



Special Topic

Analysis of the vitamin K content in eggs commonly consumed in Korea

국내에서 주로 소비되는 달걀의 비타민 K 함량 분석

Hyeongyu Lee¹, Yuna Jeon¹, Youngmin Choi², Jeehye Sung^{1*}

이현규¹ · 전유나¹ · 최용민² · 성지혜^{1*}

¹Department of Food Science and Biotechnology, Gyeongju National University, Andong 36729, Korea

²Food and Nutrition Division, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea

¹국립경국대학교 식품생명공학과, ²농촌진흥청 식생활영양과

Abstract The Korean food composition database lacks reliable analytical data on the vitamin K₁ (phyloquinone, PK) and vitamin K₂ (menaquinone, MK) contents of commonly consumed eggs in Korea. This study aimed to determine the vitamin K content in eggs using solvent extraction and enzyme extraction, followed by HPLC analysis with post-column derivatization and fluorescence detection. To ensure the validity of the analytical method, key validation parameters, including accuracy, precision, detection and quantification limit, and linearity, were thoroughly evaluated. A total of 20 different types of eggs were analyzed for their PK and MK contents. PK content ranged from 0.11±0.001 µg/100 g to 1.36±0.01 µg/100 g. The vitamin K₂ content ranged from 15.04±0.03 µg/100 g to 165.97±6.92 µg/100 g. The vitamin K content in fertilized eggs was significantly higher than in commercial eggs. The yolk of the egg is abundant in vitamin K but undetectable in the egg whites. This study provides reliable nutritional data on vitamin K, contributing to the development of an accurate and comprehensive Korean food composition database.



OPEN ACCESS

Citation: Lee H, Jeon Y, Choi Y, Sung J. Analysis of the vitamin K content in eggs commonly consumed in Korea. Food Sci. Preserv., 32(3), 408-414 (2025)

Received: March 19, 2025

Revised: June 10, 2025

Accepted: June 11, 2025

***Corresponding author**

Jeehye Sung

Tel: +82-54-820-5752

E-mail: jeehye@gknu.ac.kr

Copyright © 2025 The Korean Society of Food Preservation. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Keywords eggs, vitamin K, phyloquinone, menaquinone, HPLC

1. 서론

비타민 K는 1929년 덴마크의 생화학자 Henrik Dam에 의해 혈액 응고에 필수적인 지용성 비타민으로 처음 발견되었으며(Japelt와 Jakobsen, 2016), 두 가지 자연 형태인 비타민 K₁(phyloquinone, PK)과 비타민 K₂(menaquinone, MK)로 존재한다. 이들은 공통적으로 2-methyl-1,4-naphthoquinone 구조를 가지며, MK는 PK와 달리 3번 위치에 다양한 길이의 소수성 측쇄를 갖는다. 이 측쇄의 아이소프레노이드 단위 수(n)는 일반적으로 4-13개의 불포화 아이소프레노이드로 이루어지며, n의 값에 따라 MK는 MK-n으로 나타낸다(Szterk 등, 2018).

PK는 주로 식물과 해조류에 존재하여 케일 · 시금치 등 녹색 잎채소에 풍부한 반면, MK는 장내 미생물에 의해 합성되며 유제품, 간, 난황, 육류 등 동물성 식품에서 주로 검출된다. 최근 낫토(발효된 콩)와 같은 발효식품에도 MK가 검출되는 것으로 보고되고 있다(Klapkova 등, 2018). 비타민 K의 주요 생리적 기능은 간에서 혈액 응고에 필요한 프로트롬빈(prothrombin)의 합성을 돕는 것뿐만 아니라 뼈 조직 형성, 단백질 및 핵산 대사에 관여한다(Szterk 등, 2018). 최근 연구에서는 비타민 K가 지질 이중층에서 활성산소를 가두어 세포막의 산화적 분해를 유도하는 ferroptosis를 억제하는 중요한 역할을 한다고 보고되었다(Mishima 등, 2022). 보건복지부에 따르면, 2020년 한국인 영양

섭취기준에서 19세 이상의 비타민 K 권장 섭취량은 남성 75 µg/일, 여성 65 µg/일로 제시되어 있다(Ministry of Health and Welfare, 2020).

