

연구노트

국내에서 소비되는 육류의 부위별 비타민 K 함량 분석 및 비교

김대동¹ · 이서경¹ · 강유리¹ · 신재홍¹ · 박진주² · 김현정^{1,*}

¹제주대학교 식품생명공학과, ²농촌진흥청 국립농업과학원 농식품자원부 식생활영양과

Comparison of vitamin K contents in different meats commonly consumed in Korea

Daedong Kim¹, Seogyong Lee¹, Yuri Kang¹, Jaehong Shin¹, 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 K is a group of fat-soluble vitamins that naturally exist in phyloquinone (vitamin K₁) and menaquinone (vitamin K₂). In this study, the vitamin K content in different meats commonly consumed in Korea was analyzed using HPLC, and the analytical method was validated. Vitamin K₁ was not detected in any of the meat samples. Vitamin K₂ contents in different cuts of beef ranged from 0.00 to 5.87 µg/100 g, whereas the corresponding value in different parts of chicken ranged from 16.59 to 46.64 µg/100 g. In the case of pork, vitamin K₂ contents varied from 4.33 to 22.90 µg/100 g. Among the different types of meat, the highest vitamin K₂ content was found in boiled chicken meat and skin (46.64 µg/100 g). The analytical method was found to be reliable and had high accuracy. These results provide accurate nutritional information and contribute a food composition database for meat consumption.

Keywords: meats, vitamin K, HPLC, nutritional information, food composition database

서 론

비타민 K는 지용성 비타민으로 naphthoquinone의 유도체이며, 자연계에서 결사슬에 1개의 이중결합을 가진 비타민 K₁ (phyloquinone)과 불포화 isoprene 단위를 가진 비타민 K₂ (menaquinone)의 2가지 형태로 존재한다(Fanali 등, 2017). Phyloquinone은 주로 식물체에 존재하며 녹황색 채소류와 해조류에 많이 함유되어 있고 menaquinone은 주로 육류 및 발효식품에 미량 함유되어 있다(Booth, 2012). 이러한 비타민 K는 일반적으로 glutamic acid를 γ -carboxyglutamic acid로 전환하는 과정에 작용하는 보조 인자로 신체 내 간에서 혈액응고에 관여하는 단백질의 합성에 영향을 주며, 신경세포의 증식, 분화, 노화에 관여하는 sphingolipid의 합성을 조절하여 뇌 기능에 영향을 준다고 알려져 있다(Ferland 등, 2012; Koivu-Tikkanen 등, 2000). 특히, 비타민 K₂는 골 형성 촉진과 골 흡수 억제 작용을 하는 칼슘 대사를 조절하여 골다공증 예방에 관여한다는 것으로도 알려져 있다(Lim과 Kim, 2011). 비타민 K는 식품을 통해 섭취되거나 장내 세균의 합성을 통해 생성되어 정상적으로 식사를 하는 경우 비타민 K의 결핍이 유발되는 경우가 적지만, 약물의 복용, 간질환 및 지방 흡수 불량 등의 질환이 있는 경우 비타민 K 결핍증이

발생될 수 있다(Kim 등, 2014b). 비타민 K의 일일 충분섭취량은 성인 기준 65-75 µg으로, 식품을 통해 비타민 K를 섭취하기 위해서는 일상 식사를 통해 섭취되는 비타민 K 함량에 대한 정확한 정보가 제공되어야 한다(Ministry of Health and Welfare와 The Korean Nutrition Society, 2020). 국가표준식품성분표는 국내 식생활과 영양 및 건강 증진을 목적으로 하는 공공 데이터로 농업과 식품산업 정책, 연구 자료, 식단 관리에 활용되며, 2016년 기준 국내에서 다소비 되는 22개 식품군, 3,000여종 식품의 영양성분 정보를 제공하고 있다(RDA, 2016). 그러나 미량 무기질과 비타민 성분의 데이터 결측률은 약 70%이며, 일부 영양성분 정보는 국외데이터를 인용하였기 때문에 국내에서 직접 분석한 데이터 베이스 구축이 시급하다(Choi 등, 2018).

