우리나라에서 소비되는 면류 및 빵·과자류의 일부 비타민 B군과 비타민 C의 함량

신희윤¹ · 김병희² · 김민희³ · 김영화¹

¹경성대학교 식품생명공학과

²숙명여자대학교 식품영양학과

³한국첨단시험연구원

Contents of Selected Vitamin B and Vitamin C in Noodles, Snacks and Breads Consumed in Korea

Heeyoon Shin¹, Byung Hee Kim², Min-Hee Kim³, and Younghwa Kim¹

¹Department of Food Science and Biotechnology, Kyung Sung University

²Department of Food and Nutrition, Sookmyung Women's University

³Department of Research & Development, Fore Front TEST

ABSTRACT The purpose of this study was to investigate the content of water-soluble vitamins, such as vitamins B₁, B₂, B₃, B₅, B₆, B₇, and C in processed noodles, bread, and snacks consumed in Korea. It was observed that the highest content of vitamin B₁ was 1.115 mg/100 g in tortilla, and instant udon showed the highest content of vitamin B₂ (0.840 mg/100 g). The highest content in vitamin B₃ was 3.928 mg/100 g in the gangnaengi, and ppeongtwigi contained the highest content of vitamin B₅ (19.195 mg/100 g). Vitamin B₆ was not detected in most processed noodles, bread, and snacks, with the exceptions being carbonara spaghetti, rose cream spaghetti, and crackers. Muffins showed the highest content of vitamin B₇ (9.124 µg/100 g) and potato chips contained the highest levels of vitamin C (35.936 mg/100 g). In addition, the analysis method of each water-soluble vitamin was verified. These results provide reliable data on the selected vitamin B, and vitamin C content of processed noodles, bread, and snacks consumed in Korea.

Key words: noodles, snacks, bread, water-soluble vitamins, method validation

서론

현재 우리나라는 급격한 사회 변화로 인해 식생활에서도 많은 변화가 있으며(Lee 등, 2016), 이로 인해 면류 및 빵류가 우리나라 식단에서 차지하는 비율이 증가하는 추세에 있다. 또한 과자류의 경우에도 소비량이 증가하면서 다양한 신제품이 출시되고 있으며, 이로 인해 면류 및 빵·과자류 가공식품의 소비량 및 시장 규모가 커지고 있는 추세이다. 면류의 국내 판매액은 2014년 약 2조 883억 원에서 2019년 2조 7,811억 원으로 7.32% 증가하였으며 또한, 빵류의 경우 신제품, 아침 식사 대용, 간식으로의 활용 증가로 1인당 1일 빵 섭취량이 2012년 18.2 g에서 2016년 20.9 g으로 증가하였다(FIS, 2018; KOSIS, 2020). 그뿐만 아니라 과자류의

국내시장 규모는 2016년 총 3조 2,554억 원에서 2017년 3조 3,387억 원으로 증가하였으며, 스낵 과자(36.7%), 비스킷(25.2%), 캔디(11.7%) 순으로 과자류 시장의 비중을 차지하고 있다(KOSIS, 2019). 이처럼 국내 면류 및 빵·과자류에 대한 소비는 꾸준히 증가하고 있으며 이들 신제품 개발에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다.

비타민은 식품에 소량 존재하며 대부분 체내에서 합성되지 않아 반드시 식품으로부터 섭취해야 한다(Lee 등, 2005). 수용성 비타민 중 비타민 B₁(thiamine)은 탄수화물 대사와 신경 전달에 필요한 보조 인자로 작용한다(Suh와 Kim, 2011). 비타민 B₂(riboflavin)는 피부, 눈, 결합 조직, 점막을 포함한 생체 조직 및 면역계, 신경계의 정상적인 기능을 위해 필수적인 영양소이며 신경 전달 물질의 이용과 관련된

Received 13 August 2021; Revised 2 September 2021; Accepted 15 September 2021

Corresponding author: Younghwa Kim, Department of Food Science and Biotechnology, Kyung Sung University, 309, Suyeong-ro, Nam-gu, Busan, 48434, Republic of Korea, E-mail: younghwakim@ks.ac.kr

Author information: Heeyoon Shin (Graduate student), ByungHee Kim (Professor), Younghwa Kim (Professor)

Copyright © 2021 by The Korean Society of Food Science and Nutrition. All rights Reserved.

This is Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://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.

특정 호르몬들의 생산과 조절에도 중요한 역할을 한다(Kim, 2005). 비타민 B₃(niacin)의 경우 조효소 nicotinamide adenine dinucleotide 및 nicotinamide adenine dinucleotide phosphate의 전구체로 대사 과정에서 전자전달에 중요한 역할을 한다(Wei 등, 2014). 또한 펠라그라(pellagra) 질병의 예방 및 치료에 효과적이며 말초 혈관을 확장시켜 혈액순환을 촉진하고 콜레스테롤을 감소시키는 등의 효과가 있다고 알려져 있다(Kim 등, 2017a). 비타민 B₅(pantothenic acid)는 coenzyme A의 생합성에 필요하며 지방산 합성 효소 복합체의 필수 성분인 acyl-carrier protein의 구조 성분으로 지방산 합성에 필요하다고 알려져 있다(Tahiliani와 Beinlich, 1991). 비타민 B₆(pyridoxine)는 아미노산 대사에 관여하는 조효소로서 면역계 및 신경 전달 물질 합성 등을 조정하는 역할을 하며, 항피부병, 항빈혈 인자로 분류되어 있다(Choi 등, 2017). 비타민 B₇(biotin)은 생체 내 각종 대사를 조절하는 조효소로 사용되며 손톱, 머리카락, 피부의 건강을 향상시킨다고 보고되어 있다(Patel 등, 2017). 마지막으로 비타민 C(ascorbic acid)는 천연 항산화제로 결합 조직의 필수 구성요소인 콜라겐의 생합성에 관여한다고 알려져 있다(NIH, 2021b).

이처럼 대부분의 수용성 비타민은 탄수화물 및 단백질과 같은 에너지 대사 과정에서 조효소로 사용된다. 따라서 현재 우리나라의 식생활에 중요한 부분을 차지하는 면류 및 빵·과자류의 수용성 비타민의 함량 정보 구축이 필요할 것으로 판단되지만, 이들 식품에 함유된 비타민의 함량 정보는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 국내에서 소비되는 면류 및 빵·과자류 가공식품에 함유된 수용성 비타민의 함량을 알아보았다.