달걀은 아미노산 조성이 우수한 완전 단백질 식품으로, 단일 식품으로서 탄수화물, 단백질, 지질 외에도 비타민과 미네랄 등 인체에 필수적인 영양소를 고루 함유하고 있다(Yang 등, 2014). 달걀의 난백에는 thiamine, riboflavin을 포함한 비타민 B군과 folic acid와 같은 수용성 비타민이 포함되어 있고, 난황에는 비타민 A, D, E, K와 같은 지용성 비타민이 함유되어 있다(The Korean Nutrition Society, 2009). 농림축산식품 주요 통계에 따르면, 국내 1인당 달걀 소비량은 2018년 268개에서 2021년 281개로 증가했으며, 달걀 총생산량도 2017년 128억 개에서 2021년 137억 개로 7% 증가한 것으로 보고되었다(Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, 2023).

현재까지 달걀의 비타민 K 분석 연구는 주로 미국, 일본, 덴마크 등에서 진행되었으며, 생달걀의 전란, 난황, 난백의 비타민 K 함량 분석과 미국에서 유통되는 달걀 시료의 영양성분에 대한 분석이 이루어져 왔다(Jensen 등, 2025; Kamao 등, 2007; USDA, 2019). 특히 미국·영국·아일랜드 등 선진국은 비타민 K를 핵심 영양소로 인식해 섭취 중요성을 강조하고 있으며, 이에 따라 달걀을 biofortification을 통해 비타민 K 섭취량을 높이는 연구가 활발히 진행되고 있다(O'sullivan 등, 2020). 비타민 K는 식이·건강·질병과의 관련성을 다루는 최신 연구에서 중요성이 커지고 있으나, 국내 식품 성분 데이터베이스에는 일부 달걀의 비타민 K₁ 자료만 수록되어 있고 비타민 K₂에 대한 자료는 여전히 부족하다(RDA, 2024). 비타민 K의 정확한 함량 정보는 국민 섭취량 추정에 필수적이므로, 국내 유통 달걀을 대상으로 한 체계적 분석이 필요하다. 본 연구는 지역별 달걀 시료를 수집하고, 식품공전에 수록된 비타민 K 분석법의 타당성을 검증해 데이터 신뢰성을 확보한 뒤, 시중에서 유통 중인 일반달걀과 유정란의 다양한 부위에서 PK와 MK 함량을 측정하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 재료

본 연구에서 사용한 20가지 형태의 달걀 시료는 2024년 농촌진흥청으로부터 제공받았다. 시료는 국내에서 시판되는 유정란·무정란과 난백 가루, 난황 가루, 구운 달걀로 구성되었다. 일반 달걀은 무항생제 1등급 제품을 구입하여 사용하였으며, 유정란은 주요 생산지 4개 지역에서 수집하였다. 조리 과정에 따른 변화를 관찰하기 위해 삶은 달걀은 끓는 물에서 10분간 조리하였다. 난백 가루, 난황 가루, 구운 달걀 역시 시중 유통 제품을 구매하여 분석에 이용하였다. 모든 시료는 농촌진흥청

에서 균질화한 뒤 -80°C에서 냉동 보관하였으며, 분석기관으로 이동한 직후 -20°C에 보관하였다. 분석 전에는 실온에서 해동하여 사용하였다.

2.2. 시약

Phylloquinone은 Wako Pure Chemical(Osaka, Japan)에서 구입하였으며, menaquinone-4, butylated hydroxytoluene(BHT), lipase *Candida rugosa*(Type VII, ≥700 unit/mg solid), sodium acetate, acetic acid, zinc powder, potassium phosphate monobasic은 Sigma-Aldrich(Louis, MO, USA)에서 구입하였다. Magnesium sulfate anhydrous, potassium hydroxide, potassium carbonate, zinc chloride는 Samchun(Seoul, Korea)에서 구입하여 사용하였다. 분석에 사용된 methanol, ethanol, dichloromethane, hexane, water는 HPLC 등급의 Honeywell (Muskegon, MI, USA) 제품을 사용하였다. 분석법 검증 및 내부 분석품질관리를 위해 농촌진흥청에서 인증표준물질(standard reference material, SRM)인 SRM 3235[soy milk, National Institute of Standards and Technology(NIST)]와 브로콜리, 표고버섯 혼합분말 및 분유를 제공받아 사용하였다.

2.3. 용매 추출법

용매추출법은 식품공전의 비타민 K 분석법(MFDS, 2024)과 기존 연구 방법(Jeon 등, 2024)을 기반으로 수행되었다. 지방 함량 5% 이하 시료 1 g을 dichloromethane:methanol(2:1, v/v) 30 mL와 혼합 후 균질화하였다. 여과 후 methanol로 50 mL 정용하고, magnesium sulfate anhydrous를 이용해 탈수하였다. 정용액 2 mL를 질소로 건조한 후 hexane 2 mL로 재용해하였다. 혼합용매(methanol:water=9:1, v/v) 5 mL와 함께 원심분리(715.5 ×g, 5분) 후 상층액 1 mL를 회수하여 건조하였다. 이후 methanol 1 mL로 재용해하고, 0.45 µm PTFE membrane filter로 여과 후 HPLC vial에 보관하여 분석에 사용하였다.