비타민 K 분석을 위해 식품 중 비타민 K를 추출하기 위한 방법은 유기용매를 사용하여 비타민 K를 추출하는 방법과 효소로 지방을 분해한 후 헥산으로 비타민 K를 추출하는 방법이 있으며, 추출된 비타민 K는 비색법, thin layer chromatography (TLC), gas chromatography (GC), high-performance lipid chromatography (HPLC)와 같은 분석 장비들로 분석이 가능하다(Kim 등, 2014a). 최근에는 주로 HPLC를 이용하여 분석하며, 비타민 K는 아연을 충전한 포스트 컬럼(post column)을 사용하여 quinone류를 hydroquinone으로 환원하는 과정을 거친 후 형광검출기를 이용한 분석이 필요하다(Lee 등, 2016).

축산 통계(National Institute of Animal Science, 2020)에 따르면 국내에서 소비되는 소고기, 닭고기, 돼지고기의 양은 매해 증가하는 추세이며, 2019년 기준 연간 1인당 소비된 소고기, 닭고기, 돼지고기의 양은 각각 13.0, 14.8, 28.0 kg에 달한다. 그러나 많은 양의 육류가 국내에서 소비되고 있음에도 불구하고 이전 연

*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 19, 2021; revised January 10, 2022;
accepted January 10, 2022

구들에서는 곡류, 과일류, 두류, 채소류, 해조류와 같은 식품군에 대한 비타민 K 분석만 수행되어 육류의 비타민 K 함량에 대한 연구는 부족하여 이에 대한 신뢰성 있는 연구 결과가 필요하다 (Kim 등, 2021; Lee 등, 2015). 따라서 본 연구에서는 국내에서 소비되는 육류인 소고기, 닭고기, 돼지고기의 부위별 비타민 K 함량을 분석하고자 하였으며 이를 비교하여 영양학적 가치를 확인하고, 분석법 검증을 통해 분석 신뢰성을 확보하고자 하였다. 이를 통해 국가표준식품성분표 개정을 위한 기초 자료로서의 이용가능성을 확인하고자 하였다.

재료 및 방법

시료 준비

본 연구에서 사용된 시료는 국가표준식품성분표 개정을 위해 선정된 시료로 국내에서 다량 소비되고 있는 부위별 소고기 9종, 닭고기 9종, 돼지고기 7종을 농촌진흥청에서 2019-2021년에 제공받아 실험에 사용하였다. 모든 육류 시료 생것(raw)은 흐르는 물에 세척하여 준비하였다. 구운 닭 간과 심장은 프라이팬으로 20분간, 구운 소 간은 30초간 조리하였다. 삶은 소 간, 천엽, 양, 선지는 증류수를 끓여 15-25분, 삶은 닭고기(meat and skin), 삶은 닭 간, 심장, 발은 30-60분 동안 삶아 실온으로 식힌 후 사용하였다. 삶은 돼지고기 앞다리살은 증류수로 1시간 동안 삶았으며, 삶은 돼지고기 부산물인 간, 머릿고기, 소창, 심장, 위(오소리감투), 허파는 조리된 제품을 구매하여 해동 후 사용하였다. 모든 시료는 동결 후 분쇄하여 -18°C의 냉동고(IBK-500F, Infobiotek, Daejeon, Korea)에 저장하였으며, 추출 과정 전에 4°C 냉장고(IBK-700RFA, Infobiotek)에서 24시간 동안 해동한 후 사용하였다.