재료 및 방법

재료 및 시약

본 연구에서 이용된 시료는 국가관리시스템(National Laboratory System, NLS)의 데이터베이스 구축을 위하여 주요 영양성분의 섭취 기여도가 높은 주요 식품(key food)과 최근 소비 트렌드를 반영한 식품 중에서 분석 대상 식품을 선정하였다. 선정된 면류 및 빵·과자류 27종은 숙명여자대학교(NLS, Seoul, Korea)의 National Laboratory System 센터에서 수집하였고 이를 제공받아 본 연구에 사용하였다. 분석실로 배송된 시료는 -20°C에서 냉동상태로 보관하였으며 각 성분의 분석 시료로 사용하였다. 수용성 비타민 분석 시 사용된 표준시약은 Sigma-Aldrich Co.(St. Louis, MO, USA)로부터 구입하였으며, 비타민 B₁은 thiamine hydrochloride를 사용하였고, 비타민 B₂는 riboflavin-5'-adenosyldiphosphate(FAD), riboflavin-5'-phosphate(FMN), riboflavin, 비타민 B₃는 nicotinic acid와 nicotinamide를 사용하였으며, 비타민 B₅는 pantothenic acid, 비타민 B₆는 pyridoxine을 사용하였다. 비타민 B₇은 biotin,

비타민 C는 ascorbic acid를 사용하였다. High-performance liquid chromatography(HPLC)의 이동상으로 사용된 methanol, acetonitrile 및 3차 증류수는 Honeywell-Burdick&Jackson(Muskegon, MI, USA)으로부터 구입하여 사용하였다. 내부 분석 품질관리에 사용한 QC(quality control) 시료는 시중에 판매하는 스틱형으로 소포장된 분유(commercial infant formula, Imperial dream XO, Namyang, Seoul, Korea)를 구입하였으며, 미국국립표준기술소(NIST, Gaithersburg, MD, USA)의 표준 인공물질 Infant/Adult Nutritional Formula II(milk/whey/soy-based)를 구입하여 -20°C에서 냉동 보관해 사용하였다.

비타민 B₁ 및 B₃ 분석

비타민 B₁ 및 B₃의 분석 방법은 Kim 등(2014)의 방법에 따라 진행하였다. 분석은 균질화된 시료 약 5 g을 칭량한 뒤 5 mM sodium 1-hexanesulfonate 용액 50 mL를 첨가하였다. 그 후 초음파 추출기(SD-350H, Sungdong Ultrasonic Co., Seoul, Korea)로 40°C에서 30분간 처리하여 방랭하였다. 이 추출액은 15,000 rpm으로 10분간 원심분리하여 상층액을 취한 후 0.45 µm 실린지 필터(Whatman Inc., Maidstone, UK)로 여과하였다. HPLC(Hitachi 5000 Chromaster, Hitachi Ltd., Tokyo, Japan)로 분석하였고, 분석에 사용된 column은 YMC-Pack ODS AM(250 mm×4.6 mm, 5 µm, YMC-Korea Co., Seongnam, Korea)이며, column oven 온도는 40°C로 유지하였다. 분석에 사용된 이동상 용매는 acetic acid 7.5 mL와 triethylamine 0.2 mL를 함유한 5 mM sodium 1-hexanesulfonate(A용매) 1 L와 methanol(B용매)이다. 이동상의 조건은 0분 100% A용매, 20분 50% A용매 : 50% B용매, 35분 50% A용매 : 50% B용매, 45분 100% A용매, 55분 100% A용매로 조절하였고 유속은 0.8 mL/min으로 하였다.

비타민 B₂ 분석

비타민 B₂의 분석은 식품공전의 비타민 분석법(MFDS, 2018c)과 Kim 등(2014)의 방법을 이용하여 추출을 진행하였다. 시료 약 5 g에 3차 증류수 50 mL를 첨가하여 shaking water bath(HB-205SW, Hanbaek Scientific Co., Bucheon, Korea)로 75°C에서 30분간 환류 추출하여 15,000 rpm으로 15분간 원심분리를 하였다. 그 후 상층액을 0.45 µm 실린지 필터로 여과하여 HPLC 분석에 사용하였다. Column oven 온도는 40°C로 설정하였으며, column은 YMC-Pack Pro RS C₁₈(250 mm×4.6 mm, 5 µm)을 사용하였다. 분석을 위한 이동상 용매는 75:25(v/v) 비율의 10 mM NaH₂PO₄(pH 5.5)와 methanol을 사용하였으며, 유속은 0.65 mL/min으로 등용매용리 조건으로 분석하였다.

비타민 B₅ 분석

비타민 B₅는 식품공전의 판토텐산 분석법(MFDS, 2018b)

을 참고하여 추출을 진행하였다. 시료 적당량을 취하여 분쇄기를 이용하여 잘게 부순 후 적당량의 20 mM phosphate buffer를 가하여 30분간 초음파기로 추출하였다. 추출이 완료된 추출 용액을 50 mL로 정용한 후 3,000 rpm에서 원심 분리하였다. 상층액을 취해 0.45 μ m 실린지 필터로 여과하여 시험용액으로 사용하였다. 분석기기는 HPLC(LC-20AD, SIMADZU, Tokyo, Japan)를 사용하였으며, column은 Capcell PAK C₁₈ HPLC column(250 mm×1.5 mm, 5 μ m)을 사용하였다. 분석에 사용된 이동상 용매는 20 mM potassium phosphate(pH 2.1)(A용매)와 80:20(v/v) 비율의 20 mM potassium phosphate : acetonitrile(B용매)을 사용하였고, 유속 120 μ L/min으로 0분 96% A용매 : 4% B용매, 37분 100% B용매, 47분 100% B용매로 분석을 진행하였다.

비타민 B₆ 분석

비타민 B₆ 분석 방법은 식품공전의 일반시험법 중 피리독신 시험법(MFDS, 2018e)을 참고하여 실험을 진행하였다. 적당량의 시료를 잘게 부순 후 증류수 25 mL를 가하여 초음파기로 30분간 추출하고, 3,000 rpm에서 원심분리하여 상층액을 Whatman No. 2 여과지(GE Healthcare, Amersham Place, UK)로 여과하였다. 잔류물에 증류수 25 mL를 다시 가하여 30분간 초음파 추출하고 여과지로 여과하여 앞의 여액과 합하여 50 mL로 정용하였다. 이 추출 용액을 0.45 μ m 실린지 필터로 여과하여 실험에 사용하였으며, 분석기기는 HPLC(RF-20A, SIMADZU)를 사용하였고, column은 Capcell PAK C₁₈ HPLC column(250 mm×4.6 mm, 5 μ m)을 사용하였다. 이동상 용매는 50 mM NaH₂PO₄(pH 2.5)를 사용하여 유속 1.0 mL/min으로 분석을 진행하였다.

