비타민 K₁의 표준품은 n-hexane을 이용하여 용해한 후, 200 µg/mL의 농도로 표준원액(stock solution)을 제조하였다. 표준원액은 n-hexane으로 희석하여 1.6 µg/mL의 농도로 제조하여 표준용액으로 사용하였다. 표준용액은 -20°C 이하에서 보관하며 사용하였으며, 분석 시 질소를 이용하여 n-hexane을 제거한 뒤 methanol에 재용해하여 분석에 사용하였다.

3. 추출방법-용매 추출법

시료 약 1~2 g을 50 mL 비커에 측정하고, dichloromethane과 methanol을 혼합한 용매(dichloromethane:methanol=2:1, v/v)를 30 mL 첨가하였다. Homogenizer(HG-15D, Daihan Scientific Co., Wonju, Korea)를 이용하여 2분간 추출한 후 그 액을 sodium sulfate를 담은 여과지(advantec No. 2, Tokyo, Japan)를 통과시키며 50 mL 메스플라스크로 이동시켰고, 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 질소를 가하며 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.

4. HPLC 조건

비타민 K₁의 정량은 형광 검출기(G1321C, 1260FLD, Agilent

Technologies, Santa Clara, CA, USA)가 장착되어 있는 HPLC (1100 series, Agilent Technologies)를 이용하여 수행하였다. 분석에 사용된 HPLC는 pump(G1311A, Agilent Technologies)와 ZORBAX Eclipse XDB-C18 column(5 µm, 4.6×150 mm, Agilent Technologies)과 함께 아연 분말로 충전된 포스트칼럼을 장착했다. 칼럼의 온도는 칼럼 오븐(G1316A, Agilent Technologies)을 이용하여 35°C로 유지하였다. 형광검출기의 파장은 excitation 파장 243 nm, emission 파장 430 nm를 이용하였으며, 유속은 1.0 mL/min이고, 시료의 1회 주입량은 50 µL였다. 이동상은 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.

5. 분석방법의 검증

본 연구에서 이용된 분석방법을 검증하기 위하여 직선성(linearity), 정밀성(precision) 그리고 정확성(accuracy)을 측정하였다(Jeon & Lee 2009; Lee 등 2015). 또한 분석관리물질인 브로콜리와 표고버섯 시료를 10회 이상 분석하여 상대표준편차가 10% 이내에 들어가는 10개 분석치를 얻고, 이것을 기준으로 하여 관리 상·하한선의 기준을 설정하였다. 분석관리차트의 기준값 설정 이후 검체를 분석할 때마다 분석관리시료를 함께 분석하여 그 값을 차트에 기록하여 분석의 품질을 관리하였다(Chun 등 2006). 비타민 K₁ 표준용액(농도 1.6 µg/mL)을 이동상으로 희석하여 10개 농도의 희석된 표준용액을 만들었다. 희석된 10개 농도의 표준용액을 50 µL씩 주입하여 얻은 크로마토그램에서 각각의 농도에 따른 면적을 측정 후 X축을 농도, Y축을 면적으로 하여 표준곡선을 작성하였고, 직선성을 측정하는 데 이용하였다. 회수율(recovery)은 비타민 K₁ 표준용액을 시료에 spike하고, 시료 전 처리 과정에 따라 추출한 뒤 HPLC 분석을 통하여 구하였으며, 아래의 공식에 의해서 계산되었다.

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

분석법의 반복성(repeatability)을 평가하기 위하여 하루 5 반복 실험을 진행하였으며, 재현성(reproducibility)은 3일 간 동일한 실험을 반복하여서 진행하였다.

결과 및 고찰

1. 잎과 채소류의 비타민 K₁ 함량

잎 및 채소류는 용매추출법을 이용하여 총 7종을 분석하

Table 1. The content of vitamin K₁ in leaves and vegetables (Unit: µg/100 g)

Sample	Contents
<i>Allium hookeri</i> , leaves	107.03± 4.57
<i>Aster yomena</i>	194.61±14.61
Gugija (<i>Lycium chinense</i> Miller), leaves	682.73±32.83
Gugija (<i>Lycium chinense</i> Miller), shoot	257.62±12.61
Hansan ramie, leaves	423.12±11.64
Mustard green	114.18± 9.34
Sweet potato 'Shingunmi'	2.72± 0.14
Sweet potato 'Shinyulmi'	2.74± 0.27
Taro	1.83± 0.24

All values represent mean±S.D.