시약 준비

Vitamin K₁ (phyloquinone) 표준물질은 Waco Co. (Tokyo, Japan)에서, vitamin K₂ (menaquinone) 표준물질, lipase (from *Candida rugosa*, 1,000 Units/mg, type VII), monobasic potassium phosphate는 Sigma-Aldrich Co. (St. Louis, MO, USA)에서 구입하여 사용하였다. Acetic acid, sodium acetate, zinc powder (particle size <63 µm)는 Merck (Darmstadt, Germany)에서 구입하였고, potassium carbonate는 Daejung Chemical Co. (Shiheung, Korea) 제품을 사용하였으며, n-hexane 및 isopropanol (J. T. Baker, Phillipsburg, NJ, USA)과 methanol, ethanol, dichloromethane, water (Burdick & Jackson Co., Muskegon, MI, USA)은 HPLC 등급으로 사용하였다.

수분 함량 측정

육류 시료의 수분 함량은 시료를 약 1g 취하여 적외선수분함량측정기(MX-50 moisture analyzer, A&D Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 105°C에서 측정하였다.

효소 추출법을 이용한 비타민 K 추출

시료 중 비타민 K 추출은 Tarvainen 등(2019)의 효소(lipase)를 이용하여 시료를 분해 후 추출하는 방법을 참고하여 수행하였다. 시료 1g을 시험관(200 mm×24 mm)에 취하여 40°C로 예열한 HPLC용 water를 첨가한 뒤 초음파기(ESW-2850B, Hwashin Tech Co., Gwangju, Korea)로 5분간 처리하여 시료를 균질화 하였다. 균질이 끝난 시료에 lipase 1g을 첨가한 후 phosphate buffer (pH 7.9) 5mL을 첨가하였다. 효소와 완충용액을 첨가한 시료를 초음파기로 다시 10분간 균질화시킨 후 37°C shaking water bath

(JSSB-30T, JS Research Inc., Gongju, Korea)에서 2시간 동안 분해 및 반응시켰다. 반응이 끝난 시료에 potassium carbonate 1g을 첨가한 후 알코올혼합용액(ethanol:methanol=95:5) 10 mL을 첨가하고, n-hexane 30 mL을 첨가하였다. 이 후 암소환경에서 shaking incubator (JSSI-100C, JS Research Inc.)로 10분간 교반하며 비타민 K를 추출하였다. 교반 후 상층액을 50 mL conical tube에 옮겨 담고 676×g에서 5분간 원심분리(416, Gyrozen Co. Ltd., Daejeon, Korea)하였다. 상층액 5 mL을 취한 후 질소 가스를 이용하여 용매를 제거한 뒤, 다시 상층액 5 mL을 취하여 질소 가스로 용매를 제거하고 methanol 1 mL로 다시 용해 시켰다. 이를 0.45 µm PTFE syringe filter (Whatman International Ltd., Piscataway, NJ, USA)로 여과한 후 HPLC로 분석하였다.

HPLC에 의한 비타민 K 분석

시료에서 추출한 비타민 K 분석에는 HPLC-FLD (Infinity 1260 II, Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA)를 사용하였다. 분석에 사용한 컬럼은 ZORBAX Eclipse XDB-C18 (150 mm×4.6 mm, i.d. 5 µm, Agilent Technologies)이며, quinone류인 비타민 K를 hydroquinone으로 환원시키기 위해 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 첨가하여 혼합한 후 0.2 µm membrane filter로 여과하여 사용하였다. HPLC 분석 조건으로 유속은 1.0 mL/min로 시료 1회에 50 µL 주입하였으며, 컬럼의 온도는 35°C로 유지하였다. 형광 검출기의 파장은 excitation wavelength 243 nm, emission wavelength 430 nm에서 측정하였다.