비타민 B₇ 분석

비타민 B₇의 분석은 Kwon 등(2019)의 방법을 응용하여 실시하였다. 약 5 g의 시료를 50 mL conical tube에 취하고 추출용매인 0.15 M sodium phosphate buffer를 25 mL 가하였다. 121°C에서 25분간 autoclave로 추출한 후 상온에서 방랭하고 0.15 M sodium phosphate buffer를 이용하여 50 mL로 정용하였다. 이를 3,000 rpm으로 10분간 원심 분리하여 여과지로 여과하였으며, immunoaffinity column(Easi-Extract biotin, r-Biopharm, Glasgow, UK)으로 biotin을 농축하여 분석하였다. HPLC 분석에 사용된 column은 Kinetex Phenyl-Hexyl(150 mm×4.6 mm, 2.6 μ m)이며, column oven의 온도는 40°C로 설정하였다. 분석에 이용한 이동상 용매는 0.1% phosphoric acid(A용매), 100% acetonitrile(B용매) 및 80% acetonitrile(C용매)을 사용하여 다음의 조건으로 분석하였다. 분석 조건은 0분 90% A용매 : 10% B용매, 18분 90% A용매 : 10% B용매,

21분 100% C용매, 26.5분 100% C용매, 29분 90% A용매 : 10% B용매, 32분 90% A용매 : 10% B용매로 조절하였고, 유속은 0.6 mL/min으로 하였다.

비타민 C 분석

비타민 C 분석은 식품공전의 일반시험법 중 비타민 C 시험법(MFDS, 2018d)과 건강기능식품공전의 제 4, 건강기능식품 시험법(MFDS, 2018a)을 이용하여 진행하였다. 시료 약 1~5 g을 tube에 정확하게 칭량한 후 동량의 10% 메타인산 용액을 가하여 10분간 현탁시킨 후 적당량의 5% 메타인산 용액을 넣어 균질화하였다. 균질화된 검체를 50 mL 메스플라스크에 옮기고 소량의 5% 메타인산용액으로 용기를 씻은 후 메스플라스크에 합하여 50 mL로 정용한 후 메스플라스크를 잘 흔들어 내용물을 균일하게 micro-tube에 취하였다. 그 후 추출액은 12,000 rpm에서 10~15분간 원심분리하였고, 상층액을 취해 0.45 μ m 실린지 필터로 여과하여 시험 용액으로 사용하였다. 분석기기는 Waters 2998 Photodiode Array(PDA) Detector를 장착한 Waters 2695 Alliance HPLC system(Alliance, Austin, TX, USA)을 사용하였으며, column은 CAPCELL PAK C₁₈ MGII(250 mm×4.6 mm, 5 μ m)를 사용하였다. 분석에 사용된 이동상 용매는 0.1% trifluoroacetic acid였으며 등용매용리 조건으로 0.8 mL/min의 유량으로 분석하였다.

분석법 검증

본 연구에서 진행한 분석법은 AOAC(2002) 분석법 검증 가이드라인에 따라 실시하였으며, 성분별 직선성(linearity), 정확성(accuracy), 반복성(repeatability) 및 재현성(reproducibility)을 확인하였다. 수용성 비타민의 표준시약을 농도별로 희석하여 검량선을 작성하여 직선성을 확인하였다. 정확성은 NIST로부터 제시된 값과 비교하여 회수율(%)로 나타내었다. 정밀성 검증을 위하여 분석품질관리에 사용한 QC 시료를 이용하여 하루에 5번 반복 실험하여 반복성을 평가하였고, 5일 동안 하루 3회씩 분석하여 재현성을 평가하였다. 검출한계(limit of detection, LOD)와 정량한계(limit of quantification, LOQ)는 signal-to-noise(S/N)의 비율을 이용하여 각 수용성 비타민 표준물질 크로마토그램의 S/N 값의 평균값과 표준편차를 구하였고 평균값에 LOD는 3배, LOQ는 10배의 표준편차를 더해 구하였다.

통계처리

비타민의 함량을 분석한 결과는 평균±표준편차로 나타내었으며, 통계분석은 SAS 9.4(Statistical Analysis System, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)를 이용하여 진행하였다. 유의성 검증은 일원분산분석(one-way ANOVA)과 Duncan's multiple range test로 시료 간의 차이를 분석하였다($P<0.05$).

결과 및 고찰

면류 가공식품의 수용성 비타민 함량

우리나라 국민들이 소비하는 면류 13종의 수용성 비타민 함량은 Table 1에 나타내었다. 비타민 B₁의 함량은 스파게티 B(carbonara spaghetti)(0.388±0.016 mg/100 g)와 라면 D(instant noodle cup)(0.379±0.001 mg/100 g)에서 다른 면류 가공식품에 비하여 유의적으로 높은 함량을 나타냈고, 라면 G(noodle only)(0.024±0.001 mg/100 g)와 국수(instant rice noodle)(0.029±0.002 mg/100 g)는 유의적으로 낮은 함량을 나타내었다($P<0.05$). 한국인 영양섭취 기준에 따르면 비타민 B₁의 1일 권장 섭취량은 19세에서 64세의 남성에서 1.2 mg, 여성에서 1.1 mg으로 가장 높은 함량을 나타낸 스파게티 B(carbonara spaghetti) 100 g을 섭취하였을 경우 권장 섭취량의 약 3분의 1 정도 섭취할 수 있는 것으로 나타났다(KNS, 2020). 비타민 B₂는 우동(instant katsuo udon)(0.840±0.002 mg/100 g)에서 가장 높았고, 라면 C(instant kimchi ramyeon)(0.009±0.000 mg/100 g)와 국수(instant rice noodle)(0.012±0.000 mg/100 g)에서 유의적으로 낮은 함량을 나타내었다($P<0.05$). 면류 가공에 많이 이용되는 중력 밀가루의 비타민 B₂의 함량은 0.024 mg/100 g으로 보고되어 있으며(RDA, 2016), 밀가루가 원료인 라면류에서 0.009~0.376 mg/100 g으로 라면 C(instant kimchi ramyeon)를 제외한 모든 라면류에서 원료보다 높은 함량을 나타내었다. 우동(instant katsuo udon) 1인분(약 200 g)의 경우 비타민 B₂의 함량이 약 1.7 mg이므로 이는 비타민 B₂의 1일 섭취 권장량인 19세 이상 64세 미만의 남성에게서 1.5 mg과 19세 이상의 여성에게 1.2 mg을 모두 충족시킬 수 있는 것으로 나타났다(KNS, 2020). 비타민 B₃의 함량은 라면 E(instant jajangmyeon)에서 1.472±0.048 mg/100 g으로 본 연구에서 알아본 라면 시료 중 유의적으로 가장 높은 값을 나타내었고($P<0.05$), 라면 C(instant kimchi ramyeon)(0.173±0.007 mg/100 g)가 가장 낮은 값을 나타내었다. Cho 등(2020)에 따르면 짜장 소스의 비타민 B₃는 1.689±0.020 mg/100 g, 간짜장은 1.622±0.017 mg/100 g으로 본 연구에서 가장 높은 함량을 나타낸 라면 E(instant jajangmyeon)와 비슷한 결과를 나타내었다. 비타민 B₅의 함량이 가장 높은 면류 식품은 라면 E(instant jajangmyeon)(2.928±0.032 mg/100 g)였으며 스파게티 A(cheese cream spaghetti)(0.107±0.001 mg/100 g)와 라면 C(instant kimchi ramyeon)(0.114±0.006 mg/100 g)는 다른 면류 식품보다 유의적으로 낮았다($P<0.05$). 비타민 B₅의 1일 기준 충분 섭취량은 12세 이상의 남녀에서 5 mg이므로 라면 E(instant jajangmyeon) 1봉지(약 140 g)는 비타민 B₅의 1일 기준 충분 섭취량의 80%가량을 충족시킬 수 있는 것으로 나타나 비타민 B₅의 우수한 급원 식품이 될 수 있음을 나타내었다(KNS, 2020). 비타민 B₆의 함량은 스파게티 B(carbonara spaghetti)와 스파게티