였으며, 분석한 농산물은 모두 생것을 마쇄 후 동결시켰던 것을 사용하였다. Table 1에 분석한 비타민 K₁의 함량(µg/100 g) 및 표준편차를 나타내었다. 잎류 내 비타민 K₁의 범위는 107.03~682.73 µg/100 g으로 높은 함량이 검출되었고, 채소 내 비타민 K₁의 범위는 1.83~2.74 µg/100 g이었다. 가장 높은 값을 나타낸 것은 구기자 잎으로 682.73 µg/100 g이었고, 다음으로 한산모시잎 423.12 µg/100 g, 구기자 순 257.62 µg/100 g으로 비교적 높은 분석값을 보였다. 쑥부쟁이는 194.61 µg/100 g, 삼채잎은 107.03 µg/100 g으로 분석되었다. 갖의 경우 114.18 µg/100 g으로 분석되었으며, 이는 국내 식품성분표(RDA 2012)와 일본 문부성의 데이터(Ministry of Education, Culture, Science, and Technology (MEXT) 2015) 260 µg/100 g 보다는 낮은 수치였다. 따라서 비타민 K는 녹황색채소인 잎채소에서 높은 수치를 보였다. 그리고 대왕토란과 고구마는 각각 1.83 µg/100 g과 2.72~2.74 µg/100 g으로 다른 채소보다는 낮은 함량을 보였는데, 이는 미국농무부(U.S. Department of Agriculture (USDA) 2016)의 데이터에서 토란 1 µg/100 g과 고구마 2.4 µg/100 g의 결과와 유사함을 보였다.

2. 과일류의 비타민 K₁ 함량

과일류의 비타민 K₁ 함량은 용매추출법을 이용하여 총 16종을 분석하였으며, 분석결과는 Table 2에 나타내었다. 과일류의 비타민 K₁ 함량 범위는 0.17~28.22 µg/100 g으로 분석되었다. 마른 반시에서 28.22 µg/100 g으로 가장 높은 수치를 보였으며, 청포도 14.97 µg/100 g, 골드키위 15.90 µg/100 g, 레드키위 13.54 µg/100 g, 그린키위 16.36 µg/100 g으로 다른 과일들과 비교해서 비교적 높은 함량을 보였다. 아로니아는 생것과 냉동한 것에서 7.59 µg/100 g과 6.86 µg/100 g으로 비슷한 함량을 보였고, 산수유 7.30 µg/100 g, 구기자 5.30 µg/100 g, 포도 3.30 µg/100 g, 오미자 2.72 µg/100 g으로 분석되었고, 감,

Table 2. The content of vitamin K₁ in fruits

Sample	Contents (Unit: µg/100 g)
Aronia, raw	7.59±0.60
Aronia, freezed	6.86±0.02
Apple	0.23±0.03
Apple 'Huji'	0.24±0.05
Corni fructus	7.30±1.11
Green grape	14.97±0.23
Grape	3.30±0.31
Gugija (<i>Lycii fructus</i>)	5.30±0.36
Kiwi, green	16.36±0.87
Kiwi, gold	15.90±2.74
Kiwi, red	13.54±3.52
Omija	2.72±0.31
Persimmon 'Daebong'	0.30±0.05
Persimmon 'Bansi', dried	28.22±3.57
Persimmon 'Bansi', raw	0.61±0.18
Mandarin	0.17±0.05

All values represent mean±S.D.

