

국가표준식품성분표 개정을 위한 국내 다소비 해조류 및 채소류의 비타민 E 및 K 분석

김효진^{1†} · 이서경^{1†} · 박진주² · 김현정^{1,*}

¹제주대학교 식품생명공학과, ²농촌진흥청 국립농업과학원 농식품자원부 식생활영양과

Analysis of vitamin E and K contents in sea algae and vegetables frequently consumed in Korea for National Standard Food Composition Database

Hyo Jin Kim^{1†}, Seogyong Lee^{1†}, Jin Ju Park², and Hyun Jung Kim^{1,*}

¹Department of Food Bioengineering, Jeju National University

²Food and Nutrition Division, Department of Agrofood Resources,
National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration

Abstract Vitamin E and K are essential micronutrients required by our body in small amounts for proper metabolic functions; however, the content of vitamin E and K commonly consumed in foods has not been comprehensively defined. In this study, the contents of vitamins E and K in sea algae and vegetables were analyzed and the analytical methods were validated. The α -tocopherol equivalent (α -TE) and vitamin K₁ content in sea algae ranged from 0.15 to 1.14 mg/100 g and from 11.91 to 1,629.5 μ g/100 g, respectively. In addition, α -TE and vitamin K₁ of vegetables were detected in the range of 0.02–2.48 mg/100 g and 16.15–979.60 μ g/100 g, respectively. In particular, β - and γ -tocopherol and α - and β -tocotrienol were detected in several vegetables. The analytical methods were accurate and reproducible. These results provide reliable data on the vitamin E and K contents of foods consumed in Korea for the development of National Standard Food Composition Database.

Keywords: Vitamin E, Vitamin K, Sea algae, Vegetables, High-performance liquid chromatography

서 론

생활습관과 식습관은 고혈압, 당뇨병, 비만, 고지혈증, 동맥경화증 등 만성 질환의 발병과 관련성이 높음(Moon 등, 2019), 균형 있는 영양소 섭취와 같은 올바른 식습관으로 이러한 질환들을 예방할 수 있다(Shin과 Lee, 2020). 균형 있게 영양소를 섭취하기 위해서는 소비하는 식품의 정확한 영양성분 정보를 인지하는 것이 중요하다. 이를 위해 현재 국내에서는 식품영양성분 데이터베이스가 구축되고 있지만 주로 다량영양성분에 해당하는 탄수화물, 지방, 단백질 등을 중심으로 업데이트가 이루어지고 있고(Jeong 등, 2020), 인체의 정상적인 성장, 물질대사, 생리작용 등에 필요한 필수영양소인 비타민(Jeong 등, 2020; Shrivas 등, 2018)과 같은 미량영양성분에 대한 정확한 데이터 수집은 아직도 부족한 실정이다(Jeong 등, 2020). 특히 비타민 D와 K를 제외한 모든 비타민은 생체 내에서 충분한 양이 합성되지 않기 때문에

반드시 식품 섭취를 통해서 보충되어야 하므로(Shrivas 등, 2018) 이들 함량에 대한 정확한 정보가 필요하다. 학계와 산업계 등 식품영양 분야 전문가를 대상으로 현재 국내에서 사용되고 있는 식품영양성분 데이터베이스에 우선적으로 추가 또는 보완되어야 할 영양소에 대한 요구를 조사한 연구 결과에서 비타민 E와 K에 대한 식품영양 데이터베이스의 추가와 보완이 필요한 것으로 나타났다(Lee 등, 2018a). 따라서 국내에서 빈번히 소비되는 다소비 식품의 비타민 E와 K 함량에 대한 정확한 분석과 신뢰할 수 있는 데이터베이스가 필요하다.

체내에서 자유 라디칼을 제거하고 지질과산화물을 감소시켜 항산화 작용을 하는 것으로 알려져 있는 비타민 E는 side chain의 이중결합 유무에 따라 tocopherol과 tocotrienol로 나뉘며, 이들은 각각 methyl기가 붙은 위치와 수에 따라 α -, β -, γ -, δ -의 이성질체로 구분할 수 있다(Fanali 등, 2017; Knecht 등, 2015). 이러한 8가지 비타민 E 이성체들이 식품에 함유되어 있는 함량은 각각 다를 뿐 아니라 그들이 제공하는 생리활성 정도도 다른 것으로 알려져 있다(Park 등, 2016). 비타민 K는 naphthoquinone 핵과 phytyl잔기를 갖는 phyloquinone (비타민 K₁)과 불포화 isoprene 단위를 갖는 menaquinone (비타민 K₂)으로 구성되어 있다(Fanali 등, 2017). 비타민 K₁은 광합성을 하는 모든 식물에 존재하는 화합물로 녹색 채소와 해조류에 많이 함유되어 있는 것으로 알려져 있지만(Lee 등, 2015), 비타민 K₂는 미생물에 의해 생성되기 때문에 육류, 유제품, 계란, 발효 식품에 미량으로 존재한다(Booth, 2012; Viñas 등, 2013). 정상적인 식사를 하는 경우, 신체 내 비타민 E와 K의 결핍을 유발시키기는 어렵지만, 비타민 E 결

[†]Co-first authors: Two authors are equally contributed to the current study.

*Corresponding author: Hyun Jung Kim, Department of Food Bioengineering, Jeju National University, Jeju 63243, Korea
Tel: +82-64-754-3614
Fax: +82-64-755-3601
E-mail: hyunjkim@jejunu.ac.kr
Received November 5, 2020; revised December 10, 2020;
accepted December 11, 2020

핍 시 신경계 및 골격근 기능 장애가 발생 할 수 있으며, 약물 복용, 지방 흡수 불량, 간질환이 있는 경우 비타민 K의 결핍증이 발생할 수 있고 항생제를 장기적으로 복용할 경우 장내 미생물에 의해 합성되는 menaquinone의 생체 내 양이 줄어들 수 있다(Ahn 등, 2017; Lee 등, 2016). 또한 보충제 섭취를 통해서 과량으로 비타민 E를 섭취할 경우에는 오히려 비타민 K의 흡수를 저해하여 혈소판 응집 억제, 혈액 응고 저해 등 출혈 독성이 발생할 수 있는 것으로 알려져 있다(Ahn 등, 2017). 이와 같이 비타민 E와 K 섭취 수준과 건강과의 상관성 규명을 위해서는 일상 식사를 통해 섭취되는 필수미량성분 함량에 대한 정보를 필수적으로 제공받아야 한다.

식품에 함유된 비타민 E와 K에 대한 정확한 함량 분석을 위해서는 그 분석 방법에 대한 검증도 반드시 필요하다. 비타민 E를 분석하기 위한 식품 중 비타민 E 추출 방법에는 효소적 가수분해법, 검화방법, Soxhlet 추출법, 직접용매추출법 등이 있으며, 가장 많이 활용되는 방법은 알칼리 가수분해를 통한 검화방법이다(Lee 등, 2006). 이후 추출물로부터 8가지 이성질체의 비타민 E 분석은 HPLC를 활용한 방법이 가장 많이 사용된다(Knecht 등, 2015; Lee 등, 2006). 비타민 K 분석을 위해서도 효소를 이용하여 지방을 분해하고 비타민 K를 추출하는 방법과 유기용매를 이용하여 비타민 K를 추출하는 방법이 사용되고 있다(Kim 등, 2014a). 추출된 비타민 K는 비색법, 박층크로마토그래피, Gas Chromatography (GC), High-Performance Liquid Chromatography (HPLC)를 이용하여 분석이 가능하며, 최근 발표된 연구에서는 주로 HPLC를 사용한다(Kim 등, 2014a). 국가영양성분 데이터베이스 구축 및 다양한 식품군에서 분석을 진행하기 위해서는 신속하고 간편하면서도 정확하며 재현성을 얻을 수 있는 HPLC와 같은 기기분석법이 선호되고 있다(Jeong 등, 2020). 또한 이렇게 얻은 데이터의 신뢰성 확보를 위해 분석법 검증을 통한 데이터베이스를 구축해야 한다.