C(rose cream spaghetti)에서 모두 0.004±0.000 mg/100 g씩 함유하고 있는 것으로 검출되었으며 다른 식품에서는 검출되지 않았다. 본 연구에서 알아본 모든 면류는 비타민 B₆의 1일 섭취 권장량(9세 이상의 남성은 1.5 mg, 9세 이상의 여성은 1.4 mg)을 충족시키지 못하는 것으로 나타났다(KNS, 2020). 비타민 B₆의 결핍 증상은 구순증, 구내염, 피부염, 말초 신경염 등이 있으며(Cho, 2010), 이를 방지하기 위해서는 면류 섭취 시 다른 식품군을 병행 섭취해야 할 것으로 판단된다. 비타민 B₇의 경우 스파게티 C(rose cream spaghetti)(1.538±0.026 µg/100 g)가 가장 높게 검출되었고 우동(instant katsuo udon)에서는 검출되지 않았다. 대부분의 면류 식품이 함유하고 있는 비타민 B₇의 함량은 0.147~1.538 µg/100 g으로, 1인분의 면류를 섭취하여도 15세 이상의 남녀에게 필요한 비타민 B₇의 1일 충분 섭취량인 30 µg은 충족되지 못하는 것으로 나타났다(KNS, 2020). 비타민 C의 함량은 국수(instant rice noodle)에서 0.522±0.019 mg/100 g으로 가장 높았고, 0.134±0.015 mg/100 g의 함량을 나타낸 리가토니(cooked rigatoni noodle without sauce)와 0.151±0.029 mg/100 g의 함량을 나타낸 라면 G(noodle only)가 유의적으로 낮게 나타났다($P<0.05$). 비타민 C는 열에 의해 손실되기 쉽기 때문에 끓여서 조리하는 면류 가공식품에서는 낮은 함량을 나타내는 것으로 생각된다. 이와 같이 본 연구에서 알아본 면류 가공식품은 1인분(130~300 g)의 섭취로 비타민 B₂를 제외한 수용성 비타민의 1일 충분 섭취량을 충족시키지 못하는 것으로 나타났기에 영양 균형을 위해 다른 식품과 함께 섭취되어야 하는 것으로 판단된다.

빵류 및 과자류 가공식품의 수용성 비타민 함량

우리나라 국민들이 소비하는 빵류 가공식품 4종 및 과자류 가공식품 10종의 수용성 비타민 함량은 Table 2에 나타내었다. 분석된 시료 중 빵류 및 과자류의 경우 비타민 B₁에서 토띠아(plain)가 1.115±0.069 mg/100 g으로 빵류에서 가장 높은 함량을 나타내었고, 강냉이(puffed corn)가 1.107±0.030 mg/100 g으로 과자류에서 유의적으로 가장 높은 함량을 나타내었다($P<0.05$). 빵은 굽는 과정에서 발생하는 열에 의하여 원재료보다 비타민 B₁의 함량이 20~30% 적다고 보고되어 있다(NIH, 2021a). 비타민 B₂의 함량은 빵류의 머핀(plain)에서 0.148±0.002 mg/100 g, 쿠키 B(chocolate puff cookie)에서 0.558±0.007 mg/100 g으로 유의적으로 높았으며 빵류의 호빵(with red bean paste)(0.036±0.003), 과자류에서 쿠키 A(with apple pie filling)(0.008±0.001 mg/100 g)가 유의적으로 낮은 함량을 보였다($P<0.05$). 쿠키 B(chocolate puff cookie)의 경우 비타민 B₂가 첨가되어 가공된 과자로 이로 인해 과자류 중 가장 높은 비타민 B₂ 함량이 나타난 것으로 보인다. 과자류에서 비타민 B₃의 함량은 강냉이(puffed corn)(3.928±0.061 mg/100 g)에서 가장 높았으며, 빵류에서 가장 높은 함량을 나타

Table 1. The contents of water soluble vitamins in processed noodles

Food group	Sample	Description	Vitamin B ₁ (mg/100 g)	Vitamin B ₂ ¹⁾ (mg/100 g)	Vitamin B ₃ ²⁾ (mg/100 g)	Vitamin B ₅ (mg/100 g)	Vitamin B ₆ (mg/100 g)	Vitamin B ₇ (μg/100 g)	Vitamin C (mg/100 g)
Noodles	Ramyeon A	with rice cake	0.110±0.013 ^{g3)}	0.283±0.015 ^d	0.232±0.013 ^g	0.540±0.008 ^g	ND ⁴⁾	0.846±0.039 ^d	0.223±0.044 ^d
	Ramyeon B	instant jjamppong	0.297±0.004 ^e	0.376±0.003 ^b	0.573±0.034 ^b	1.859±0.076 ^c	ND	0.195±0.010 ^h	0.403±0.041 ^b
	Ramyeon C	instant kimchi ramyeon	0.353±0.013 ^b	0.009±0.000 ^k	0.173±0.007 ^h	0.114±0.006 ⁱ	ND	0.147±0.009 ⁱ	0.359±0.034 ^c
	Ramyeon D	instant noodle cup	0.379±0.001 ^a	0.263±0.002 ^f	0.462±0.008 ^e	0.672±0.015 ^f	ND	0.360±0.012 ^g	0.396±0.033 ^b
	Ramyeon E	instant jajangmyeon	0.300±0.013 ^c	0.272±0.002 ^e	1.472±0.048 ^a	2.928±0.032 ^a	ND	0.368±0.014 ^g	0.199±0.010 ^{de}
	Ramyeon F	instant bibimbmyeon	0.150±0.000 ^e	0.032±0.001 ⁱ	0.212±0.005 ^g	2.401±0.016 ^b	ND	0.691±0.015 ^e	0.187±0.021 ^{de}
	Ramyeon G	noodle only	0.024±0.001 ^j	0.334±0.007 ^c	0.346±0.007 ^f	0.684±0.009 ^f	ND	0.460±0.030 ^f	0.151±0.029 ^f
	Spaghetti A	cheese cream spaghetti	0.133±0.001 ^f	0.083±0.001 ^g	0.532±0.002 ^{cd}	0.107±0.001 ^j	ND	1.275±0.030 ^b	0.195±0.017 ^{de}
	Spaghetti B	carbonara spaghetti	0.388±0.016 ^a	0.060±0.003 ^h	0.457±0.006 ^e	0.203±0.002 ^j	0.004±0.000 ^a	0.719±0.012 ^e	0.191±0.020 ^{de}
	Spaghetti C	rose cream spaghetti	0.226±0.001 ^d	0.030±0.001 ⁱ	0.336±0.001 ^f	0.935±0.001 ^e	0.004±0.000 ^a	1.538±0.026 ^a	0.164±0.011 ^{ef}
	Guksu	instant rice noodle	0.029±0.002 ^j	0.012±0.000 ^k	0.344±0.006 ^f	0.287±0.002 ^h	ND	0.336±0.003 ^g	0.522±0.019 ^a
	Rigatoni	cooked rigatoni noodle without sauce	0.059±0.003 ⁱ	0.022±0.001 ^j	0.512±0.002 ^d	0.684±0.001 ^f	ND	0.986±0.011 ^c	0.134±0.015 ^f
	Udon	instant katsuo udon	0.083±0.004 ^h	0.840±0.002 ^a	0.547±0.007 ^{bc}	1.283±0.031 ^d	ND	ND	0.222±0.021 ^d