2.4. 효소 추출법

효소 추출법은 식품공전의 비타민 K 분석법(MFDS, 2024)과 기존 연구 방법(Jeon 등, 2024)을 기반으로 수행되었다. 지방 함량 5% 이상 시료 중 고체는 1 g, 액체는 10 g을 채취하여 40°C 이하 HPLC water와 혼합 후, lipase 1 g과 인산완충용액 5 mL를 첨가하여 37°C에서 160 rpm으로 2시간 분해하였다. 인산완충용액은 potassium phosphate monobasic 54 g을 증류수 350 mL에 용해한 후, potassium hydroxide로 pH 8.0으로 조정하고 증류수를 사용하여 최종 부피를 500 mL로 정용한 것을 사용하였다. 이후 potassium carbonate 1 g과 ethanol:methanol(95:5, v/v) 10 mL를 첨가한 뒤, hexane 30 mL를 가하여 10분간 진탕 후 층 분리를 유도하였다. 상층액을 회수하여 원심분리

(178.9 ×g, 10분) 후, hexane 상층액 5 mL를 질소로 농축하였다. 최종적으로 methanol 500 µL로 재용해한 후, 0.45 µm PTFE membrane filter로 여과하여 HPLC vial에 보관하였다.

2.5. 기기 및 분석조건

분석조건은 식품공전의 비타민 K 분석법(MFDS, 2024)에 따라 형광검출기가 장착된 HPLC(Nanospace SI 2, Osaka Soda Co., Ltd.)를 이용하였다. 분석 컬럼은 ZORBAX Eclipse XDB-C18(150 mm×4.6 mm, 5 µm, Agilent Technologies)과 아연 분말 충전 포스트 컬럼(XC0502WT empty column, 2×50 mm, YMC Co., Ltd.)을 연결하여 35°C로 유지하였다. 형광 검출기의 파장은 Exλ 243 nm, Emλ 430 nm였으며, 유속은 1.0 mL/min, 시료 주입량은 50 µL였다. 이동상은 Methanol: dichloromethane(9:1, v/v) 1 L에 zinc chloride 1.37 g, sodium acetate 0.41 g, acetic acid 300 µL를 혼합 후 0.45 µm 필터로 여과하여 사용하였다.

2.6. 분석 데이터 생산 및 분석품질관리

분석품질관리는 기존 연구 방법(Jeon 등, 2024)을 기반으로 수행되었다. PK와 MK 표준용액을 methanol로 희석하여 0.007-0.87 µg/mL 범위의 8가지 농도를 조제하고, 크로마토그램의 면적을 측정하여 표준곡선을 작성하였다. 분석 신뢰도를 확보하기 위해 검출한계(limit of detection, LOD)와 정량한계

(limit of quantification, LOQ)를 평가하였으며, 각각 $LOD=3.3\times\sigma/s$, $LOQ=10\times\sigma/s$ (σ : 반응의 표준편차, s : 검량선 기울기) 식을 이용하여 계산하였다. 반복성(repeatability)은 분유를 사용해 하루 5회 반복 실험하여 평가하였고, 재현성(reproducibility)은 동일한 실험을 5일간 반복 수행하였다. 또한, SRM 3235 (soy milk) 분석을 통해 NIST 제공 참값(reference value)과 실험 측정값(analysis value)을 비교하고, 변동계수(coefficient of variation, CV)를 산출하여 실험의 정확도를 검증하였다.

2.7. 통계 분석

모든 결과는 2회 반복실험에 대한 평균(mean)±표준편차(standard)로 나타내었다. 실험결과에 대한 통계처리는 R(Version 4.5.1, Boston, MA, USA)를 이용하여 평균과 표준편차로 나타내었고, 각 처리군 간의 유의성에 대한 검증은 ANOVA를 이용하여 유의성을 확인한 후, $p<0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test를 이용하여 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 분석법 검증

비타민 K 표준용액, SRM과 시료를 HPLC로 분석한 크로마토그램은 Fig. 1과 같다. 분석 방법을 검증하기 위해 정확성을 확인하기 위해 SRM 3235를 이용하여 참값과 본 실험의 측정