따라서 본 연구에서는 국내에서 다소비되는 식품군 중 해조류와 채소류에 함유된 비타민 E와 K 함량 데이터베이스 구축을 위해 분석법 검증 및 분석품질관리를 실시하고, 이를 적용하여 정확한 비타민 E와 K 함량을 조사함으로써 분석 신뢰성을 확보하고자 하였다.

재료 및 방법

시약 및 재료

Vitamin E 표준품(α -, β -, γ -, δ -tocopherols과 tocotrienols)과 sodium acetate, acetic acid, zinc powder (particle size <63 μ m)는 Merck (Darmstadt, Germany)로부터 구입하였고, vitamin K₁ (phyloquinone)은 Wako Co. (Tokyo, Japan)에서 vitamin K₂ (menaquinone), butylated hydroxytoluene (BHT), lipase (from *Candida rugosa*, 1,000 units/mg, type VII), monobasic potassium phosphate, magnesium sulfate (anhydrous)는 Sigma-Aldrich Co. (St. Louis, MO, USA)에서 구입하여 사용하였다. Potassium hydroxide, potassium carbonate, pyrogallol은 Daejung Chemical Co. (Siheung, Korea), sodium chloride는 Junsei Chemical Co. (Tokyo, Japan) 제품을 사용하였다. n-Hexane, isopropanol, ethyl acetate (J. T. Baker, Philipsburg, NJ, USA)와 methanol, ethanol, dichloromethane, water (Burdick & Jackson Co., Muskegon, MI, USA)은 HPLC 등급으로 사용하였다. 내부 분석품질관리를 위해 사용된 품질관리 시료는 농촌진흥청(Jeonju, Korea)에서 잣과 브로콜리, 표고버섯 혼합물을 제공받아 사용하였다.

시료 준비

본 연구에서 사용된 총 34종의 식품은 국가표준식품성분표 제 10 개정판 발간을 위해 선정된 시료로 농촌진흥청에서 2019년과 2020년에 제공받아 실험에 사용하였다. 시료 정보와 전처리 방법은 Table 1과 Table 2에 명시하였다. 모든 시료는 -18°C의 냉동고(IBK-500F, Infobiotech, Daejeon, Korea)에서 저장하였으며, 추출 과정 전 4°C 냉장고(IBK-700RFA, Infobiotech)에서 해동한 후 실험을 진행하였다.

검화방법(Saponification)을 이용한 비타민 E 추출 방법

시료 중 비타민 E는 Sim 등(2018)의 검화방법에 따라 추출하였다. 2g의 시료를 시험관(200 mm×24 mm)에 취하여 6% pyrogallol을 함유한 에탄올 20 mL를 첨가하고 질소가스로 충전 후 초음파기(ESW-2850B, Hwashin Tech Co., Gwangju, Korea)로 10분간 처리하여 시료를 균질화 시켰다. 60% KOH 용액 8 mL를 첨가한 후 다시 질소가스로 충전한 뒤, 냉각관을 연결하고, 이를 70°C shaking water bath (JSSB-30T, JS Research Inc., Gongju, Korea)에서 50분간 검화시켰다. 약 2시간 냉각 후, 2% NaCl 용액 30 mL를 첨가하여 에탄올 농도를 조절하였다. 0.01% BHT를 함유한 추출용매(n-hexane:ethyl acetate=90:10, v/v) 20 mL를 첨가 후 총 3회 반복하여 비타민 E를 추출하였으며, 추출액은 무수 MgSO₄를 통하여 수분을 제거하고 총 50 mL로 정용하였다. 이 추출액 2 mL를 취하여 질소가스로 용매를 제거한 뒤, 1 mL의 n-hexane으로 재용해시킨 후, 0.45 μ m PTFE syringe filter (Whatman International Ltd., Piscataway, NJ, USA)로 여과하고 HPLC를 이용하여 분석하였다.

용매 추출법(Solvent extraction method)을 이용한 비타민 K 추출

시료 중 비타민 K 추출은 Lee 등(2015)의 용매 추출법에 따라 추출하였다. 시료 1g을 50 mL 비커에 취하여 dichloromethane과 methanol 혼합용매(dichloromethane:methanol=2:1, v/v)를 30 mL 첨가하였다. Homogenizer (HG-15A, Daihan Scientific, Wonju, Korea)를 이용하여 2분간 균질 후, 무수 sodium acetate를 통하여 추출물의 수분을 제거하고 50 mL로 정용하였다. 정용한 용액 2 mL를 질소가스를 이용하여 용매를 완전히 제거한 후, n-hexane 2 mL를 가하여 용해시켰다. Methanol과 water 혼합용매(methanol:water=9:1, v/v) 8 mL를 첨가하여 conical tube에 옮겨 담고 676 \times g에서 5분간 원심분리(416, Gyrozen Co., Ltd., Daejeon, Korea) 하였다. 상층액 1 mL를 취하여 질소가스를 이용하여 용매를 제거한 후, methanol 1 mL를 가하여 재용해시켜, 0.45 μ m PTFE syringe filter (Whatman, Maidstone, UK)로 여과하고 HPLC를 이용하여 분석하였다.

HPLC에 의한 비타민 E 및 K 분석

시료에서 추출한 비타민 E와 K 분석에는 HPLC-FLD (Infinity 1260 II, Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA)를 이용하였다. 비타민 E 분석을 위한 컬럼은 Lichrosphere® Diol 100 column (250×4 mm, i.d. 5 mm, Merck Millipore, Nottingham, UK), 이동상은 1.3% isopropanol을 함유한 n-hexane을 0.2 μ m membrane filter (Sartorius, Goettingen, Germany)로 여과하여 사용하였다. 유속은 1.0 mL/min였으며, 시료 주입량은 20 μ L였다. 형광 검출기(fluorometric detector, FLD)의 파장은 excitation wavelength 290 nm, emission wavelength 300 nm에서 측정하였다. 비타민 K 분석 컬럼은 ZORBAX Eclipse XDB-C18 column (150 mm×4.6

Table 1. Information of sea algae sample preparation for the analysis of vitamin E and K

Sea algae	Purchase information	Description	Cooking method
Sea mustard (<i>Myeok</i>)	Raw sea mustards were purchased from Goheung and Jindo, Korea.	Raw	Washing 3 times in distilled water
		Boiled	Soaking raw sea mustards in water (1:20) for 30 min Boiling it with water (1:3) for 20 min Removing moisture by putting on a strainer for 30 min
		Dried	Four different products were used.
		Dried, soaked in water	Soaking dried sea mustards with water (1:20) for 30 min
Sea mustard (<i>Myeok</i>)	Four different dried sea mustards were purchased from Gangjin, Yeosu, and Wando, Korea and Ottogi Co. Ltd. (Anyang, Korea).	Dried, soaked in water, boiled	Boiling soaked dried sea mustards with water (1:3) for 20 min Removing moisture by putting on a strainer for 30 min
		Raw stem, desalted	Two commercial products were mixed evenly. Desalting by soaking in water for 2 h and washing
Kelp (<i>Dashima</i>)	Two different raw sea mustard stems were the products of Shinwang F&B (Goseong, Korea) and Nonghyup Hanaro Mart (Jeonju, Korea).	Raw	Washing 3 times in distilled water
		Dried	Three different commercial products were mixed evenly.
		Dried, soaked in water	Soaking dried kelp in water (1:20) for 30 min
Kelp (<i>Dashima</i>)	Three different products of dried kelps were from Ottogi Co. Ltd. (Anyang, Korea), Haemalgun Bunyoung (Yangpyeong, Korea), and Chaoreum (Pyeongtaek, Korea).	Dried, soaked in water, stock	Dried kelp (16 g in 2 L water) was heated. When water boiled, the heat was turned off and the kelp was removed.
		Raw	Washing 3 times in distilled water
Fulvescens (<i>Maesaengi</i>)	Raw fulvescens was purchased from Wando, Korea.	Boiled	When water boiled, raw fulvescens were added (raw fulvescens:water, 1:3) and heat was off once it boiled.
		Dried	Two commercial products were mixed evenly.
Seaweed fusiforme (<i>Tot</i>)	Two different products of dried fulvescens were from Wando, Korea and Haedream, Hwasun, Korea.	Raw	Washing 3 times in distilled water
		Blanched	When water boiled, the seaweed fusiforme was added (seaweed fusiforme:water, 1:3) and heat was off once it boils.