사과에서는 1.0 µg/100 g 이하였으며, 감귤에서는 검출되지 않았다. 미국농무부의 식품성분표(USDA 2016)에 의하면 그린 키위와 골드키위가 각각 40.3 µg/100 g, 5.5 µg/100 g의 수치를 보여 본 실험과 차이를 보였고, 감(일본산)은 2.6 µg/100 g, 사과는 껍질을 제거한 것이 0.6 µg/100 g으로 보고되었다. 감귤의 경우, 비타민 K₁가 국내 식품성분표(RDA 2012), 미국 농무부(USDA 2016), 일본 문부성(MEXT 2015)의 자료에서 모두 검출되지 않았다고 보고됐다. 본 실험의 결과와 국내외 다른 식품성분표 자료들 간의 분석 값 차이가 있었는데, 이러한 결과들은 시료의 재배지역, 재배시기 차이에 따른 함량 변화 때문인 것으로 사료된다.

3. 곡류 및 기타 농산물의 비타민 K₁ 함량

곡류 및 기타 농산물의 비타민 K₁ 함량 용매추출법을 이용하여 곡류 3종, 버섯 2종, 특수작물 6종을 분석하였다(Table 3). 곡류의 비타민 K₁ 함량 범위는 1.14~3.47 µg/100 g이었고, 귀리 3.04 µg/100 g, 울무 1.14 µg/100 g, 퀴노아 3.47 µg/100 g으로 분석되었다. 느타리버섯, 이슬송이버섯, 초석잠에서는 모두 비타민 K₁이 검출되지 않았으며 느타리버섯은 국내 식품성분표(RDA 2012), 미국 농무부(USDA 2016), 일본 문부성(MEXT 2015)의 자료에서도 모두 비타민 K₁이 검출되지 않았다. 모링가는 279.02 µg/100 g의 높은 함량을 보였고, 아마란스는 붉은 색은 3.48 µg/100 g, 노란 색에서는 검출되지 않았

Table 3. The content of vitamin K₁ in cereals and specialty crops

Sample	Contents (Unit: µg/100 g)
Adlay	1.14±0.12
Oats, milled	3.04±0.26
Quinoa	3.47±0.36
<i>Lentimula edodes</i> GNA01	0
Oyster mushroom	0
Amaranth, red	3.48±0.36
Amaranth, yellow	0
Chayote, green	11.68±1.05
Chayote, white	5.31±0.59
Chinese artichoke	0
Moringa	279.02±7.91

All values represent mean±S.D.

다. 차요테는 백색종 5.31 µg/100 g, 녹색종 11.68 µg/100 g으로 녹색 종에서 조금 더 높게 분석되었으며, 일본 문부성의 식품 분석표(MEXT 2015)에서의 9 µg/100 g과 유사한 수치였다.

4. 분석방법의 검증

본 연구에서는 사용된 분석방법을 검증하기 위해 농촌진흥청으로부터 제공받은 브로콜리와 표고버섯 혼합물을 이용하여 직선성(linearity), 정밀성(precision), 정확성(accuracy)을 측정하였다. 비타민 K₁ 표준용액 0~1.6 µg/mL 농도 범위에서 검량선을 작성한 결과, 상관계수(R²)는 0.999로 우수한 직선성을 나타내었다(Fig. 1). 표준물질의 경우, 피크가 8.507분에 검출되었으며, 정도관리 시료의 경우 8.500분에 피크가 검출되었고, 표준물질과 시료의 chromatogram은 Fig. 2에 나타내었다. 측정값의 신뢰도를 판단하는 정확성은 회수율을 이용

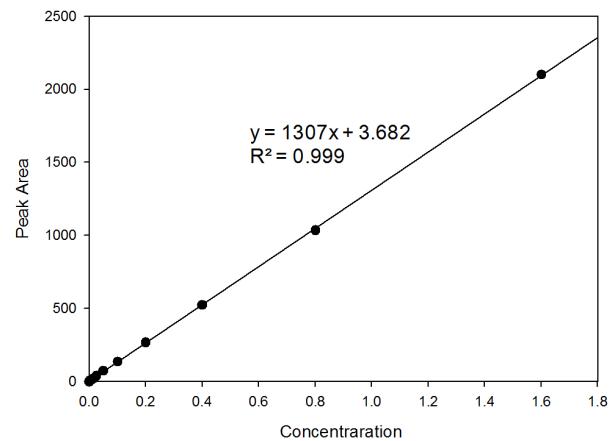


Fig. 1. Standard calibration curve of vitamin K₁.