All results were expressed as the mean±standard deviation of at least triplicate experiments.

¹⁾Vitamin B₂=(FAD×0.4537)+(FMN×0.7869)+riboflavin}.

²⁾Vitamin B₃=nicotinic acid+nicotinamide.

³⁾Means with different letters in the same column are significantly different by Duncan's multiple range test at $P<0.05$.

⁴⁾ND: Not detected.

Table 2. The contents of water soluble vitamins in breads and snacks

Food group	Sample	Description	Vitamin B ₁ (mg/100 g)	Vitamin B ₂ ¹⁾ (mg/100 g)	Vitamin B ₃ ²⁾ (mg/100 g)	Vitamin B ₅ (mg/100 g)	Vitamin B ₆ (mg/100 g)	Vitamin B ₇ (μg/100 g)	Vitamin C (mg/100 g)
Breads	Castella	plain	0.037±0.003 ^{c3)}	0.076±0.001 ^c	1.258±0.017 ^b	0.982±0.041 ^c	ND ⁴⁾	7.788±0.258 ^b	0.630±0.085 ^b
	Hoppang	with red bean paste	0.126±0.004 ^b	0.036±0.003 ^d	0.203±0.008 ^d	0.381±0.002 ^d	ND	ND	0.474±0.081 ^c
	Hotdog	with sausage and mozzarella cheese	0.230±0.004 ^a	0.096±0.006 ^b	3.697±0.131 ^a	1.272±0.003 ^b	ND	0.824±0.060 ^c	3.076±0.084 ^a
Snacks	Muffin	plain	0.017±0.001 ^d	0.148±0.002 ^a	0.803±0.018 ^c	1.681±0.011 ^a	ND	9.124±0.239 ^a	0.662±0.066 ^b
	Cookie A	with apple pie filling	0.082±0.001 ^e	0.008±0.001 ⁱ	2.232±0.058 ^b	0.876±0.002 ^g	ND	4.956±0.349 ^b	3.731±0.090 ^b
	Cookie B	chocolate puff cookie	0.542±0.015 ^c	0.558±0.007 ^a	0.581±0.003 ^f	ND	ND	8.048±0.117 ^a	0.580±0.083 ^{cde}
	Cookie C	with peanut	0.183±0.006 ^d	0.112±0.003 ^c	0.121±0.006 ^h	2.922±0.007 ^e	ND	3.493±0.053 ^c	0.198±0.039 ^c
	Cracker	salted	0.025±0.001 ^f	0.059±0.003 ^e	1.291±0.017 ^d	1.005±0.000 ^f	0.005±0.000 ^a	1.219±0.007 ^e	0.805±0.066 ^{cd}
	Gangjeong	rice gangjeong	0.010±0.001 ^f	0.016±0.001 ^h	0.781±0.020 ^e	0.955±0.005 ^{fg}	ND	0.747±0.060 ^f	0.379±0.043 ^{de}
	Gangnaengi	puffed corn	1.107±0.030 ^a	0.130±0.003 ^b	3.928±0.061 ^a	11.758±0.067 ^b	ND	ND	0.864±0.170 ^c
	Popcorn	sweet and salty	0.088±0.005 ^e	0.048±0.000 ^f	1.426±0.106 ^c	ND	ND	0.146±0.012 ^h	0.380±0.034 ^{de}
	Potato chip	plain	0.170±0.004 ^d	0.058±0.001 ^e	1.227±0.022 ^d	5.469±0.073 ^d	ND	1.449±0.052 ^d	35.936±1.003 ^a
	Pyeongtwigi	puffed rice cake	0.838±0.046 ^b	0.032±0.001 ^g	ND	19.195±0.183 ^a	ND	0.608±0.050 ^{fg}	0.565±0.033 ^{cde}
Tortilla			1.115±0.069 ^a	0.067±0.001 ^d	0.215±0.011 ^g	11.218±0.062 ^c	ND	0.526±0.037 ^g	0.226±0.026 ^e

All results were expressed as the mean±standard deviation of at least triplicate experiments.

¹⁾Vitamin B₂=(FAD×0.4537)+(FMN×0.7869)+riboflavin}.

²⁾Vitamin B₃=nicotinic acid+nicotinamide.

³⁾Means with different letters among each food group are significantly different ($P<0.05$).

⁴⁾ND: Not detected.