Table 2. Information of vegetables sample preparation for the analysis of vitamin E and K

Vegetables	Purchase information	Description	Washing	Cooking method
Japanese horseradish, Leaves	Japanese horseradish was purchased from Gangneung, Korea.	Raw, with stem	Washing	
	Two different commercial products were from Sangha Food (Mungyeong, Korea) and Solnaemael (Gangneung, Korea).	Pickled (<i>Jangajji</i>)	Two different commercial products were mixed evenly.	
Radish, Gegeol	Radish was produced in Yeosu, Korea.	Roots, raw Leaves, raw	Roots were separated from radish. Leaves were separated from radish.	
Taro, Stem	Two different products were from Onskyfarm Ltd. (Namyangju, Korea) and Sandeulip (Iksan, Korea).	Dried	Two commercial products were mixed evenly	
		Dried, boiled	Soaking dried taro stem in water (1:10) for 1 h Boiling for 15 min Removing moisture by putting them on a strainer for 30 min	
Doraji, Roots	Doraji was produced in Jeonju, Korea.	Raw	Gently removing skins with a knife.	
		Blanched	Blanching raw doraji (1,950 g) in 20 L water at 100°C for a minute in a pot with a closed lid	
Mungbean sprouts	Two different commercial products were from Chorocmael Co., Ltd., (Seoul, Korea) and Youngjin Foods (Ansan, Korea).	Dried, hot-air-drying	Drying at 40°C for 15 h	
		Raw	Two commercial products were mixed evenly	
		Blanched	Blanching raw mungbean sprouts (1,950 g) in 20 L water for 1 min (the pot lid was closed.) Removing moisture by putting them on a strainer for 30 min	
Cucumber	Cucumber was purchased from a local market in Jeonju, Korea.	Steamed	Steaming raw mungbean sprouts (1,950 g) in 5 L water put together in a steamer for 10 min Removing moisture by putting them on a strainer for 30 min	
		White, with skin, raw Green, with skin, raw	Removing inedible parts Removing inedible parts	
Chinese chive	Two commercial products were from Pulmuone co., Ltd. (Eumsung, Korea) and CJ Cheiljedang Corp. (Seoul, Korea).	Pickled, salted	Two commercial products were mixed evenly.	
		Raw Blanched	Washing Boiling (Chinese chive:water = 1:10) for 30 sec	
Deodeok without skin	Deodeok was produced in Jeju, Korea.	Raw Roasted	Removing skin. Roasted raw deodeok at 600°C of pan for 10 min	

mm, 5 μm, Agilent Technologies)과 quinone류를 hydroquinone으로 환원시키기 위해(Kim 등, 2014a) 아연을 충전한 post-column (2.0 mm×50 mm, YMC Co., Wilmington, NC, USA)을 연결하여 사용하였다. 이동상은 methanol과 dichloromethane을 혼합한 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 0.2 μm membrane filter (Sartorius)로 여과하여 사용하였다. 유속은 1.0 mL/min, 시료의 1회 주입량은 50 μL이었고, 컬럼의 온도는 35°C로 유지하였다. 형광 검출기의 파장은 excitation wavelength 243 nm, emission wavelength 430 nm에서 측정하였다.

비타민 E의 α-tocopherol equivalent (α-TE) 계산

현재 한국인의 영양섭취기준에서 비타민 E는 α-TE로 계산되며, 다음의 식에서 tocopherol은 T, tocotrienol은 T3로 나타내었다. γ-T3와 δ-T3는 생리활성이 아직 밝혀지지 않아 계산에서 제외하였다(Park 등, 2016).

$$\alpha\text{-TE}=(\alpha\text{-T함량 mg/100 g}\times 1.0)+(\beta\text{-T함량 mg/100 g}\times 0.5)+(\gamma\text{-T함량 mg/100 g}\times 0.1)+(\delta\text{-T함량 mg/100 g}\times 0.01)+(\alpha\text{-T3함량 mg/100 g}\times 0.3)+(\beta\text{-T3함량 mg/100 g}\times 0.05)$$

영양소 보존율(True retention, %) 계산

영양소 보존율(true retention, TR)은 조리 전후의 시료 중량과 비타민의 함량을 이용하여 아래의 계산식에 따라 계산하였다.

$$\%TR=(Nc\times Gc)/(Nr\times Gr)\times 100$$

- Nc: nutrient contents per grams of cooked food
- Gc: grams of cooked food
- Nr: nutrient contents per grams of raw food
- Gr: grams of food before cooking

분석법 검증

본 연구의 비타민 E와 K 분석은 AOAC (2002) 검증 가이드라인에 따라 분석법의 정확성(accuracy), 정밀성(precision), 직선성(linearity), 검출 한계(limit of detection, LOD)와 정량한계(limit of quantification, LOQ)를 측정하였다. 정확성은 표준참고물질 SRM 3280 (soy milk), SRM 3235 (multi vitamin)의 비타민 E와 K 함량을 분석하고 NIST (National Institute of Standards and Technology)에서 제시한 인증값과 비교하여 회수율(recovery, %)을 계산하였다. 정밀성은 QC 시료인 잣과 브로콜리, 표고버섯 혼합물을 하루에 5반복 실험하여 repeatability (intraday, RSD_i)와 5일 동안 1회씩 실험하여 reproducibility (interday precision, RSD_r)의 coefficient variation (CV, %)을 계산하여 나타냈다. 직선성은 표준물질인 α-, β-, γ-, δ-tocopherol 및 tocotrienol, phylloquinone과 menaquinone을 일반적인 식품 중의 비타민 E 및 K 함량을 포함하는 농도로 제조하여 측정된 peak의 면적과 농도와의 상관성을 분석하였다. 검출한계와 정량한계는 ICH (2005)의 분석법 검증 가이드라인에 따라 수행하였다. 공시험 chromatogram의 signal-to-noise (S/N)의 평균값에 표준편차를 각각 3.3과 10으로 곱한 값을 더하여 구하였다.

분석품질관리

분석품질관리는 AOAC (2002) 가이드라인에 준하여 시료를 분석하는 모든 기간 동안 수행하였다. 관리 한계선의 설정은 품질관리 시료의 비타민 E, K 함량을 10회 이상 반복 분석하고, 상

대 표준편차가 5% 안에 들어가는 값을 선택하여 평균값을 기준값으로 하였다. 관리 상한선 및 하한선, 조치 상한선 및 하한선을 아래의 식과 같이 계산하여 설정하였다. 본 연구 기간 동안 시료 분석 시, QC 시료를 함께 분석하여 품질관리도표(quality control chart, QC chart)를 작성하면서 분석품질관리를 실시하였다.

$$\text{Upper and lower control line}=\text{mean}\pm(2\times\text{SD})$$

$$\text{Upper and lower action line}=\text{mean}\pm(3\times\text{SD})$$

통계처리

통계는 SPSS 23.0 (Statistics Package for the Social Science, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 프로그램을 이용하여 분석 결과의 평균과 표준편차를 구하였다. 세 그룹 이상의 시료 간의 유의적 차이는 Duncan's multiple range test를 이용하였으며, 두 그룹 시료 간 유의적 차이는 t-test를 이용하여 모두 p<0.05 수준에서 검증하였다.