영양소보존율

영양소보존율(true retention, TR)은 조리 전후 시료 중량과 비타민 K 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 raw food before cooking

분석법 검증

비타민 K의 분석방법을 검증하기 위하여 AOAC (2002) 분석법 검증 가이드 라인에 따라 정확성(accuracy), 직선성(linearity), 검출 한계(limit of detection, LOD), 정량한계(limit of quantification, LOQ)를 측정하였다. 정확성은 표준참고물질인 SRM 3235 (soy milk)의 비타민 K 함량을 분석한 후 NIST (National Institute of Standard and Technology)에 제시된 인증 값과 비교하여 회수율(recovery, %)을 계산하였다. 직선성은 비타민 K₁ 및 K₂ 표준용액(농도 0.8024 µg/mL)을 methanol로 희석하여 9개의 농도(0.0031-0.8024 µg/mL)로 희석된 표준용액을 만들었다. 각각의 희석된 표준용액을 50 µL씩 주입하여 HPLC로 분석하였다. 크로마토그램에서 각각의 농도 별로 측정된 peak 면적을 측정하여 peak 면적과 농도와의 상관성을 분석하였다. 검출한계(LOD)는 시료에 포함되는 지표성분 검출이 가능한 최저농도, 정량한계(LOQ)는 시료에 포함되어 있는 지표성분 정량이 가능한 최저 농도로써 ICH (2005)의 분석법 검증 가이드라인에 따라 직선성 검증을 통해 얻

은 검량선의 기울기와 표준편차(SD)를 통해 아래의 계산식에 따라 검출한계 및 정량한계를 구하였다.

$$LOD=3.3 \times (SD/slope \text{ of calibration curve})$$

$$LOQ=10 \times (SD/slope \text{ of calibration curve})$$

SD: the standard deviation of the response

통계처리

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

결과 및 고찰

육류의 부위별 수분 함량

국내에서 소비되고 있는 육류의 부위별 수분함량을 측정할 결과는 Table 1에 표시하였다. 부위별 소고기의 수분함량은 60.54-88.51%였으며, 부위별 닭고기와 돼지고기의 수분함량은 각각 61.45-78.20, 48.59-82.23%로 육류의 종류와 부위에 따라 수분 함량에 차이가 있었다. 소 간과 천엽은 조리 후 수분함량이 감소하였으며, 소 양은 삶은 후 수분함량이 증가하였다($p < 0.05$). 닭 발은 삶은 후 수분함량이 증가하였고 닭 간은 조리 전후 수분함량의 유의적인 차이가 없었다. 닭 심장은 조리 후 수분함량이 감소하였으며, 구운 것(roasted)이 삶은 것(boiled)보다 낮은 수분함량을 나타내었다.

육류의 부위별 비타민 K 함량 비교

국내에서 소비되고 있는 육류인 소고기, 닭고기, 돼지고기의 부위별 비타민 K₁ 및 K₂ 함량은 Table 1에 나타내었다. 모든 부위의 육류 시료에서 비타민 K₁은 검출되지 않았다. 반면, 비타민 K₂는 소 간과 선지, 그리고 소 천엽 생것(raw)을 제외한 모든 부위의 육류에서 검출되었다. 소고기 부위 중 비타민 K₂ 함량은 삶은 소 천엽(boiled)에서 5.58 µg/100 g이 검출되었으며, 소 양 생것(raw)과 삶은 소 양(boiled)에서 각각 5.07 및 5.87 µg/100 g이 검출되었고 조리 전후의 유의적 차이는 없었다($p > 0.05$). 닭고기 부위 중 삶은 닭고기(meat and skin, boiled)에서 46.64 µg/100 g으로 비교적 높은 비타민 K₂ 함량을 나타내었다. 닭발 생것(raw)과 삶은 닭발(boiled)의 비타민 K₂ 함량은 29.19 및 20.99 µg/100 g이 검출되었으며, 유의적 차이는 없었다. 닭 심장 생것(raw)과 삶은 닭 심장(boiled)의 비타민 K₂ 함량은 39.66 및 40.03 µg/100 g으로 유의적 차이는 없었으나, 구운 닭 심장(roasted)에서는 33.57 µg/100 g으로 닭 심장 생것(raw)과 삶은 것(boiled)에 비해 낮은 함량을 나타내었다. 닭 간 생것(raw)과 삶은 닭 간(boiled)의 비타민 K₂ 함량은 각각 18.68과 16.59 µg/100 g으로 유의적 차이는 없었으나, 구운 닭 간(roasted)에서는 29.76 µg/100 g으로 닭 간을 조리하지 않은 생것(raw)과 삶은 것(boiled)보다 높은 함량을 나타내었다. 돼지고기의 부위별 비타민 K₂ 함량은 돼지고기 앞다리 부위를 삶은 것에서 16.99 µg/100 g이 검출되었으며, 삶은 돼지 머리고기에서는 11.27 µg/100 g이 검출되었다. 삶은 돼지 심장(염통), 간, 허파의 비타민 K₂ 함량은 각각 20.10, 4.33, 17.15 µg/100 g이 검출되었으며, 삶은 돼지 소창과 위(오소리감투)에서는 각각 4.73, 22.90 µg/100 g로 검출되었다. 육류의 비타민 K 함량을 분석한 결