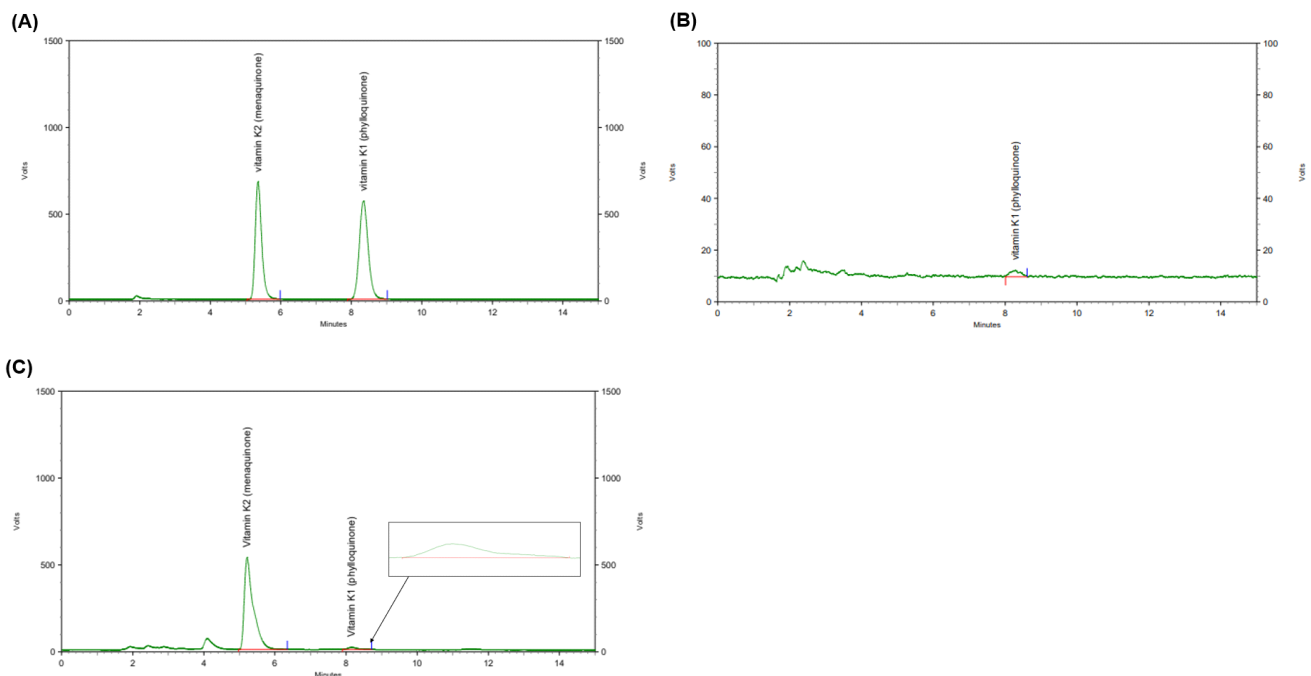


Fig. 1. HPLC chromatogram of vitamin K (K₁, phylloquinone; K₂, menaquinone) (Exλ=243 nm, Emλ= 430 nm). (A), standards; (B), SRM; and (C), fertilized egg, raw, whole (region 4).

값을 비교한 후 상대표준편차를 검증하였다(Table 1). NIST에서 제공하는 SRM 3235의 참값은 $3.700 \pm 0.004 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ 이며, 본 연구에서 분석된 값은 $3.732 \pm 0.083 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ 으로 100.81%의 우수한 회수율을 보였다. 측정값의 정밀성을 검증하기 위해 반복성과 재현성을 평가한 결과, CV는 각각 3.508%와 2.231%로 분석법의 우수한 정밀도를 확인하였다(Table 2). 검량선 작성 결과, 검량선 식은 $y=50,000,000x-26,885$ 로 도출되었고, 상관관계수(R^2)는 1로 정확한 직선성을 확인하였다. 본 연구의 분석 방법의 LOD는 $0.008 \mu\text{g}/100 \text{ g}$, LOQ는 $1.190 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ 이었다. Kim 등(2021)의 연구에서는 PK의 LOD와 LOQ가 각각 $0.38 \text{ ng}/50 \mu\text{L}$ 과 $1.15 \text{ ng}/50 \mu\text{L}$ 로 보고하였으며, Jeon 등(2024)은 LOD를 $0.095 \mu\text{g}/100 \text{ g}$, LOQ는 $1.258 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ 로 보고하였다. 분석법 검증을 통해 본 연구의 분석법은 신뢰할 수 있는 검출 방법을 지니고 있음을 확인하였다.