결과 및 고찰

해조류의 비타민 E와 K 함량

국내 다소비 해조류인 미역, 다시마, 매생이, 툇에 함유된 비타민 E는 8가지 이성질체 중 α-tocopherol만 검출되어 이들의 α-tocopherol 함량 및 α-TE를 Table 3에 나타내었다. 전반적으로 미역(생 것, 끓인 것, 불린 것, 끓인 후 불린 것, 줄기 생 것)에서는 비타민 E가 검출되지 않았지만, 건조 미역(dried)은 α-tocopherol의 함량이 0.96 mg/100 g으로 나타났다. 마찬가지로, 생다시마(raw)에도 비타민 E가 검출되지 않았지만 건조 다시마(dried)에서는 0.89 mg/100 g의 α-tocopherol 이 함유되어 있었다. 또한 건조 다시마를 물에 불린 것(dried, soaked in water)의 α-tocopherol 함량은 0.50 mg/100 g이며, 건조 다시마를 물에 불린 것을 육수로 제조하였을 때(dried, soaked in water, stock)에는 비타민 E가 검출되지 않았다. 생매생이(raw)의 α-tocopherol 함량은 0.15 mg/100 g이었으며, 이를 끓인 것(boiled)과 동일하였다. 건조 매생이(dried)는 1.14 mg/100 g으로 생매생이보다 높은 α-tocopherol 함량을 나타냈다. 생툇(raw)과 데친 툇(blanchd)의 α-tocopherol 함량은 각각 0.42 및 0.38 mg/100 g으로 유의적인 차이는 없었다(p>0.05). 국내에서 다소비 되는 해조류인 미역, 다시마, 매생이 및 툇의 비타민 E 함량은 0.15-1.14 mg/100 g으로 나타났으며, 8가지 비타민 E 이성체 중 α-tocopherol을 제외한 나머지 7가지 이성체는 검출되지 않아 α-TE는 0.15-1.14 mg/100 g로 α-tocopherol 함량과 동일하였다. 식품성분표(RDA, 2016)에 의하면 조리된 김과 미역 튀각을 제외한 해조류의 비타민 E 함량 범위는 0.00-1.03 mg/100 g으로 보고되어 본 연구 결과와 유사하였다. Kim 등(2014b)의 연구 결과에 따르면, 비타민 E는 건조과정 중 온도, 자외선 및 공기 중의 산소와의 접촉 등에 의해 산화되어 손실 정도가 클 것으로 보고되었지만 본 연구 결과에서는 생미역(raw)과 생다시마(raw)에서 비타민 E가 검출되지 않았고 오히려 건조 후에는 검출되었다. 이는 생미역(raw) 및 생다시마(raw)의 수분함량이 건조과정 동안 감소하여 비타민 E 함량이 상대적으로 증가한 것으로 생각된다. 반면 건조 미역을 물에 다시 불렸을 때(dried, soaked in water)는 생미역(raw)과 동일하게 비타민 E가 검출되지 않았고 건조 다시마를 물에 다시 불렸을 때(dried, soaked in water)에는 비타민 E가 소량 검출되었다. 건조 과정 중 식품의 조직들이 손상되어 조직 내 용질들이 용출되었을 때 수화복원력이 떨어지게 되는데(Jiang 등, 2016), 본 결과에서도 수확방법 및 건조방법 등

Table 3. Vitamin E and K contents in sea algae

Sea algae	Description	Vitamin E (mg/100g)		Vitamin K ₁ (µg/100 g)
		α-T ¹⁾	α-TE	
Sea mustard (<i>Miyook</i>)	Raw	- ²⁾	-	253.35±5.90 ^b
	Boiled	-	-	-
	Dried	0.96±0.04 ^{a,3)}	0.96±0.04 ^a	1,629.50±69.60 ^a
	Dried, soaked in water	-	-	35.89±0.75 ^d
	Dried, soaked in water, boiled	-	-	-
	Stem, desalted, raw	-	-	184.29±3.74 ^c
Kelp (<i>Dashima</i>)	Raw	-	-	61.53±1.46 ^c
	Dried	0.89±0.04 ^a	0.89±0.04 ^a	206.33±7.84 ^a
	Dried, soaked in water	0.50±0.01 ^b	0.50±0.01 ^b	83.92±4.10 ^b
	Dried, soaked in water, stock	-	-	-
Fulvescens (<i>Maesaengi</i>)	Raw	0.15±0.00 ^b	0.15±0.00 ^b	11.91±0.10 ^b
	Boiled	0.15±0.01 ^b	0.15±0.01 ^b	12.58±0.53 ^b
	Dried	1.14±0.06 ^a	1.14±0.06 ^a	44.23±0.78 ^a
Seaweed fusiforme (<i>Tot</i>)	Raw	0.42±0.01 ^a	0.42±0.01 ^a	160.59±0.65 ^b
	Blanched	0.38±0.04 ^a	0.38±0.04 ^a	212.00±9.42 ^a

¹⁾T corresponds to tocopherol.

²⁾- means not detected.

³⁾Each value is mean±standard deviation. Means with different letters in a column are significantly different at $p<0.05$.

이 시료에 영향을 주어 수화복원력 차이가 나타나 물에 다시 불린 후에도 비타민 E 함량에 영향을 미친 것으로 생각된다. 또한 생매생이(raw)와 이를 끓인 것(boiled)은 비타민 E 함량이 같았으며, 이와 유사하게 생뚝을 데친 후(blanched)에도 유사하였다. 이는 식품 속 α-tocopherol은 가열처리에 매우 안정하다는 이전 연구(Sim 등, 2018) 결과와 일치하였으며, 건조된 것을 제외한 해조류 비타민 E의 영양소보존율이 70.64-102.9% (data not shown)로 가열처리에 의한 비타민 E의 손실은 거의 없는 것으로 보였다. Amorim 등(2012)의 연구에 따르면 해조류에 따라 가열처리가 구조 특성에 미치는 영향이 다르다고 보고되었으며 가열처리로 비타민 E의 추출이 용이할 수 있지만 단단하지 못한 구조에서는 가열처리로 인한 비타민 E의 손실이 발생할 수 있다고 하였다. 따라서 해조류의 구조적 특성에 따라 가열처리에 의한 비타민 E 함량 변화가 다를 것으로 예상된다.

국내 다소비 해조류의 비타민 K 함량을 보면(Table 3), 생미역(raw)의 비타민 K₁ 함량은 253.35 µg/100 g이고, 생미역을 끓인 것(boiled)에는 검출되지 않았다. 건조 미역(dried)의 비타민 K₁ 함량은 1,629.50 µg/100 g으로 생미역(raw)보다 높았으며, 건조 미역을 물에 불린 것(dried, soaked in water)은 35.89 µg/100 g으로 감소하였다. 또한 불린 것을 끓인 것(dried, soaked in water, boiled)은 비타민 K₁이 검출되지 않았다. 미역 줄기(stem, desalted, raw)의 비타민 K₁ 함량은 184.29 µg/100 g으로 생미역(raw)보다 낮게 나타났다. 생다시마(raw)의 비타민 K₁ 함량은 61.53 µg/100 g이었으며 건조 다시마(dried)의 비타민 K₁는 206.33 µg/100 g으로 증가하였다. 건조 다시마를 물에 불린 것(dried, soaked in water)은 비타민 K₁ 함량이 83.92 µg/100 g이었으며, 이를 끓였을 때(boiled, soaked in water, stock)에서는 검출되지 않았다. 생매생이(raw)의 비타민 K₁ 함량은 11.91 µg/100 g이며, 이를 끓였을 때(boiled) 12.58 µg/100 g으로 비타민 K₁의 함량 변화는 없었다. 반면 건조 매생이(dried)의 비타민 K₁ 함량은 44.23 µg/100 g으로 증가하였다.