과, 소고기의 부위별 비타민 K₂ 함량은 0.00-5.87 µg/100 g로 국가 표준식품성분 데이터베이스(RDA, 2016)에서 제공한 소고기(한우, 1+등급) 지육 38종과 소 부산물 11종의 비타민 K₂ 함량인 0.00-16.69 µg/100 g에 비해 낮았지만, 이는 국가표준식품성분 데이터베이스에 표시된 소고기 지육 부위가 소 부산물에 비해 높은 비타민 K₂ 함량을 나타내어 본 연구에서 분석된 소고기 부위인 간, 천엽, 선지, 양은 소 부산물로서 지육 부위와 차이를 나타낸 것으로 보인다(RDA, 2016). 소 천엽 생것(raw)에서는 비타민 K₂가 검출되지 않았지만 이를 삶은 것(boiled)에서는 검출되었으며, 이는 소 천엽 생것(raw)과 삶은 것(boiled)의 수분 함량이 각각 88.51, 76.13%로 삶은 후 조리 과정 중에 수분 손실이 발생하여 비타민 K₂ 함량이 상대적으로 증가한 것으로 보인다. 닭고기의 부위별 비타민 K₂ 함량은 16.59-46.64 µg/100 g이었으며 삶은 닭고기(meat and skin, boiled)가 46.64 µg/100 g로 이는 Palmer 등(2021)의 연구에서 분석한 조리되지 않은 닭고기의 비타민 K₂ 함량인 26.40 µg/100 g 보다 높게 검출되었으며, 본 연구에서 분석한 닭발, 심장, 간과 같은 닭 부산물보다 높은 함량을 나타내었다. 또한 본 연구에서 분석된 부위별 소고기와 돼지고기보다 더 많은 비타민 K₂가 검출되었는데, 이는 Elder 등(2006)의 연구에서 육류 및 유제품 등의 식품에서 비타민 K 함량을 분석한 결과 닭고기(chicken, barbeque)가 22.10 µg/100 g로 가장 높게 검출된 것으로 보고되어 닭고기(meat and skin)의 비타민 K₂ 함량이 다른 육류의 지육 및 부산물에 비해 높게 나타나 본 연구와 유사한 결과를 보였다. 닭 발은 조리 전후 비타민 K₂ 함량의 유의적인 변화가 없었다. 닭 심장 생것(raw)은 삶은 후에 영양소보존율이 100.4%로 비타민 K₂ 함량의 변화가 없었지만 구운 것(roasted)의 영양소보존율은 84.7%로 비타민 K₂ 함량이 유의적으로 감소하였다. 반면 닭 간 생것(raw)은 삶은 후 비타민 K₂ 함량의 차이가 없었지만 구운 것(roasted)의 영양소보존율은 167.5%로 비타민 K₂ 함량이 유의적으로 증가하였으며, 이는 비타민 K가 비교적 열에 안정하여 조리 과정을 거친 후에도 그 함량이 변화가 적다는 보고(Sim 등, 2018)와 식품의 부위와 조리방법에 따라 비타민 K 함량의 차이가 있다는 보고(Lee 등, 2018)에 따라 본 연구에서 분석된 닭고기 부위들 또한 부위와 조리방법에 따른 비타민 K₂ 함량의 변화를 확인할 수 있었다.