넌 식품은 핫도그(with sausage and mozzarella cheese) (3.697 ± 0.131 mg/100 g)였다. 강냉이(puffed corn)의 원 재료인 옥수수의 비타민 B₃의 함량은 2.6 mg/100 g으로 보고되어 있으며(RDA, 2016), 이는 옥수수의 호정화(dextrinization)로 인한 조직의 변화로 비타민 B₃의 용출이 용이해진 것으로 생각된다. 또한 핫도그에서 비타민 B₃의 함량이 높게 나타난 이유는 비타민 B₃의 급원 식품인 육류가 소시지에 함유되어 있기 때문으로 생각된다. 비타민 B₅의 함량은 빵류의 머핀(1.681 ± 0.011 mg/100 g)에서 유의적으로 높았으며($P < 0.05$), 호빵(0.381 ± 0.002 mg/100 g)에서 가장 낮았다. 또한 과자류의 빵튀기(puffed rice cake)(19.195 ± 0.183 mg/100 g)에서 가장 많은 비타민 B₅의 함량이 검출되었으며, 쿠키 B와 팝콘(sweet and salty)에서 검출되지 않았다. 이는 통조림 포장이나 정제된 곡물로의 처리 과정에 의해 비타민 B₅가 손실되었기 때문인 것으로 보인다(Youn, 2005). 비타민 B₆는 크래커(salted)(0.005 ± 0.000 mg/100 g)를 제외한 나머지 식품에서는 검출되지 않았다. 빵류 및 과자류 가공식품의 주재료는 비타민 B₆를 함유하지 않은 계란과 0.026 mg/100 g을 함유한 밀가루(RDA, 2016)로 대부분의 식품에서 검출되지 않은 것으로 보인다. 비타민 B₇은 호빵과 강냉이에서는 검출되지 않았고 나머지 빵류 및 과자류에서는 모두 검출되었으며, 특히 빵류의 머핀(9.124 ± 0.239 µg/100 g)과 과자류의 쿠키 B(8.048 ± 0.117 µg/100 g)에서 유의적으로 높은 함량을 나타내었다($P < 0.05$). 머핀에서 비타민 B₇의 함량이 높게 검출된 것은 대표적인 비타민 B₇의 급원 식품인 계란이 원재료로 사용되었기 때문인 것으로 생각된다. 마지막으로 비타민 C의 경우 포테이토 칩(plain)에서 35.936 ± 1.003 mg/100 g의 함량을 나타내었고, 이는 본 연구에서 알아본 빵류 및 과자류 중 월등히 높은 함량을 보였다. 그러나 포테이토 칩 100 g을 섭취하게 되어도 19세 이상의 성인에서 비타민 C 1일 섭취 권장량인 100 mg을 충족시키지 못하는 것으로 나타났기에 충분한 비타민 C의 섭취를 위해서는 과자류의 섭취 시 비타민 C가 풍부한 다른 식품을 함께 섭취하여야 할 것으로 판단된다(KNS, 2020). 본 연구에서 알아본 빵류 및 과자류는 100 g을 섭취하여도 비타민 B₅를 제외한 대부분의 수용성 비타민의 1일

충분 섭취량은 충족시키지 못하는 것으로 나타났다. 특히, 빵류 및 과자류는 고탄수화물 식품으로 알려져 있기에 이들 식품의 섭취로 인한 탄수화물 대사를 위해서는 비타민 B₁의 섭취에 각별한 신경을 써야 할 것으로 생각된다.

수용성 비타민의 분석 방법 검증

본 연구에서는 수용성 비타민의 성분별 분석 방법 검증을 위해 표준품의 직선성을 구하였다. 검량선의 작성은 표준시약을 단계적으로 희석하여 HPLC로 분석하여 진행하였다(Table 3). 성분별 수용성 비타민의 검량선에서 상관계수인 R²의 값은 0.99 이상으로 모두 우수한 직선성을 나타내었다. 그리고 NIST에서 제시하는 인증값과 본 연구에서 분석한 결과값을 이용하여 회수율을 구하였다(Table 4). 비타민 B₁은 100.07%의 회수율을 보였으며, 비타민 B₂는 101.18%의 회수율을 보였다. 비타민 B₃의 경우 99.76%, 비타민 B₅는 91.91%, 비타민 B₆는 98.78%로 나타났으며 비타민 B₇은 93.39%의 회수율을 보였다. 비타민 C는 101.02%의 회수율을 보였다. AOAC 가이드라인(2002)이 제시하는 회수율 허용값은 10 µg/g에서 80~115%였고, 1 µg/g에서 75~120%였다. 성분별 수용성 비타민은 이 값에 포함되었으며 모두 높은 회수율을 보였다. 이를 통해 본 연구에서 실시한 분석법은 매우 우수함을 나타내었다. 다음으로 정밀성 검증을 위하여 분석 품질관리에 사용한 QC 시료를 이용하여 반복성과 재현성을 평가하였다(Table 5). 성분별 수용성 비타민의 상대표준편차(relative standard deviation, RSD)는 비타민 B₁에서 반복성은 4.218%, 재현성은 4.827%였으며, 비타민 B₂는 각각 2.919%와 0.827%였고 비타민 B₃는 각각 1.003%, 0.607%로 나타났다. 또한, 비타민 B₅의 경우 반복성을 알아본 실험에서의 상대표준편차는 1.444%였고 재현성에서 1.162%였으며, 비타민 B₆에서는 각각 1.090%, 2.481%였고 비타민 B₇은 1.947% 및 1.653%였으며 비타민 C에서는 각각 4.98%, 0.67%였다. AOAC 가이드라인(2002)이 제시하는 정밀성에 대한 수용 기준은 10 µg/g의 농도에서 6%, 1 µg/g의 농도에서 8%이므로 본 실험의 반복성과 재현성은 모두 우수한 것으로 나타났다.

본 연구에서는 각 수용성 비타민 분석에 대한 LOD 및

Table 3. The linearity of water-soluble vitamins

Component		Calibration curve equation (Y = aX + b)	Correlation coefficient (R ²)
Vitamin B ₁	Thiamine	Y = 0.000053X - 0.0388	0.9999
Vitamin B ₂	FAD ¹⁾	Y = 0.00000179X + 0.0366	0.9999
	FMN ²⁾	Y = 0.00000028X - 0.0031	0.9999
Vitamin B ₃	Riboflavin	Y = 0.00000014X + 0.0012	0.9999
	Nicotinic acid	Y = 0.000051X + 0.0129	0.9999
	Nicotinamide	Y = 0.000060X - 0.0070	0.9999
Vitamin B ₅	Pantothenic acid	Y = 96.88576X + 0.139877	0.9999
Vitamin B ₆	Pyridoxine	Y = 55.08828X + 0.108216	0.9999
Vitamin B ₇	Biotin	Y = 0.000001X - 0.0065	0.9999
Vitamin C	Ascorbic acid	Y = 21322X	0.9908

¹⁾FAD: flavin adenine dinucleotide. ²⁾FMN: flavin mononucleotide.

Table 4. Recovery and RSD values of water-soluble vitamins' contents for standard reference material

Sample	Component	Reference value (mg/kg)	Analysis value	Recovery (%)	RSD ¹⁾ (%)
Infant/Adult Nutritional Formula II (milk/whey/soy-based)	Vitamin B ₁	13.36±0.32	13.37±0.24	100.07	1.795
	Vitamin B ₂ ²⁾	13.6±1.5	13.76±0.02	101.18	1.163
	Vitamin B ₃ ³⁾	99.5±4.4	99.26±0.84	99.76	0.846
	Vitamin B ₅	64.9±6.6	59.65±0.62	91.91	1.039
	Vitamin B ₆	13.09±0.32	12.93±0.05	98.78	0.387
	Vitamin B ₇	1.89±0.24	1.765±0.978	93.39	5.54
	Vitamin C	897±43	906.18±10.42	101.02	1.150

Analysis values were expressed as the mean±standard deviation of at least triplicate experiments.

¹⁾RSD (%): relative standard deviation.

²⁾Vitamin B₂={(FAD×0.4537)+(FMN×0.7869)+riboflavin}.

³⁾Vitamin B₃=nicotinic acid + nicotinamide.