생뚝(raw)의 비타민 K₁ 함량은 160.59 µg/100 g이었으며 이를 데친 후(blanched)에는 212.00 µg/100 g으로 증가하였다. 따라서 해조류의 비타민 K₁ 함량은 11.91-1,629.50 µg/100 g이었으며, 해조류에서는 비타민 K₂는 검출되지 않았다. 이는 식품성분표에서 제시한 해조류의 비타민 K₁ 함량인 4.76-1,542.68 µg/100 g과 유사한 결과를 보인다(RDA, 2016). 미역, 다시마, 매생이는 건조에 의해 수분함량이 감소하여 비타민 K₁ 함량이 약 3-6배 증가하였다. 비타민 K는 열처리로 인해 시료 내 조직이 파괴되면서 더 많은 함량의 비타민 K₁이 추출될 수 있어(Damon 등, 2005), 생뚝을 데친 것(blanched)은 열처리로 인해 비타민 K₁의 함량이 증가된 것으로 보인다. 하지만 생매생이를 끓인 것(boiled)은 비타민 K₁ 함량 변화가 없었으며, 건조 미역과 다시마(dried)는 가열처리 시 오히려 비타민 K₁ 함량이 감소하였다. 이러한 차이는 해조 시료의 유전적 요인, 수확 방법이나 조리 방법 등에 의해 기인되는 것으로 판단된다(Sim 등, 2018). 비타민 K가 열에 안정하고 조리과정 후에도 그 함량이 유지된다는 보고(Ottaway 등, 2002; Amorim 등 2012)와 유사하게 해조류의 비타민 K 보존율은 건조 후 물에 불린 미역(dried, soaked in water)을 제외하면 95.44-511.01% (data not shown)로 안정하였다.

채소류의 비타민 E와 K 함량

국내에서 소비되고 있는 채소류의 비타민 E 함량 및 α-TE를 Table 4에 나타내었다. Table 3의 해조류 결과와 달리 일부 채소류에서는 비타민 E 이성체 중 α-, β-, 및 γ-tocopherol과 α- 및 β-tocotrienol이 검출되었다. 우선, 생고추냉이(raw, with stem)와 고추냉이장아찌(pickled)에서는 비타민 E가 검출되지 않았고, 게겔무의 뿌리(root, raw)에서는 β-tocopherol (0.03 mg/100 g)이, 잎(leaves, raw)에서는 α-tocopherol 및 β-tocotrienol이 각각 0.58, 0.09 mg/100 g으로 검출되었다. 건조 토란대(dried)는 α-tocopherol과 α-tocotrienol이 각각 0.61, 0.25 mg/100 g이 검출되었으며 건조

Table 4. Vitamin E and vitamin K contents in vegetables

Vegetables	Description	Vitamin E (mg/100 g)					Vitamin K ₁ (μg/100 g)	
		α-T ¹⁾	β-T	γ-T	α-T3 ¹⁾	β-T3		α-TE
Japanese horseradish, Leaves	Raw, with stem	- ²⁾	-	-	-	-	-	979.60±12.86 ^a
	Pickled (<i>Jangajji</i>)	-	-	-	-	-	-	97.50±3.61 ^b
Radish, Gegeol	Roots, raw	-	0.03±0.00 ^a	-	-	-	0.02±0.00 ^b	-
	Leaves, raw	0.58±0.52 ^{a,3)}	-	-	-	0.09±0.00 ^a	0.34±0.04 ^a	62.55±0.93 ^a
Taro, Stem	Dried	0.61±0.02 ^a	-	-	0.25±0.00 ^a	-	0.69±0.02 ^a	85.57±2.00 ^a
	Dried, boiled	0.49±0.02 ^b	-	-	-	-	0.40±0.00 ^b	16.96±0.04 ^b
Doraji, Roots	Raw	1.01±0.05 ^c	-	-	-	-	1.01±0.05 ^c	-
	Blanched	1.14±0.01 ^b	-	-	-	-	1.14±0.01 ^b	-
	Dried, hot-air drying	2.45±0.00 ^a	-	2.45±0.00 ^a	-	-	2.48±0.00 ^a	-
Mungbean sprouts	Raw	-	-	0.49±0.08 ^b	-	-	0.08±0.00 ^a	75.28±2.73 ^b
	Blanched	-	-	0.79±0.17 ^a	-	-	0.05±0.01 ^b	96.86±1.61 ^a
	Steamed	-	-	0.06±0.00 ^c	-	-	-	78.40±1.36 ^b
Cucumber	White, with skin, raw	-	-	-	-	-	-	66.98±1.44 ^a
	Green, with skin, raw	0.13 ±0.00 ^b	-	0.10±0.02 ^a	-	-	0.14±0.01	16.15±1.13 ^b
	Pickled, salted	0.40±0.04 ^a	-	-	-	-	-	-
Chinese chive	Raw	0.40±0.01 ^a	-	-	-	-	0.21±0.01 ^b	134.16±7.28 ^b
	Blanched	0.21±0.04 ^b	-	-	-	-	0.40±0.01 ^a	147.44±2.02 ^a
Deodeok	Without skin, raw	0.22±0.01 ^b	-	-	-	-	0.22±0.01 ^b	-
	Without skin, roasted	0.54±0.06 ^a	-	-	-	-	0.54±0.06 ^a	-

¹⁾T and T3 correspond to tocopherol and tocotrienol, respectively.

²⁾- means not detected.

³⁾Each value is mean±standard deviation. Means with different letters in a column are significantly different at $p<0.05$.

된 토란대를 끓인 것(dried, boiled)에는 α-tocopherol만 0.49 mg/100 g 검출되었다. 생도라지(raw)와 이를 데친 것(blanched)에서 α-tocopherol이 검출되었으며 그 함량은 각각 1.01, 1.14 mg/100 g으로 다른 채소류에 비해 높았다. 반면 열풍건조된 도라지(dried, hot-air drying)는 α-tocopherol 함량이 2.45 mg/100 g으로 생 것과 데친 것에 비해 약 2배 증가하였으며, γ-tocopherol (2.45 mg/100 g)이 추가로 검출되었다. 생숙주나물(raw)과 이를 데친 것(blanched)에서 γ-tocopherol이 검출되었으며 그 함량은 각각 0.49, 0.79 mg/100 g으로 데친 후 함량이 증가하였고, 숙주나물을 찐 것(steamed)에서는 0.06 mg/100 g으로 감소하였다. 백오이(white, with skin, raw)는 비타민 E가 검출되지 않은 반면 취청오이(green, with skin, raw)는 α-tocopherol과 γ-tocopherol의 함량이 각각 0.13, 0.10 mg/100 g이었으며, 오이지(picked, salted)로 조리한 경우 α-tocopherol만 0.40 mg/100 g 검출되었다. 생부추(raw)와 생더덕(without skin, raw)은 α-tocopherol이 각각 0.40, 0.22 mg/100 g 검출되었으며, 생부추를 데친 것(blanched)은 0.21 mg/100 g으로 감소하였고, 구운 더덕(without skin, roasted)은 0.54 mg/100 g으로 증가하였다. 전체적으로, 채소류의 α-TE는 0.01-2.48 mg/100 g으로 식품성분표(RDA, 2016)에서 채소류의 비타민 E의 함량인 0.00-37.56 mg/100 g보다 낮았지만 이는 식품성분표에 표시된 말린 고추나 구기자 잎 등 비타민 E 함량이 높은 채소류가 포함되어 있어 차이를 나타낸 것으로 보인다. 보통 게겔무와 같은 십자화과 채소의 경우 뿌리에서는 비타민 E가 검출되지 않고 잎에서 검출되는 것으로 보고되었는데(Park 등, 2017), 본 연구에서는 게겔무에서도 뿌리와 잎에 서로 다른 비타민 E 이성체가 검출되었고 잎에서 그 함량이