Table 4. Precision and accuracy for vitamin K₁ analysis

Parameter	Precision		Accuracy ¹⁾
	Repeatability ²⁾	Reproducibility ³⁾	Recovery (%)
Mean ⁴⁾	366.65	376.68	110.52
Standard deviation	32.81	19.90	9.40
Coefficient of variation	8.95	5.28	8.50

¹⁾ Accuracy is a measure of the closeness of the analytical result to the true value determined by analyzing a spiked sample.

²⁾ Repeatability was evaluated using three independent analyses of replicate sample performed on a given day.

³⁾ Reproducibility was evaluated using five independent analyses of replicate sample performed on a different day.

⁴⁾ n=5, µg/100 g sample on raw weigh basis.

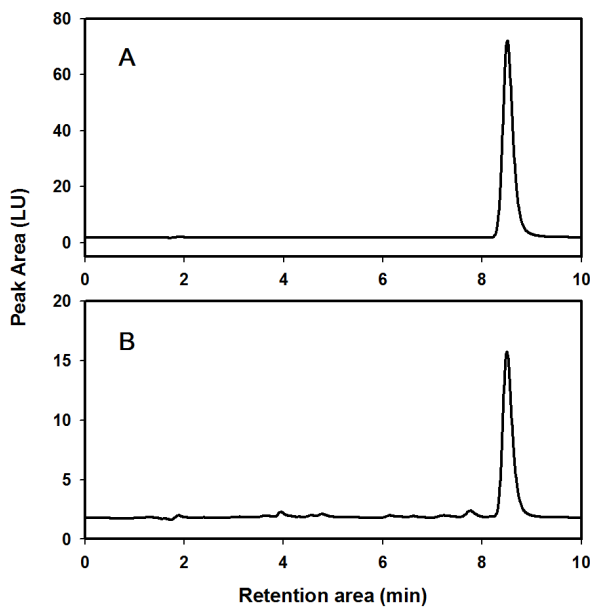


Fig. 2. Analytical HPLC chromatogram of vitamin K₁ standard (A) and sample (broccoli and shiitake mushroom) (B).

하여 검증하였으며, 그 값은 $110.52 \pm 9.40\%$ ($n=5$)로 우수한 결과를 보였다. 측정값의 오차 정도를 판단하는 정밀도는 반복성과 재현성을 이용하여 검증하였다. 반복성과 재현성의 변동계수 (coefficient of variation, CV) 값은 각각 8.95%, 5.28%로 우수하였다 (Table 4). 분석 결과를 관리하기 위해 분석관리 물질인 브로콜리와 표고버섯 혼합물의 분석관리 차트를 작성하였다. 분석관리 차트의 기준값을 정하기 위해 시료를 10회 이상 반복 분석하여 평균값을 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 (data not shown).

요 약

본 연구는 국내에서 많이 재배되는 농산물과 특수하게 재배되는 농산식품 자원(잎 및 채소류 9종, 과일류 16종, 곡류 및 특용작물 11종)을 선정하여 비타민 K₁의 함량 분석하여 기초데이터를 마련하고, 실험에 사용한 분석법을 검증하여 결과의 신뢰도를 확보하고자 하였다.