LOQ를 평가하였다(Table 6). 비타민 B₁에서 LOD 및 LOQ는 각각 0.037 µg/mL, 0.052 µg/mL였으며 비타민 B₂의 FAD에서는 0.061 µg/mL, 0.181 µg/mL로 나타났다. FMN의 경우 0.041 µg/mL, 0.128 µg/mL였으며 riboflavin은 0.009 µg/mL, 0.017 µg/mL로 나타났다. 비타민 B₃는 nicotinic acid에서 LOD는 0.029 µg/mL, LOQ는 0.063 µg/

mL였으며 nicotinamide에서는 각각 0.043 µg/mL 및 0.091 µg/mL였다. 비타민 B₅에서는 LOD의 경우 2.29 µg/mL, LOQ는 7.27 µg/mL였으며 비타민 B₆는 각각 0.1 µg/mL, 0.6 µg/mL로 나타났다. 또한, 비타민 B₇의 경우는 LOD가 0.002 µg/mL, LOQ가 0.006 µg/mL였으며, 비타민 C는 각각 0.63 µg/mL, 1.89 µg/mL로 나타났다. Jeon과 Kim (2020)은 비타민 B₁에서 LOD와 LOQ는 각각 0.016 mg/kg, 0.048 mg/kg으로 보고하였으며, 비타민 B₂의 FAD, FMN 및 riboflavin에서 LOD, LOQ를 순서대로 0.080 mg/kg과 0.212 mg/kg, 0.040 mg/kg과 0.123 mg/kg, 0.005 mg/kg과 0.010 mg/kg으로 보고하였다. 이는 본 연구에서 평가한 LOD 및 LOQ와 유사한 값을 보여주었다. 또한 비타민 B₃의 경우 nicotinic acid에서 LOD는 0.025 mg/kg, LOQ는 0.036 mg/kg으로 보고하였으며, nicotinamide는 LOD의 경우 0.022 mg/kg, LOQ의 경우 0.064 mg/kg이었다. Kim 등(2017b)의 보고에 따르면 비타민 B₅의 LOD 및 LOQ값은 0.4, 1.3 mg/L로 검출되었으며, 비타민 B₆는 0.006 및 0.02 mg/L로 검출되었다. 비타민 B₇의 LOD값은 0.005 ng/µL였으며 LOQ값은 0.013 ng/µL로 보고되어있다(Kwon 등, 2019). 본 연구에서 분석한 면류 및 빵·과자류 27종의 비타민 C의 함량은 제시된 LOD 및 LOQ의 함량보다 큰 값으로 신뢰성 있는 값이라고 판단된다. 이처럼 본 연구에서 사용한 수용성 비타민의 분석법은 적합한 방법으로 나타났으며 본

Table 5. Precision of water-soluble vitamins' contents for infant/adult nutritional formula

Parameters		Precision	
		Repeatability ¹⁾	Reproducibility ²⁾
Vitamin B ₁	Mean (mg/100 g)	1.046	1.043
	SD ³⁾	0.044	0.050
	RSD ⁴⁾ (%)	4.218	4.827
Vitamin B ₂ ⁵⁾	Mean (mg/100 g)	1.950	2.034
	SD	0.057	0.017
	RSD (%)	2.919	0.827
Vitamin B ₃ ⁶⁾	Mean (mg/100 g)	7.109	7.112
	SD	0.071	0.043
	RSD (%)	1.003	0.607
Vitamin B ₅	Mean (mg/100 g)	5.083	5.058
	SD	0.073	0.059
	RSD (%)	1.444	1.162
Vitamin B ₆	Mean (µg/100 g)	0.327	0.329
	SD	0.004	0.008
	RSD (%)	1.090	2.481
Vitamin B ₇	Mean (mg/100 g)	32.631	33.672
	SD	0.635	0.557
	RSD (%)	1.947	1.653
Vitamin C	Mean (µg/100 g)	3,083.93	3,066.67
	SD	153.49	20.68
	RSD (%)	4.98	0.67

¹⁾Refers to the results of independent determinations carried out on a sample by analyzing 5 replicates of sample on the same day.

²⁾Refers to the results of independent determinations carried out on a sample by analyzing 3 replicates of the sample at different periods of time.

³⁾SD: standard deviation.

⁴⁾RSD (%): relative standard deviation.

⁵⁾Vitamin B₂={(FAD×0.4537)+(FMN×0.7869)+riboflavin}.

⁶⁾Vitamin B₃=nicotinic acid + nicotinamide.

Table 6. LOD and LOQ values of water-soluble vitamins

Component		LOD (µg/mL)	LOQ (µg/mL)
Vitamin B ₁	Thiamine	0.037	0.052
Vitamin B ₂	FAD ¹⁾	0.061	0.181
	FMN ²⁾	0.041	0.128
	Riboflavin	0.009	0.017
Vitamin B ₃	Nicotinic acid	0.029	0.063
	Nicotinamide	0.043	0.091
Vitamin B ₅	Pantothenic acid	2.29	7.27
Vitamin B ₆	Pyridoxine	0.1	0.6
Vitamin B ₇	Biotin	0.002	0.006
Vitamin C	Ascorbic acid	0.63	1.89

¹⁾FAD: flavin adenine dinucleotide.

²⁾FMN: flavin mononucleotide.

연구에서 구한 데이터의 신뢰성을 확보할 수 있었다.

요 약

본 연구에서는 국내에서 소비되는 면류 및 빵·과자류 27종의 수용성 비타민 B₁, B₂, B₃, B₅, B₆, B₇ 및 C의 함량을 알아보았다. 면류 및 빵·과자류 가공식품의 수용성 비타민 중 비타민 B₁은 또띠아(plain)에서 1.115±0.069 mg/100 g, 비타민 B₂의 경우 우동(instant katsuo udon)이 0.840±0.002 mg/100 g으로 가장 높은 함량을 나타냈다. 비타민 B₃는 가장 높은 함량을 나타낸 가공식품이 강냉이(puffed corn)(3.928±0.061 mg/100 g)였으며, 비타민 B₅ 함량은 빵튀기(puffed rice cake)(19.195±0.183 mg/100 g)에서 가장 높게 나타났다. 비타민 B₆의 경우 스파게티 B(carbonara spaghetti), 스파게티 C(rose cream spaghetti) 및 크래커(salted)를 제외한 나머지 시료에서는 검출되지 않았다. 비타민 B₇은 머핀(plain)(9.124±0.239 µg/100 g)에서, 비타민 C의 경우 포테이토 칩(plain)(35.936±1.003 mg/100 g)에서 가장 높은 함량을 나타내었다. 또한, 본 연구에 사용된 각 수용성 비타민 분석법의 직선성, 정확성, 반복성 및 재현성을 확인하였으며 LOD와 LOQ를 구하여 분석법 검증을 실시하였다. 비타민 B₁, B₂, B₃, B₅, B₆, B₇ 및 C는 모두 우수한 직선성을 나타내었으며 정확성, 반복성 및 재현성 또한 AOAC 가이드라인에서 제시한 기준에 충족되는 우수한 지표를 나타내었다. 또한, LOD와 LOQ 값은 기준에 보고된 수용성 비타민의 LOD 및 LOQ 값과 유사하거나 더욱 우수한 감도를 보여주었다. 따라서 본 연구의 각 수용성 비타민의 분석법은 우수한 감도를 나타내었고 신뢰성 있는 결과를 보여주었다. 본 연구에서는 국내에서 소비되는 면류 및 빵·과자류에 함유된 수용성 비타민의 함량을 분석하였으며 이들 식품군의 지속적인 성장세를 감안하여 면류 및 빵·과자류 가공식품에 대한 수용성 비타민의 함량 정보는 꾸준히 구축되어야 할 것으로 생각된다.