돼지고기 앞다리살 삶은 것(boiled)의 비타민 K₂ 함량은 16.99 µg/100 g이며, 이는 Palmer 등(2021)에서 분석한 조리되지 않은 돼지고기의 비타민 K₂ 함량인 15.90 µg/100 g과 유사한 결과를 나타내었다. 돼지고기 부산물의 부위별 비타민 K₂ 함량은 4.33-22.90 µg/100 g로 부위별로 함량의 차이가 있었다. Greenfield 등(2009)의 연구에 따르면 호주산 돼지고기의 영양소를 분석한 결과 비타민 A와 비타민 E 등과 같은 지용성 비타민이 돼지고기의 살코기와 지방 부위에 따라 함량이 다르게 검출된 것으로 보고되었다. RDA(2016)에서 제공한 부위별 돼지고기(앞다리살, 머리고기, 심장, 간, 허파, 소창, 위)의 지방 함량은 3.10-11.90 g/100 g이며, 부위별 닭고기(meat and skin, 닭 발, 심장, 간)와 부위별 소고기(간, 천엽, 선지, 양)의 지방 함량은 각각 3.90-14.60, 0.00-4.60 g/100 g으로 표시되어 본 연구에서 사용된 육류 시료 또한 이와 유사한 지방 함량을 나타낼 것으로 생각된다. 이러한 지방 함량 차이가 육류의 종류와 부위에 따른 비타민 K₂ 함량에 영향을 주는 것으로 생각된다.

비타민 K 분석법 검증

본 연구에서 분석된 비타민 K의 분석방법에 대한 유효성을 검증하기 위해 AOAC(2002) 분석법 검증 가이드라인을 참고하여

Table 1. Moisture, vitamin K content, and true retention (TR) in different parts of meats

Meat	Part	Description	Moisture (%)	Vitamin K ₁ (µg/100 g)	Vitamin K ₂ (µg/100 g)	TR (%) ³⁾	
Beef	Liver (<i>Gan</i>)	Raw	65.33±0.28 ^{a1)}	N.D. ²⁾	N.D.	-	
		Boiled	60.54±1.12 ^b	N.D.	N.D.	-	
		Roasted	61.12±0.30 ^b	N.D.	N.D.	-	
	Omasum (<i>Cheonyeop</i>)	Raw	88.51±0.33 ^a	N.D.	N.D.	-	
		Boiled	76.13±0.40 ^b	N.D.	5.58±0.23	-	
	Blood (<i>Sheonji</i>)	Raw	83.73±0.31 ^a	N.D.	N.D.	-	
		Boiled	84.47±0.06 ^a	N.D.	N.D.	-	
	Stomach (<i>Yang</i>)	Raw	73.14±0.12 ^b	N.D.	5.07±0.08 ^a	-	
		Boiled	83.79±0.23 ^a	N.D.	5.87±0.13 ^a	114.4±2.6	
	Chicken	Meat and skin (<i>Dakgogi</i>)		Boiled	65.88±0.04	N.D.	46.64±0.29
Feet (<i>Dakbal</i>)		Raw	68.29±0.09 ^b	N.D.	29.19±0.48 ^a	-	
		Boiled	70.15±0.44 ^a	N.D.	20.99±1.27 ^a	71.6±5.1	
Heart (<i>Simjang</i>)		Raw	78.20±1.16 ^a	N.D.	39.66±0.80 ^a	-	
		Boiled	67.01±0.24 ^b	N.D.	40.03±2.40 ^a	100.4±4.3	
		Roasted	61.45±1.24 ^c	N.D.	33.57±1.41 ^b	84.7±3.4	
Liver (<i>Gan</i>)		Raw	70.69±1.19 ^a	N.D.	18.68±1.34 ^b	-	
		Boiled	68.05±1.32 ^b	N.D.	16.59±0.63 ^b	87.9±4.7	
		Roasted	68.98±0.95 ^{ab}	N.D.	29.76±2.16 ^a	167.5±7.8	
Pork		Shoulder (<i>Apdari</i>)		Boiled	50.19±0.54	N.D.	16.99±0.44
	Head (<i>Meorigogi</i>)		Boiled	48.59±2.17	N.D.	11.27±0.83	-
	Heart (<i>Simjang</i>)		Boiled	67.63±0.14	N.D.	20.10±1.14	-
	Liver (<i>Gan</i>)		Boiled	64.22±1.48	N.D.	4.33±0.09	-
	Lung (<i>Heopa</i>)		Boiled	82.23±0.21	N.D.	17.15±0.78	-
	Small intestine (<i>Sochang</i>)		Boiled	68.38±0.26	N.D.	4.73±0.20	-
	Stomach (<i>Osorigamtu</i>)		Boiled	69.89±0.23	N.D.	22.90±0.41	-