높은 것으로 나타났다. 열풍건조된 도라지는 본 연구에서 분석된 채소류 중 α-tocopherol 함량이 가장 높았으며 γ-tocopherol이 추가로 검출되었다. 이는 열풍건조 과정에서 건조, 데치기, 끓이기 과정 동안 해조류나 채소류에 존재하는 tocopherol oxidase의 활성이 저해되어 비타민 E 손실을 방지하였으며, 가열처리에 의한 세포막의 파괴로 식품 내 성분과 결합되어 있던 비타민 E가 추출되었을 것으로 보인다(Lee 등, 2018b). 또한 채소류의 영양소 보존율은 116.66-226.95% (data not shown)로 높았으나, 숙주나물 찐 것(steamed)과 부추 데친 것(blanched)은 각각 12.41, 41.44%로 낮았는데 이는 시료의 조직이 손상되었거나 효소가 불활성화 할 정도로 충분히 처리되지 않아 tocopherol oxidase 활성으로 인해 비타민 E 함량이 감소한다는 보고(Knecht 등, 2015)에 따라 가열 처리 방법 및 시료 조직의 구조적 특성이 비타민 E 손실에 영향을 미친 것으로 보이며 이에 대한 연구가 더 필요하다고 생각된다. 채소류에서는 비타민 K₁만 검출되어 이를 Table 4에 나타내었다. 생숙주나물(raw)의 비타민 K₁ 함량은 979.60 μg/100 g이었으나 장아찌(pickled)로 조리된 경우 97.50 μg/100 g으로 약 10배 감소하였다. 게겔무의 뿌리(root, raw)에서는 비타민 K가 검출되지 않았으며 잎(leaves, raw)에서는 비타민 K₁이 62.55 μg/100 g 검출되었다. 건조 토란대(dried)와 이를 끓인 것(dried, boiled)의 비타민 K₁ 함량이 각각 85.57, 16.96 μg/100 g으로 가열 처리 후 약 5배 감소하였다. 생숙주나물(raw)과 찐숙주나물(steamed)의 비타민 K₁ 함량이 각각 75.28, 78.40 μg/100 g으로 유사하였으나, 데친 숙주나물(blanched)은 96.86 μg/100 g으로 비타민 K₁의 함량이 약 18 μg/100 g 증가하였다. 백오이(white, with skin, raw)와 취청오이

Table 5. Accuracy of vitamin E and K analysis using HPLC-FLD

Reference material ¹⁾	Component	Reference value ²⁾	Analysis value ³⁾	Recovery (% ⁴⁾)
SRM 3280	Vitamin E (α -T ⁵⁾ , mg/100 g)	21.4±3.5	23.62±3.65	110.38
SRM 3235	Vitamin K ₁ (μ g/100 g)	3.70±0.35	3.76±0.45	100.62

¹⁾SRM: standard reference material 3280 (soy milk) and 3235 (multi vitamin)

²⁾Reference values of SRM 3280 and 3235 were provided by NIST as the certificate values.

³⁾Analysis values were obtained by HPLC-FLD assay for vitamin E and K in the current study.

⁴⁾Recovery (%)=100×(analytical value/reference value)

⁵⁾T corresponds to tocopherol.

Table 6. Precision of vitamin E and K analysis using HPLC-FLD

Sample	Vitamin	Parameter	Repeatability ¹⁾	Reproducibility ²⁾
Pine nut	α -T ³⁾ (mg/100 g)	Mean±SD (CV, %) ⁴⁾	6.52±0.14 (2.09)	6.44±0.16 (2.51)
	γ -T (mg/100 g)	Mean±SD (CV, %)	9.60±0.35 (3.61)	9.79±0.42 (4.25)
Mixture of broccoli and Shiitake mushroom	K ₁ (μ g/100 g)	Mean±SD (CV, %)	939.04±41.79 (4.45)	923.67±21.20 (2.30)

¹⁾Repeatability refers to the results of 5 independent determinations carried out.

²⁾Reproducibility refers to the results of 5 independent determinations carried out in a sample by analyzing 5 replicates at different assay day.

³⁾T corresponds to tocopherol.

⁴⁾CV corresponds to coefficient of variation

Table 7. Limit of detection (LOD), limit of quantification (LOQ), and linearity of vitamin E and K results

Standard materials	Calibration curve equation (y=Ax+B)	Correlation coefficient (R ²)	LOD (ng/injection volume)	LOQ (ng/injection volume)
α -T ¹⁾	y=0.0285x+0.0453	0.9997	0.39	1.18
γ -T	y=0.0235x+0.0387	0.9996	0.14	0.42
α -T ₃ ¹⁾	y=0.0258x+0.0076	0.9992	0.20	0.62
β -T ₃	y=0.0070x+0.0050	0.9996	1.81	5.50
Phylloquinone	y=0.0009x+0.0039	1.000	0.38	1.15
Menaquinone	y=0.0006x+0.0057	0.9998	2.60	7.88

¹⁾T and T₃ correspond to tocopherol and tocotrienol, respectively.

(green, with skin, raw)의 비타민 K₁ 함량은 각각 66.98, 16.15 μ g/100 g으로 백오이(white, with skin, raw)가 취청오이(green, with skin, raw)에 비해 약 4배 높은 함량을 나타내었다. 생부추(raw)의 비타민 K₁ 함량은 134.16 μ g/100 g, 데친 부추(blanched)는 147.44 μ g/100 g으로 가열처리 후 비타민 K₁ 함량이 증가하였고, 도라지 뿌리 및 더덕에서는 비타민 K가 검출되지 않았다. 비타민 K₁의 함량을 분석한 결과 채소류는 16.15-979.60 μ g/100 g으로 식품성분표(RDA, 2016)에서 채소류의 비타민 K₁ 함량인 0.00-2197.00 μ g/100 g에 비해 낮게 검출되었다. 이는 본 연구에서는 일부 채소류의 비타민 K만 검출되어 더 많은 개수의 시료 분석이 필요한 것으로 보인다(Lee 등, 2018b). 또한 채소류의 비타민 K₁ 함량은 해조류의 비타민 K₁ 함량인 0.65-76.53 μ g/100 g에 비해 높게 나타났는데, 이는 초록 잎을 갖는 채소류에서 높은 비타민 K₁ 함량을 나타낸다는 기존의 연구결과와 일치하였다(Booth 등, 2012; Lee 등, 2018b). 또한 찐숙주나물(steamed)을 제외하고 채소류를 가열처리 하였을 때 생 것에 비해 더 높은 함량의 비타민 K₁가 검출되는 것을 확인하였으며, 찐숙주나물(steamed)의 영양소 보존율이 113.5%로 비타민 K₁의 손실이 일어나지 않았다. Damon 등(2005)의 연구에 따르면 비타민 K 함량과 조리 방법의 상관관계는 밝혀지지 않았지만 열처리로 인해 식물 조직이 파괴되면서 더 많은 함량의 비타민 K₁이 추출될 수 있다고 보고하였으며 이는 본 연구의 결과와도 유사하였다. 또한 Lee 등(2018b)의 연구에서

도 식물의 엽록체에 비타민 K가 발견되기 때문에 조리과정에서 식물 조직의 연화로 더 많은 양의 비타민 K 추출이 가능하였으며, 이는 열에 안정한 비타민 K가 조리과정 후에도 파괴되지 않아 가열처리 된 채소류의 비타민 K 함량이 높아진 것으로 생각된다. 도라지와 더덕의 경우에는 비타민 K₁이 검출되지 않았는데 이는 비타민 K₁인 phylloquinone이 녹색 잎 채소에서 높은 농도를 나타내기 때문에 뿌리 부분인 도라지와 더덕은 비타민 K₁이 검출되지 않은 것으로 생각된다(Lee 등, 2015).