3.2. 국내에서 주로 소비되는 달걀의 비타민 K 함량

본 연구에서는 국내에서 소비되는 달걀을 유정란과 일반적으로 소비되는 달걀로 분류하고, 각 달걀의 조리 방법에 따른 차이를 분석하였다. 본 연구에서는 지방 함량 5%를 기준으로 용매 추출법(지방함량 5% 미만)과 효소 추출법(지방함량 5% 이상)을 사용하여 지방을 추출하였으며, 지방 함량 산정을 위해 식품성분표의 기준을 참고하였다(RDA, 2024). 지방 함량이 5% 이상인 식품의 경우, 지질 매트릭스에 결합된 비타민 K를 효율적으로 분리하기 위해 지질을 효소로 분해한 뒤 침전시킨 후 헥산을 통해 추출한다. 반면, 지방 함량이 5% 미만인 식품의 경우에는 추출 용매에 의해 변성된 단백질과 전분 등의 방해

물질을 침전·제거한 후, 비극성 용매를 사용해 비타민 K를 추출한다(Kim 등, 2022). 난백은 용매 추출법을 사용하여 결과를 제시하였고, 난황을 제외한 전란, 난황 부위는 효소 추출법을 적용하였다. 국내에서 주로 소비되는 조리 및 가공 방법에 따른 달걀의 전란, 난백, 난황의 비타민 K 함량은 Table 3과 같다. MK 함량은 $16.26 \pm 0.02 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ 에서 $70.90 \pm 0.13 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ 사이로 나타났으며, 구운 난황이 $70.90 \pm 0.13 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ 으로 가장 높은 수치를 기록하였다. 반면, 삶은 달걀은 $16.26 \pm 0.02 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ 으로 가장 낮은 수치를 보였으며, 전반적으로 구운 달걀보다 낮은 MK 함량을 나타내었다. 전란 가루에서만 PK가 $0.65 \pm 0.01 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ 으로 분석되었고, MK 함량은 $36.71 \pm 0.31 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ 이었다. 전란 가루에서만 PK가 분석된 이유는 가루 제조 시 수분 함량이 낮아져 상대적으로 PK가 검출되었을 가능성이 크다고 판단된다. 분석된 달걀의 난백 부위에서는 비타민 K가 검출되지 않았다. Lee 등(2022)의 연구에서 보고된 삶은 난황의 MK 함량은 $35.53 \pm 0.06 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ 으로, 본 연구에서 분석된 삶은 난황의 MK 함량($47.27 \pm 0.75 \mu\text{g}/100 \text{ g}$)과 유사한 값을 보였다. USDA NRS National Nutrient Database(USDA, 2024)에 의하면, 생 달걀과 삶은 달걀의 PK 함량은 $0.3 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ 으로 동일하게 보고되었으나, MK 함량에 대한 데이터는 제공되지 않았다. Jensen 등(2025)은 덴마크와 핀란드에서 케이지프리 달걀과 농가에서 사육된 달걀의 비타민 K 함량을 분석하였으며, PK는 $0.89\text{--}1.31 \mu\text{g}/100 \text{ g}$, MK-4는 $29.6\text{--}30.9 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ 으로 보고하였다. PK는 동물의 체내에서 MK로 전환될 수 있으며(Fusaro 등, 2017), 다양한 달걀의 비타민 K 분석 결과에서 나타난 값의 차이는 유통 과정에서 변화된 달걀의 생리적 및

Table 1. Analysis of certified reference material

Sample	Content ²⁾		Recovery (%)
	Reference value	Analysis value	
SRM (3235) ¹⁾	3.70 ± 0.004^3	3.73 ± 0.083	100.81

¹⁾Standard reference material (3235, NIST).

²⁾Concentration of PK (phyllquinone) was expressed as $\mu\text{g}/100 \text{ g}$ sample.

³⁾All values are mean $\pm$ SD (n=3).

Table 2. Precision and detection limits of vitamin K analysis method

Parameter	Precision		Detection limit ($\mu\text{g}/100 \text{ g}$)	
	Repeatability	Reproducibility	LOD	LOQ
Mean ¹⁾	62.66	64.30	0.008	1.190
SD	2.198	1.435		
CV (%)	3.508	2.231		
Linearity	$y=50,000,000x-26,885$ ($R^2=1$)			

¹⁾n=5, $\mu\text{g}/100 \text{ g}$ sample on raw weight basis.

영양적 특성에 기인한 것으로 생각된다.