¹⁾Each value is mean±standard deviation. Means for the same part of meat with different letters in the same column are significantly different at $p<0.05$.

²⁾N.D. means not detected.

³⁾TR (%) means true retention of vitamin K₂ content after cooking.

Table 2. Accuracy of vitamin K analysis

Reference material	Component	Reference value ²⁾	Analysis value ³⁾	Recovery (%) ⁴⁾
SRM 3235 ¹⁾	Vitamin K ₁ (µg/1000 g)	3.70±0.35	4.22±0.22	114.05

¹⁾SRM (standard reference material) 3235 was soy milk.

²⁾Reference value of SRM 3235 was provided by NIST as the certificate value.

³⁾Analysis value was obtained by HPLC-FLD for vitamin K in the current study.

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

Table 3. Limit of detection (LOD), limit of quantification (LOQ), and linearity of vitamin K data

Quality control parameter	Vitamin K	
	Vitamin K ₁	Vitamin K ₂
Calibration curve equation (y=A _x +B)	y=0.0006x-0.0009	y=0.0005x-0.0007
Correlation coefficient (R ²)	0.9999	0.9999
LOD (µg/g)	0.011	0.034
LOQ (µg/g)	0.033	0.102

정확성, 직선성, 검출한계, 정량한계를 평가하였으며, 이를 Table 2 및 Table 3에 나타내었다. 정확성은 표준인증 물질인 SRM 3235를 분석한 비타민 K₁ 함량(4.22 µg/100 g)과 NIST에 표시된 비타민 K₁ 함량(3.70 µg/100 g)을 비교하여 회수율(recovery, %)을 계산하였고, 비타민 K의 회수율은 114.05%로 AOAC 가이드라인의 기준 범위에 부합하는 결과를 나타내었다. 직선성은 비타민 K 표준물질인 phyloquinone과 menaquinone을 각각 9개 농도로 희석하여 HPLC로 분석하여 계산한 결과, 검량선의 상관계수(R²)가 비타민 K₁과 비타민 K₂에서 모두 0.9999로 우수한 직선성을 나타내었다. 비타민 K₁의 검출한계와 정량한계는 각각 0.011, 0.033 µg/g이었으며, 비타민 K₂의 검출한계와 정량한계는 각각 0.034, 0.102 µg/g으로 나타났다. 이를 통해 본 연구에서 육류의 비타민 K 분석이 관리 하에 신뢰성 있게 수행되었음을 확인하였다.