비타민 E와 K 분석법 검증 및 분석품질관리

본 연구에서 분석된 비타민 E와 K 분석방법에 관한 유효성 검증은 AOAC (2002) 분석법 검증 가이드라인에 준하여 정확성 (Table 5), 정밀성 (Table 6), 직선성, 검출한계 및 정량한계 (Table 7)를 평가하였다. 정확성 평가를 위해 비타민 E와 K의 표준인증물질인 SRM 3280과 SRM 3235를 사용하였으며, 측정값의 신뢰도를 판단하는 정확성은 회수율을 이용하여 검증하였다(Lee 등, 2015). 비타민 E의 회수율은 110.38%, 비타민 K의 회수율은 100.62%로 AOAC 가이드라인 범위 기준에 충족하는 우수한 결과를 나타냈다. 정밀성 확인을 위해 측정값의 오차 정도를 반복성(repeatability)과 재현성(reproducibility)을 이용하여 검증하였는데 (Table 6), 비타민 E의 반복성과 재현성의 변동계수(coefficient of variation, CV)값은 2.09-4.25%로, 또한 비타민 K의 계수도

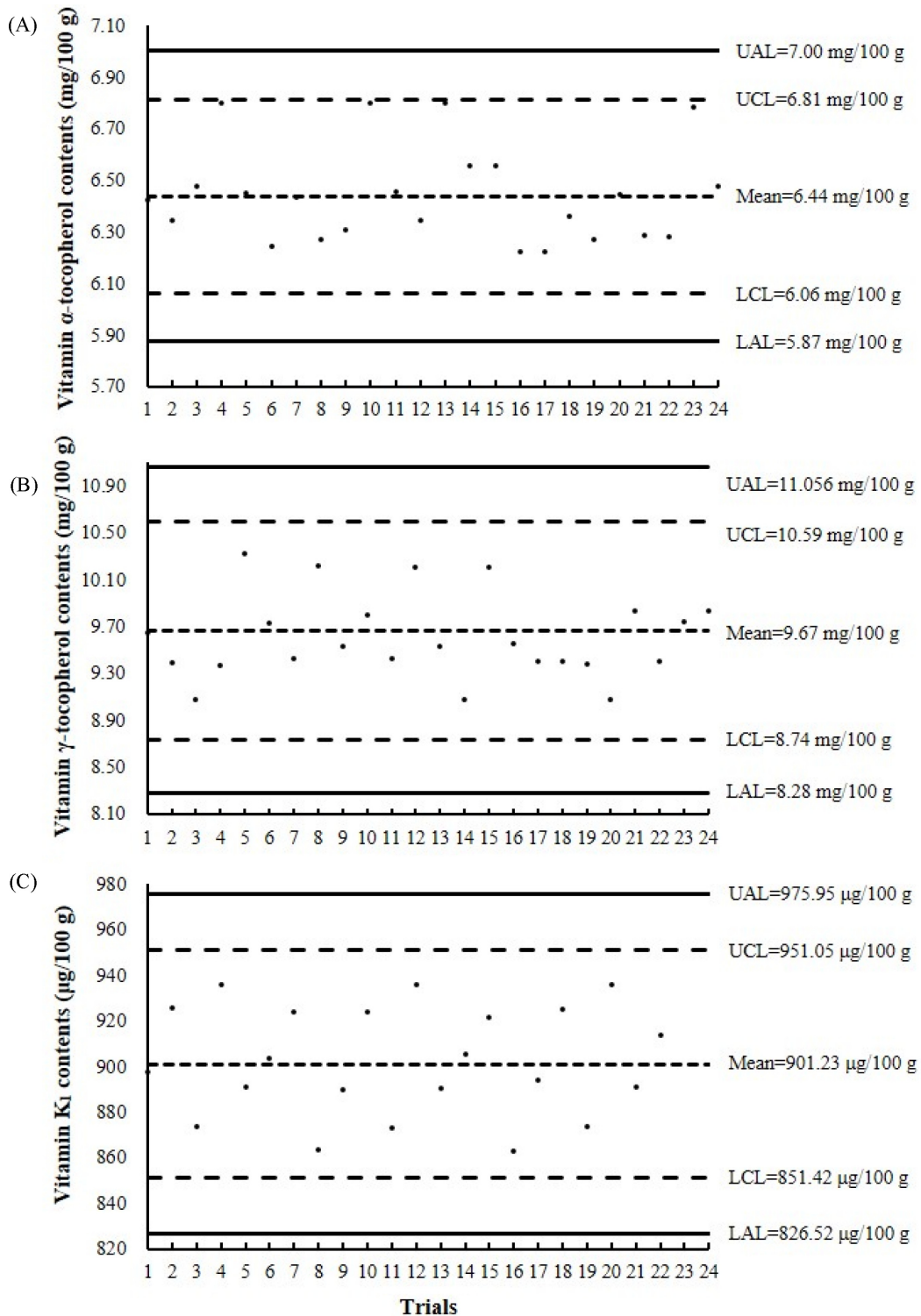


Fig. 1. Quality control charts for vitamin E and K analysis. (A) α -tocopherol, (B) γ -tocopherol, and (C) vitamin K₁. Upper and lower control lines (UCL and LCL)=mean \pm (2 \times SD), upper and lower action lines (UAL and LAL)=mean \pm (3 \times SD), SD: standard deviation.

4.45 및 2.30%로 우수하였다.

본 연구에서 비타민 E 분석을 위해 α -tocopherol과 γ -tocopherol, 비타민 K 분석을 위해 phyloquinone과 menaquinone 표준물질을 희석한 후 HPLC로 분석하여 얻은 결과를 이용하여 직선성, 검출한계, 정량한계를 제시하였다(Table 7). 검량선의 상관계수(R²)는 0.9992-1.0000으로 높은 직선성을 나타내었다. α -tocopherol의

검출한계와 정량한계는 각각 0.39 및 1.18 ng/injection volume (20 μ L)이었으며, γ -tocopherol은 0.14 및 0.42 ng/injection volume (20 μ L)으로 나타났다. Phyloquinone의 검출한계와 정량한계는 각각 0.38, 1.15 ng/injection volume (50 μ L), menaquinone은 2.60, 7.88 ng/injection volume (50 μ L)으로 나타났다. 시료의 분석품질 관리를 위해 품질관리 차트(quality control chart, QC chart)를 작

성하여 Fig. 1에 나타냈다. 비타민 E와 K 품질관리를 위해 잣, 브로콜리와 표고버섯 혼합물을 사용하여 분석 기간 동안 시료와 함께 분석하였다. 분석관리 차트 기준값을 정하기 위해 시료를 10회 이상 반복하여 분석한 결과, α -tocopherol과 γ -tocopherol의 평균값은 각각 6.40, 9.61 mg/100 g을 얻었으며, phyloquinone의 평균값은 901.23 μ g/100 g을 얻었다. 이를 기준 값으로 설정하여 평균값의 상·하위 10%를 관리상한선(UCL), 관리하한선(LCL)으로 정하여 분석품질관리를 시행하였다. 모든 분석 데이터는 UCL, LCL 범위 안에 있는 것을 확인하였으며, 해조류와 채소류의 비타민 E 및 K 분석이 신뢰성 있게 수행되었음을 확인하였다.