각 식품군의 비타민 K₁은 용매추출법을 이용하여 추출하였고, 형광 검출기를 이용하여 HPLC를 통해 정량하였다. 잎채소류 내 비타민 K₁의 범위는 107.03~682.73 µg/100 g였으며, 구기자 앞에서 682.73 µg/100 g으로 가장 높게 검출되었고, 대왕토란과 고구마는 각각 1.83 µg/100 g과 2.72~2.74 µg/100 g으로 낮은 함량을 보였다. 과일류의 비타민 K₁ 함량 범위는 0.17~28.22 µg/100 g으로 분석되었고, 마른 반시에서 28.22 µg/100 g으로 가장 높은 수치를 보였으며, 청포도 14.97 µg/100 g, 키위류 13.54~16.36 µg/100 g으로 다른 과일들과 비교해서 비교적 높은 함량을 보였다. 곡류의 비타민 K₁ 함량 범위는 1.14~3.47 µg/100 g이었고, 느타리버섯, 이슬송이버섯, 초석잡에서는 모두 비타민 K₁이 검출되지 않았다. 검량선의 상관계수는 0.999로 높은 유의 수준을 보여 분석에 적합함을 알 수 있었으며, 반복성과 재현성의 변동계수 값은 각각 8.95%, 5.28%로 우수하였다. 따라서, 본 연구에서 분석된 자료는 국내에서 재배되는 지역농산물의 비타민 K₁ 기초데이터로 이용될 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(세부과제명: 지역 농산물의 비타민 A(레티놀, 베타카로틴), 비타민 E, 비타민 K DB 구축, 과제번호: PJ01085004)의 지원에 의해 이루어진 것임.

References

Choe JS, Chun HK, Park HJ. 2001. International composition of food composition table. *Korea J Community Living Sci*

- 12:119-135
- Chun JY, Martin JA, Chen L, Lee JS, 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
- Damon M, Zhang NZ, Haytowitz DB, Booth SL. 2005. Phylloquinone (vitamin K₁) content of vegetables. *J Food Comp Anal* 18:751-758
- Hauschka P, Lian JB, Cole DE, Gundberg CM. 1989. Osteocalcin and matrix Gla protein: Vitamin K-dependent proteins in bone. *Physiol Rev* 69:990-1047
- Institute of Medicine. 2001. Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Aresenic Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc. pp. 169-196. National Academy Press
- Jeon G, Lee J. 2009. Comparison of extraction procedures for the determination of capsaicinoids in peppers. *Food Sci Biotechnol* 18:1515-1518
- Korea Food and Drug Administration (KFDA). 2013. Korean food standard codex. 2nd ed. pp.10-102
- Lee SE, Sung JH, Choi YM, Kim YW, Jeong HS, Lee JS. 2015. Analysis of vitamin K₁ in commonly consumed foods in Korea. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 44:1194-1199
- Ministry of Education, Culture, Science, and Technology (MEXT). 2015. Standard tables of food composition in Japan. 7th ed. The Council for Science and Technology, Subdivision on Resources. Japan
- Ministry of Health & Welfare, The Korean Nutrition Society. 2015. Dietary Reference Intakes for Koreans. 3rd ed. pp 1-1118. Korea
- Rural Development Administration (RDA). 1991. Food Composition Table. 4th ed. pp. 1-295. Korea
- Rural Development Administration (RDA). 2011. Food Composition Table. 8th ed. pp. 1-636. Korea
- Rural Development Administration (RDA). 2012. Fat-soluble Vitamin Composition Table. 1st ed. pp. 1-227. Korea
- Sadowski JA, Hood SJ, Dallal GE, Garry PJ. 1993. Phylloquinone in plasma from elderly and young adults: Factors influencing its concentration. *Am J Clin Nutr* 50:100-108
- 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
- Semih O, Ozlem C. 2007. Determination of vitamin K₁ content in olive oil, chard and human plasma by RP-HPLC method with UV-Vis detection. *Food Chem* 100:1220-1222
- Shearer MJ. 1990. Vitamin K and vitamin K-dependent proteins. *Br J Haematol* 75:156-162
- U.S. Department of Agriculture (USDA). National Nutrient Database for Standard Reference Release 28. <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/search/list> (accessed April 2016)
- Vermeer C. 1990. Review article: γ -carboxyglutamate-containing proteins and the vitamin K-dependent carboxylase. *Biochem J* 266:625-636
- Zelis M, Zweegman S, van der Meer FJ, Kramer MH, Smulders YM. 2008. The interaction between anticoagulant therapy with vitamin K-antagonists and treatment with antibiotics: a practical recommendation. *Ned Tijdschr Geneeskd* 152:1042-1046

Received 6 May, 2016
 Revised 18 May, 2016
 Accepted 27 May, 2016