국내에서 소비되는 지역별 유정란과 유정란의 조리 전후 전란, 난백, 난황의 비타민 K 함량은 Table 3과 같다. 조리하지 않은 유정란 중 지역 1($0.11 \pm 0.00 \mu\text{g}/100 \text{ g}$)과 지역 4($1.36 \pm 0.01 \mu\text{g}/100 \text{ g}$)에서만 PK가 검출되었으며, MK 함량은 $80.88 \pm 0.31 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ - $165.97 \pm 6.92 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ 이었다. 유정란을 삶은 후 PK는 검출되지 않았으나, MK 함량은 $15.04 \pm 0.03 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ - $22.73 \pm 0.15 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ 이었다. 본 연구에서는 조리하지 않은 유정란 전란의 비타민 K 함량이 조리된 유정란 전란보다 더 높은 함량을 보였다. 유정란의 난황에서는 PK 함량이 $0.23 \pm 0.00 \mu\text{g}/100 \text{ g}$, MK 함량이 $62.50 \pm 0.19 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ 이었으며, 조리 후에는 PK 함량이 $0.12 \pm 0.00 \mu\text{g}/100 \text{ g}$, MK 함량이 $47.89 \pm 0.21 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ 으로 나타났다. 조리 전후의 함량 차이는 크지 않았다. 난백에서는 유통되는 일반 달걀의 결과와 유사하게 비타민 K가 검출되지 않

았다. Eregama 등(2024)에 따르면, 난백과 난황 구조가 가열 과정에서 변화를 겪으면서 특정 성분의 유실이나 변형이 발생할 가능성이 있다고 보고하였다. 열에 의한 비타민 K 성분의 파괴나, 물리적 변화가 특정 영양 성분의 감소에 영향을 미쳤을 가능성이 있다.

3.3. 국내에서 소비되는 일반달걀과 유정란의 비타민 K 함량 비교

국내에서 소비되는 일반 달걀과 유정란의 비타민 K 함량을 비교한 도식화된 boxplot은 Fig. 2와 같다. PK가 검출되지 않은 시료가 많아 MK 함량을 비교하였다. 전란을 비교한 결과, 유정란의 MK 함량이 일반 달걀에 비해 높았다. 이는 유정란의 생리적 특성이나 사육 환경이 MK의 생성 및 축적에 영향을 미

Table 3. Vitamin K content of eggs commonly consumed in Korea

	Egg fraction	Processing type	Region ¹⁾	Vitamin K ($\mu\text{g}/100 \text{ g}$ sample)	
				Phylloquinone	Menaquinone
Commercial egg	Whole	Boiling	-	ND ⁴⁾	$16.26 \pm 0.02^{2)j3)}$
	White	Boiling	-	ND	ND
	Yolk	Boiling	-	ND	47.27 ± 0.75^e
Fertilized egg	White	Raw	-	ND	ND
	Yolk	Raw	-	0.12 ± 0.00^d	47.89 ± 0.21^e
	White	Boiling	-	ND	ND
	Yolk	Boiling	-	0.23 ± 0.00^c	62.50 ± 0.19^f
	Whole	Raw	1	0.11 ± 0.00^e	158.37 ± 0.07^b
	Whole	Raw	2	ND	107.47 ± 1.52^c
	Whole	Raw	3	ND	165.97 ± 6.92^a
	Whole	Raw	4	1.36 ± 0.01^a	80.88 ± 0.31^d
	Whole	Boiling	1	ND	20.72 ± 0.30^{jk}
	Whole	Boiling	2	ND	15.04 ± 0.03^l
	Whole	Boiling	3	ND	22.73 ± 0.15^{ij}
	Whole	Boiling	4	ND	18.44 ± 0.11^{kl}
Etc	Whole	Baking	-	ND	25.23 ± 0.02^j
	White	Baking	-	ND	ND
	Yolk	Baking	-	ND	70.90 ± 0.13^e
	Whole	Powder	-	0.65 ± 0.01^b	36.71 ± 0.31^h
	White	Powder	-	ND	ND

¹⁾Region numbers (1-4) refer to the four production areas sampled for fertilized eggs.

²⁾All values are mean $\pm$ SD (n=2).

³⁾Means with different superscript letters (^{a-l}) within the same column are significantly different by Duncan's multiple range test at p<0.05.

⁴⁾ND, not detected.