요 약

본 연구에서는 국내에서 소비되고 있는 해조류와 채소류의 비타민 E와 K 함량을 분석하고, 사용된 분석법의 유효성과 분석품질관리를 통해 분석 데이터의 신뢰성을 확보하여 식품 영양성분 데이터베이스 구축을 위한 자료를 제공하고자 하였다. 해조류의 비타민 E는 α -tocopherol만 검출되었으며 이들의 활성은 0.15-1.14 mg α -TE/100 g으로 해조류의 종류와 조리 방법에 따라 다르게 나타났다. 해조류에서 비타민 E는 건조된 매생이(dried)가 1.14 mg α -TE/100 g으로 가장 높은 활성을 나타내었으며, 비타민 K는 건조 미역이 1,629.50 μ g/100 g으로 가장 높은 함량을 나타내었다. 채소류의 경우, 비타민 E 활성은 0.01-2.48 mg α -TE/100 g으로 나타났으며, 가열처리 방법에 따라 비타민 E 함량이 변화하였다. 채소류의 비타민 K₁ 함량은 16.15-979.60 μ g/100 g의 범위를 나타내었다. 비타민 K₁은 초록 잎을 가진 시료에서 주로 검출되었으며, 뿌리 채소에서는 검출되지 않았다. 본 연구에서 사용된 비타민 E와 K의 분석법에 대한 검증은 정확성, 정밀성, 직선성, 검출한계, 정량한계를 평가하였으며, 분석품질관리를 통하여 분석 기간 동안 모든 시료에 대한 분석이 신뢰성 있게 진행되었음을 확인하였다. 따라서 본 연구에서 분석된 해조류와 채소류의 비타민 E와 K 데이터는 국가표준식품성분표 개정을 위한 기초 자료로 이용될 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 2019-2020년도 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호 PJ014537)의 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

References

- Ahn SE, Jun SY, Kum SA, Ha KH, Joung HJ. Current status and trends in estimated intakes and major food groups of vitamin E among Korean adults: Using the 1-6th Korea National Health and Nutrition Examination Survey. *J. Nutr. Health* 50: 483-493 (2017)
- Amorim K, Lage-Yusty MA, Lopex-hernandez J. Changes in bioactive compounds content and antioxidant activity of seaweed after cooking processing. *J. Food* 10: 321-324 (2012)
- AOAC. Official Methods of Analysis of AOAC. AOAC guidelines for single laboratory validation of chemical methods for dietary supplements and botanicals. Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD, USA. pp. 12-27 (2002)
- Booth SL. Vitamin K: food composition and dietary intakes. *Food Nutr. Res.* 56: 5505 (2012)
- Damon M, Zhang NZ, Haytowitz DB, Booth SL. Phyloquinone (vitamin K₁) content of vegetables. *J. Food Compos. Anal.* 18: 751-758 (2005)
- Fanali C, D'Orazio G, Fanali S, Gentili A. Advanced analytical techniques for fat-soluble vitamin analysis. *TrAC Trends Anal. Chem.* 87: 82-97 (2017)
- ICH. Validation of analytical procedures: text and methodology Q2 (R1). Complementary guideline on methodology dated on 6 November, 1996 incorporated in November 2005. International Conference on Harmonization. Geneva Switzerland. pp. 11-12 (2005)
- Jiang GH, Na MO, Eun JB. Physicochemical characteristics and sensory evaluation of bracken (*Pteridium aquilinum*) and *aster scaber* dried by different methods. *Korean J. Food Preserv.* 23: 819-824 (2016)
- Jeong YN, Park SJ, Lee SH, Choi YM, Chun JY. Analysis and verification of vitamin B₁₂ in animal foods for update of national standard food composition table. *Korean J. Food Sci. Technol.* 52: 1-8 (2020)
- Kim HG, Choi YM, Cho YS, Sung JH, Ham HM, Lee JS. Comparison of extraction methods for the determination of vitamin K₁ in vegetables. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 43: 1791-1795 (2014a)
- Kim AR, Lee HJ, Jung HO, Lee JJ. Physicochemical composition of ramie leaf according to drying methods. *Korean J. Food Nutr.* 43: 118-127 (2014b)
- Knecht K, Sandfuchs K, Kulling SE, Bunzel D. Tocopherol and tocotrienol analysis in raw and cooked vegetables: a validated method with emphasis on sample preparation. *Food Chem.* 169: 20-27 (2015)
- Lee HS, Chang MJ, Kim HY, Shim JS, Lee JS, Kim KN. Survey on utilization and demand for national food composition database. *J. Nutr. Health* 51: 186-198 (2018a)
- Lee SG, Choi YM, Jeong HS, Lee JS, Sung JH. Effect of different cooking methods on the content of vitamins and true retention in selected vegetables. *Food Sci. Biotechnol.* 27: 333-342 (2018b)
- Lee AR, Kim JH, Park JH, Kim YH, Hong EY, Kim HR, Choi YM, Lee JS, Eom HJ. A study on contents of vitamin K₁ in local agricultural products. *Korean J. Food Nutr.* 29: 301-306 (2016)
- Lee SM, Lee HB, Lee JS. Comparison of extraction methods for the determination of Vitamin E in some grains. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 35: 248-253 (2006)
- Lee S, Sung J, Choi Y, Kim Y, Jeong HS, Lee J. Analysis of vitamin K₁ in commonly consumed foods in Korea. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 44: 1194-1199 (2015)
- Moon HG, Islam MA, Chun JY. Analysis of retinol, β -carotene, vitamin E, and cholesterol contents in steamed and braised dishes of the Korean diet. *Korean J. Food Preserv.* 26: 796-807 (2019)
- Ottaway PN. The stability of vitamins during food processing: vitamin K. pp. 247-264. In: *The Nutrition Handbook for Food Processor*, Henry CJK and Chapman C (eds). CRC Press, Inc., Boca Raton, FL, USA (2002)
- Park SJ, Kim OL, Rha YA. Component analysis and antioxidant activity of maca. *Culi. Sci. & Hos. Res.* 28: 137-144 (2017)
- Park YJ, Sung JH, Choi YM, Kim YW, Kim MH, Jeong HS, Lee JS. Analysis of vitamin E in agricultural processed foods in Korea. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 45: 771-777 (2016)
- RDA. Korean Food Composition Table. 9th ed. Rural Development Administration. Jeonju, Korea. pp. 93-177, 367-375 (2016)
- Shrivastava K, Nirmalkar N, Thakur SS, Deb MK, Shinde SS, Shankar R. Sucrose capped gold nanoparticles as a plasmonic chemical sensor based on non-covalent interactions: Application for selective detection of vitamins B₁ and B₆ in brown and white rice food samples. *Food Chem.* 250: 14-21 (2018)
- Shin SR, Lee SM. Relation between the total diet quality based on Korean Healthy Eating Index and the incidence of metabolic syndrome constituents and metabolic syndrome among a prospective cohort of Korean adults. *Korean J. Community Nutr.* 25: 61-70 (2020)
- Sim U, Lee SE, Lee SH, Choi YM, Lee JS. Change in Vitamin E and K contents and true retention of cereal and legume by cooking. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 47: 675-681 (2018)
- Viñas P, Bravo-Bravo M, López-García I, Hernández-Córdoba M. Dispersive liquid-liquid microextraction for the determination of vitamins D and K in foods by liquid chromatography with diode-array and atmospheric pressure chemical ionization-mass spectrometry detection. *Talanta* 115: 806-813 (2013)