감사의 글

이 논문은 2020년도 식품의약품안전처의 연구개발비(20162식생안087)로 수행되었고, 부산광역시 및 (재)부산인재평생교육진흥원의 BB21플러스 사업으로 지원된 연구이며 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- AOAC. AOAC guidelines for single laboratory validation of chemical methods for dietary supplements and botanicals. Association of Official Agricultural Chemists International, Gaithersburg, MD, USA. 2002.
- Cho JJ, Hong SJ, Boo CG, Shin EC. Investigation of water-soluble vitamin (B₁, B₂, and B₃) contents in rice, noodles, and sauces. *J Food Hyg Saf.* 2020. 35:398-410.
- Cho YO. Vitamin B₆ requirement: indicators and factors affecting. *Korean J Nutr.* 2010. 43:315-323.
- Choi SR, Song EJ, Song YE, Choi MK, Han HA, Lee IS, et al. Determination of vitamin B₆ content using HPLC in agricultural products cultivated in local areas in Korea. *Korean J Food Nutr.* 2017. 30:710-718.
- FIS. Statistics report of processed food (bread). Korea Agro-Fisheries & Food Trade Corporation. Naju, Korea. 2018. p 3-4.
- Jeon A, Kim Y. Analysis of water-soluble vitamins contents in commercial seasonings and sauces. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2020. 49:335-343.
- Kim GP, Hwang YS, Choung MG. Analysis of water soluble vitamin B₁, B₂, and B₃ contents in Korean traditional holiday foods. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2017a. 46:944-951.
- Kim GP, Hwang YS, Choung MG. Quantitative analysis of vitamin B₅ and B₆ using high performance liquid chromatography. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2017b. 46:1186-1194.
- Kim GP, Lee J, Ahn KG, Hwang YS, Choi Y, Chun J, et al. Differential responses of B vitamins in black soybean seeds. *Food Chem.* 2014. 153:101-108.
- Kim NI. Role of vitamins and minerals on skin care and beauty. *Food Sci Ind.* 2005. 38(2):16-25.
- KNS (The Korean Nutrition Society). 2020 Dietary reference intakes for Koreans. 2020 [cited 2021 Jun 14]. Available from: http://www.kns.or.kr/FileRoom/FileRoom_view.asp?idx=108&BoardID=Kdr
- KOSIS (Korean Statistical Information Service). 2019 [cited 2021 Nov 24]. Available from: https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=145&tblId=TX_14503_A049_1&vw_cd=MT_ZTITLE&list_id=145_14503_009_001&seqNo=&lang_mode=ko&language=kor&obj_var_id=&itm_id=&conn_path=MT_ZTITLE
- KOSIS (Korean Statistical Information Service). 2020 [cited 2021 Nov 24]. Available from: https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=145&tblId=TX_14503_A056&vw_cd=MT_ZTITLE&list_id=145_14503_009_001&seqNo=&lang_mode=ko&language=kor&obj_var_id=&itm_id=&conn_path=MT_ZTITLE
- Kwon J, Lee S, Choi Y, Kim Y. Biotin analysis in selected agricultural foods consumed in Korea. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2019. 48:1366-1372.
- Lee H, Na Y, Cho MS. Development and evaluation of dietary education program focused on slow life in school children. *J Korean Soc Food Cult.* 2016. 31:111-120.
- Lee JH, Kim SG, Lee DU, Park SJ, Lee JH, Lee KP, et al. Effects of temperature and relative humidity on water soluble vitamin contents in commercial vitamin tablet. *Korean J Food Sci Technol.* 2005. 37:1028-1034.
- MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). 2018 Health functional foods code. 2018a [cited 2021 Jun 14]. Available from: https://www.foodsafetykorea.go.kr/portal/safefoodlife/notification.do?ntfc_dvs=NTFC09&menu_grp=MENU_NEW04&menu_no=3797
- MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). 2018 Korea Food Code (8.2.2.2.10). 2018b [cited 2021 Jun 14]. Available from: https://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/01_03.jsp?idx=323
- MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). 2018 Korea Food Code (8.2.2.2.3). 2018c [cited 2021 Jun 14]. Available from: https://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/01_03.jsp?idx=316
- MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). 2018 Korea Food Code (8.2.2.2.4). 2018d [cited 2021 Jun 14]. Available from:

- https://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/01_03.jsp?idx=317
- MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). 2018 Korea Food Code (8.2.2.2.9). 2018e [cited 2021 Jun 14]. Available from: https://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/01_03.jsp?idx=322
- NIH (US Department of Health and Human Services, National Institutes of Health). Thiamin—Fact sheet for health professionals. 2021a [cited 2021 May 11]. Available from: <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Thiamin-HealthProfessional/#en3>
- NIH (US Department of Health and Human Services, National Institutes of Health). Vitamin C—Fact sheet for health professionals. 2021b [cited 2021 Apr 12]. Available from: <https://ods.od.nih.gov/factsheets/VitaminC-HealthProfessional/>
- Patel DP, Swink SM, Castelo-Soccio L. A review of the use of biotin for hair loss. *Skin Appendage Disord.* 2017. 3:166-169.
- RDA. 9th Revision Korean food composition table. Rural Development Administration. Wanju, Korea. 2016. p 18-37.
- Suh HJ, Kim SH. Simultaneous determination of water-soluble vitamins (vitamin B₁, B₂, B₃, B₆ and C) in dietary supplements by high-performance liquid chromatography. *Korean J Food Nutr.* 2011. 24:414-421.
- Tahiliani AG, Beinlich CJ. Pantothenic acid in health and disease. *Vitam Horm.* 1991. 46:165-228.
- Wei Z, Fu Y, Zhou E, Tian Y, Yao M, Li Y, et al. Effects of niacin on *Staphylococcus aureus* internalization into bovine mammary epithelial cells by modulating NF-kB activation. *Microb Pathog.* 2014. 71:62-67.
- Youn HS. New nutritional concepts of vitamins and minerals. *Korean J Pediatr.* 2005. 48:1295-1309.