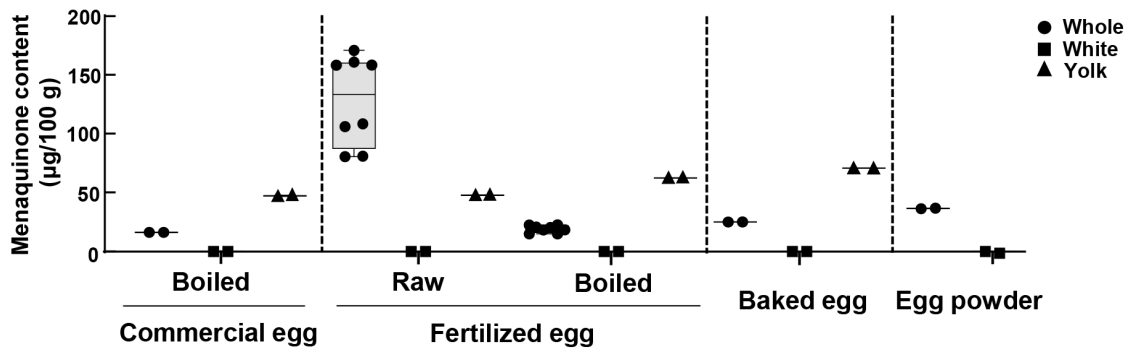


Fig. 2. Comparison of menaquinone content in commonly consumed and fertilized eggs.

칠 가능성이 있음을 시사한다(Kang 등, 2024). 일반 달걀과 유정란, 그리고 달걀 분말의 난백에서는 모두 MK가 검출되지 않았으나, 달걀의 난황 및 전란에서는 MK가 분포하는 경향을 보였다. 이는 MK가 난황에 주로 존재하며, 가열 조리 시에도 난황 내 MK의 보존율이 상대적으로 높을 가능성이 있을 것으로 판단된다. 특히, 달걀 분말에서도 난황에서만 MK가 검출된 점은 가공 과정에서 MK의 손실이 크지 않을 수 있음을 보여준다. 본 연구 결과 생 유정란의 전란은 모든 샘플 중 가장 높은 MK 함량을 나타내었으며, 특히 난황이 주요 저장 부위로 작용함을 확인하였다. 이는 달걀이 MK의 중요한 급원이 될 수 있다는 가능성을 보여준다.

4. 요약

본 연구는 국내에서 소비되는 달걀의 비타민 K 함량을 분석하였다. 비타민 K 분석법은 지방 함량에 따라 용매 추출법, 효소 추출법으로 나누어 분석을 진행하였으며, 정확성, 검출한계, 정량한계, 직선성을 통해 검증하였다. 본 연구에서 분석된 일반적으로 소비되는 달걀의 일반 달걀의 경우, MK 함량은 16.26 ± 0.02 µg/100 g- 70.90 ± 0.13 µg/100 g 범위로 나타났으며, 특히 구운 난황(70.90 ± 0.13 µg/100 g)에서 가장 높은 수치를 보였다. 조리 전 유정란 전란의 MK 함량은 80.88 ± 0.31 µg/100 g- 165.97 ± 6.92 µg/100 g으로 일반 달걀보다 높았다. 난백에서는 MK가 검출되지 않았으며, 전란과 난황에서만 분포하는 경향을 보였다. MK는 달걀의 중요한 급원으로 활용될 가능성이 있으며, 사육 환경 및 가공 과정이 MK 함량에 영향을 미칠 수 있다. 연구는 국내에서 소비되는 달걀을 조리 방법과 품종별로 분류하여 비타민 K 함량을 제시하였으며, 국가표준식품성분표 데이터베이스 구축에 기여할 수 있을 것으로 기대된다. 본 연구는 제한된 샘플을 대상으로 비타민 K 함량을 분석한 결과로, 향후 연구에서는 온도 변화, 사료 조성 차이 등 다양한 요인을 고려한 추가 연구가 필요할 것으로 사료된다.

Funding

This study was carried out with the support of “Cooperative Research Program for Agriculture Science and Technology Development (Project No. RS-2023-00220743)” Rural Development Administration, Republic of Korea.

Acknowledgements

None.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflicts of interest.

Author contributions

Conceptualization: Choi Y, Sung J. Methodology: Lee H, Jeon Y. Writing - original draft: Lee H. Writing - review & editing: Sung J.

Ethics approval

This article does not require IRB/IACUC approval because there are no human and animal participants.