요 약

본 연구에서는 국내에서 소비되고 있는 육류인 소고기, 닭고기, 돼지고기의 부위별 비타민 K 함량을 분석, 비교하고, 사용된 분석법의 신뢰성을 확보하여 분석품질관리를 통한 국가표준식품성분 데이터베이스 구축 및 개정을 위한 자료로 제공하고자 하였다. 모든 부위별 육류에서 비타민 K₁은 검출되지 않았고, 비타민 K₂는 소간과 선지, 천엽 생것(raw)을 제외한 모든 부위에서 검출되었으며, 육류의 종류 및 부위 그리고 조리방법에 따라 함량의 차이가 나타남을 확인하였다. 소고기의 부위별 비타민 K₂ 함량은 0.00-5.87 µg/100 g, 닭고기의 부위별 비타민 K₂ 함량은 16.59-46.64 µg/100 g이었으며, 돼지고기는 부위별로 4.33-22.90 µg/100 g의 범위를 나타내었다. 삶은 닭고기(meat and skin)의 비타민 K₂ 함량이 46.64 µg/100 g로 모든 부위별 육류 중 가장 높은 함량을 나타내었다. 본 연구의 비타민 K 분석법에 대해 정확성, 직선성, 검출한계, 정량한계를 검증하였으며, 비타민 K₁과 비타민 K₂ 모두 높은 정확성과 직선성을 확인하여 분석품질관리를 통해 분석을 진행한 기간 동안 모든 육류 시료에 대해 분석이 신뢰성 있게 진행되었음을 확인하였다. 따라서 본 연구에서 분석된 부위별 육류의 비타민 K 함량은 정확한 영양성분 정보와 국가표준식품성분표 개정을 위한 기초 자료로 이용될 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 2019-2021년도 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호 PJ014537)의 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

References

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)

Choi Y, Kim SN, Lee SH, Choe JS, Park SH. Development of 9th revision Korean food composition table and its major changes. Korean J. Comm Nutr. 23: 352-365 (2018)

Elder SJ, Haytowitz DB, Howe J, Peterson JW, Booth SL. Vitamin K contents of meat, dairy, and fast food in the U.S. Diet. J. Agric. Food Chem. 54: 463-467 (2006)

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)

Ferland G. Vitamin K an emerging nutrient in brain function. BioFactors. 38: 151-157 (2012)

Greenfield H, Arcot J, Barnes JA, Cunningham J, Adorno P, Tume RK, Beilken SL, Muller WJ. Nutrient composition of Australian retail pork cuts 2005/2006. Food Chem. 117: 721-730 (2009)

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)

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 HH, Kim MH, Kim SW, Chang HH, Kim HI, Jeong JY, Jin S, Park JW, Jung HJ, Lee JM. Vitamin K-induced anaphylaxis. Allergy Asthma Respir. Dis. 2: 146-149 (2014b)

Kim HJ, Lee SG, Park JJ, Kim HJ. Analysis of vitamin E and K contents in sea algae and vegetables frequently consumed in Korea for national standard food composition database. Korean J. Food Sci. Technol. 53: 19-28 (2021)

Koivu-Tikkanen TJ, Ollilainen V, Piironen VI. Determination of phyloquinone and menaquinones in animal products with fluorescence detection after postcolumn reduction with metallic zinc. J. Agric. Food Chem. 48: 6325-6331 (2000)

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 S, Sung K, Choi Y, Kim, Jeong HS, Lee J. Analysis of vitamin K₁ in commonly consumed foods in Korea. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 44: 1194-1199 (2015)

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 (2018)

Lim SD, Kim KS. Vitamin K and bone health. Korean J. Dairy Sci. Technol. 29: 33-39 (2011)

National Institute of Animal Science. Livestock Statistics 30. National Inst. Anim. Sci., Seoul, Korea. pp. 1-15 (2020)

Ministry of Health and Welfare, The Korean Nutrition Society. Dietary reference intakes for Koreans 2020: vitamins. Sejong, Korea. p. 13 (2020)

Palmer CR, Koch H, Shinde S, Blekkenhorst LC, Lewis JR, Croft KD, Hodgson JM and Sim M. Development of a vitamin K database for commercially available food in Australia. Front. Nutr. 8: 753059 (2021)

RDA. Korean Food Composition Table. 9th ed. Rural Development Administration. Jeonju, Korea. pp. 1-609 (2016)

Sim U, Lee SE, 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)

Tarvainen M, Fbritius M, Yang B. Determination of vitamin K composition of fermented food. Food Chem. 275: 515-522 (2019)