ORCID

Hyeongyu Lee (First author)

<https://orcid.org/0009-0002-7397-3850>

Yuna Jeon

<https://orcid.org/0009-0003-7404-142X>

Youngmin Choi

<https://orcid.org/0000-0002-8633-4671>

Jeehye Sung (Corresponding author)

<https://orcid.org/0000-0002-7998-3016>

References

- Eregama GSR, Aung SH, Pitawala HMJC, Ali M, Lee SY, Park JY, Abeyrathne EDNS, Nam KC. Evaluation of physicochemical changes in hard-boiled eggs stored at different temperatures. *Food Sci Anim Resour*, 44, 74-86 (2024)
- Fusaro M, Gallieni M, Rizzo MA, Stucchi A, Delanaye P, Cavalier E, Moyses RMA, Jorgetti V, Iervasi G, Giannini S, Fabris F, Aghi A, Sella S, Galli F, Viola V, Plebani M. Vitamin K plasma levels determination in human health. *Clin Chem Lab Med*, 55, 789-799 (2017)
- Japelt RB, Jakobsen J. Analysis of vitamin K₁ in fruits and vegetables using accelerated solvent extraction and liquid chromatography tandem mass spectrometry with atmospheric pressure chemical ionization. *Food Chem*, 192, 402-408 (2016)
- Jensen MB, Langwagen M, Christensen T, Poulsen A, Jakobsen J. Vitamin K: Content in food and dietary intake among the Danes. *Food Chem*, 464, 141651 (2025)
- Jeon Y, Kim K, Park S, Choi Y, Lee H, Sung J. Analysis of the vitamin K content in vegetables and agricultural processed foods commonly consumed in Korea. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 53, 1178-1184 (2024)
- Kamao M, Suhara Y, Tsugawa N, Uwano M, Yamaguchi N, Uenishi K, Ishida H, Sasaki S, Okano T. Vitamin K content of foods and dietary vitamin K intake in Japanese young women. *J Nutr Sci Vitaminol*, 53, 464-470 (2007)
- Kang HM, Park EJ, Park SY, Hawng DY, Lee JC, Kim M, Choi YW. Production of lignan-rich eggs as functional food by supplementing *Schisandra chinensis* by-product in laying hens. *J Life Sci*, 34, 18-27 (2024)
- Kim HJ, Lee S, 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)
- Kim Y, Kim K, Kim KR, Kim JH, Lee D, Kwon S, Lee J, Jang K, Kim BH, Sung J. Determination of vitamin K in Korean processed food and restaurant meal. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 51, 56-63 (2022)
- Klapkova E, Cepova J, Dunovska K, Prusa R. Determination of vitamins K₁, MK-4, and MK-7 in human serum of postmenopausal women by HPLC with fluorescence detection. *J Clin Lab Anal*, 32, e22381 (2018)
- Lee S, Choi Y, Gu M, Baik S, Sung J, Jeong HS, Lee J. Analysis of vitamin K content in commonly consumed foods in Korea. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 51, 1272-1280 (2022)
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA). Statistics Yearbook. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, Sejong, Korea, p 176-185 (2023)
- Ministry of Food and Drug Safety. Food code: Vitamin K₁ testing method, chapter 2.2.2.8. Available from: <https://www.mfds.go.kr>. Accessed May 15, 2025.
- Ministry of Health and Welfare, The Korean Nutrition Society. Dietary Reference Intakes for Koreans. 3rd ed, Ministry of Health and Welfare, Sejong, Korea, p 1-1118 (2020)
- Mishima E, Ito J, Wu Z, Nakamura T, Wahida A, Doll S, Tonnus W, Nepachalovich P, Eggenhofer E, Aldrovandi M, Henkelmann B, Yamada K, Wanninger J, Zilka O, Sato E, Feederle R, Hass D, Maida A, Santos Dias Mourao A, Linkermann A, Geissler EK, Nakagawa K, Abe T, Fedorova M, Proneth B, Pratt DA, Conrad M. A non-canonical vitamin K cycle is a potent ferroptosis suppressor. *Nature*, 608, 778-783 (2022)
- O'Sullivan SM, Ball MEE, McDonald E, Hull GLJ, Danaher M, Cashman KD. Bioinf fortification of chicken eggs with vitamin K-nutritional and quality improvements. *Foods*, 9, 1619 (2020)
- Rural Development Administration (RDA). Standard food composition table, DB version 10.2. 2024. Available from: <http://koreanfood.rda.go.kr/>. Accessed Mar. 9, 2025.
- Szterk A, Zmysłowski A, Bus K. Identification of cis/trans isomers of menaquinone-7 in food as exemplified by dietary supplements. *Food Chem*, 243, 403-409 (2018)
- The Korean Nutrition Society. 2009 Food Values. The Korean Nutrition Society, Seoul, Korea (2009)
- United States Department of Agriculture (USDA). FoodData central. 2019. Available from: <https://fdc.nal.usda.gov/>. Accessed Mar. 9, 2025.
- Yang EJ, Lee YE, Moon HK. Nutritional roles and health effects of eggs. *J Nutr Health*, 47, 385-393 (2014)