pISSN 1229-1153 / eISSN 2465-9223 *J. Food Hyg. Saf.*
Vol. 34, No. 5, pp. 454~462 (2019)
https://doi.org/10.13103/JFHS.2019.34.5.454

Journal of Food Hygiene and Safety
Available online at http://www.foodhygiene.or.kr

국내 식품 중 구이, 찜, 볶음, 조림에 존재하는 수용성 비타민 B_1, B_2 그리고 B_3 함량 조사

조진주 · 홍성준 · 부창국 · 정유리 · 정창현 · 신의철*
경남과학기술대학교 식품과학부

Investigation of Water-soluble Vitamin (B_1, B_2, and B_3) Contents in Various Roasted, Steamed, Stir-fried, and Braised Foods Produced in Korea

Jin-Ju Cho, Seong Jun Hong, Chang Guk Boo, Yuri Jeong, Chang Hyun Jeong, Eui-Cheol Shin*
Department of Food Science, Gyeongnam National University of Science and Technology, Jinju, Korea

(Received September 26, 2019/Revised October 12, 2019/Accepted October 14, 2019)

ABSTRACT - A conventional Korean meal typically includes various roasted, steamed, stir-fried, and braised foods. For this study, we investigated the contents of water soluble vitamins, B_1 (thiamin), B_2 (riboflavin) and B_3 (niacin) in various roasted, steamed, stir-fried, and braised foods. Method validation for analytical data in this study showed a high linearity (r^2>0.999), and the limit of detection and quantification were 0.001–0.067 and 0.002–0.203 μg/mL, respectively. For accuracy and precision, analytical values using standard reference materials were in the certified ranges. Roasted foods contained 0.039–1.057 mg/100 g of thiamin, 0.058–0.686 mg/100 g of riboflavin and 0.021-21.772 mg/100 g of niacin. Steamed foods contained 0.049–1.066 mg/100 g of thiamin, 0.025–0.548 mg/100 g of riboflavin and 0.134-21.509 mg/100 g of niacin. Stir-fried foods contained 0.114–0.388 mg/100 g of thiamin, 0.014–1.258 mg/100 g of riboflavin and 0.015-2.319 mg/100 g of niacin. Braised foods contained 0.112–1.656 mg/100 g of thiamin, 0.024-0.298 mg/100 g of riboflavin and 0.322-2.157 mg/100 g of niacin. The data on water-soluble vitamins in this study can be used for a nutritional database of conventional Korean meals.

Key words: Thiamin, Riboflavin, Niacin, Korean foods, Nutrient database

국내의 전통적인 조리법에 의한 식품은 오랜 세월 동안 가정 식탁에서 중요한 의미로 작용하고 있다. 오랜 전통에서 옛 궁중음식으로 시작하여 일반 서민의 소박한 식탁에 올려지는 식품까지 지역에 따라 그 특색에 맞게 발전되어 오고 있는 상황이다[1]. 문헌에 따른 전통식품의 경우 밥류, 장류, 김치류 등 29종 2,736개의 품목으로 분류되어 우리 고유의 맛과 향을 나타내고 있으며, 이에 대한 지역적으로 그러한 식품의 시장경쟁력을 확보하기 위한 노력들이 다각도로 이루어지고 있는 현실이다[1]. 식품의 다양한 영양성분 중 비타민은 고등동물의 성장, 신진 대사 및 성장에 필수적인 물질로서 체내에서는 합성되지 않으며, 합성이 이루어지는 경우에도 필요한 만큼 충분히 합성되지 않아서, 식품으로부터 공급받아야 하는 필수성분이다[2]. 비타민의 주된 역할은 체내 대사 조절작용을 통해서 노화방지, 항암효과, 그리고 원활한 대사활동에 도움을 준다고 알려져 있는데, 한식이 주된 식생활인 한국인에게 수용성 비타민은 식품으로부터 풍부하게 공급받을 수 있는 중요한 영양소로 알려져 있다[3]. 용해성에 따라 분류되는 비타민은, 친수성의 수용성 비타민과 친유성의 지용성 비타민으로 구분되는데, 수용성 비타민 중 가장 먼저 발견된 B_1은 thiamin으로 알려져 있으며, 체내의 소화 관련 효소의 작용에 촉매작용을 하면서, 당질 대사에 중요한 역할을 하는 비타민이다. Thiamin의 결핍은 주로 식욕 부진, 소화기능 약화 그리고 각종 신경기능 조절에 저해를 일으키는 것으로 알려져 있다[3,4]. 두 번째로 알려진 비타민 B_2는 riboflavin으로 알려져 있으며, 체내에서 중요한 성장인자로 알려져 있다. 성장촉진과 구강 점막 보호와 체내 산화·환원 작용에 기여하여, 결핍 시 성장 장애와 구내염을 일으킬 수 있다고 보고되고 있다[5]. 그리고 niacin으로 불리는 비타민 B_3는 열량소의 산화·환원 작용에 역할을 하며, 결핍 증세로는 펠라그라(pellagra)라고 불리는 피부병, 흑

*Correspondence to: Eui-Cheol Shin, Department of Food Science, Gyeongnam National University of Science and Technology, Jinju 52725, Korea
Tel: 82-55-751-3271, Fax: 82-55-751-3279
E-mail: eshin@gntech.ac.kr

설병, 그리고 점막 손상에 대한 위험성이 보고되고 있다[6]. 비타민의 안정성에 대한 이슈는 다양한 비타민의 종류만큼 다양하게 논의되고 있는데, 한식의 복잡한 조리법 특성상 비타민의 잔존율에 대한 연구는 매우 제한적이다[3]. 많은 연구 보고들이 정해진 모델 시스템에서 진행된 제한적인 결과가 많으며, 한식의 조리 시 발생되는 다양한 화학적 형태에 변화에 따른 안정성의 변화 역시 실제적인 분석이 없는 상태에서는 예측값을 도출하기가 어렵다고 알려져 있다[2]. Thiamin의 경우 열에 불안정한 특성으로 인해 100°C 이상의 조리과정에서 상대적으로 낮은 잔존율을 보이며, riboflavin의 경우 상대적으로 열처리에 대한 안정성은 나타내지만, 알칼리 환경이나 자외선 노출에서 낮은 잔존율이 나타난다[3,7]. 그리고 niacin은 앞서 언급한 thiamin과 riboflavin 보다 더 높은 잔존율을 보이지만 산과 알칼리 환경에서 쉽게 분해되는 되는 문제점을 가지고 있다[3,7]. 일반적으로 수용성 비타민은 식재료의 손질을 위해 물을 이용한 씻기와 데치는 과정에서 용해성에 의해서 많은 양의 손실이 발생하며, 저장과정에서도 지용성 비타민에 비해서 낮은 안정성을 가지고 있다는 보고가 알려져 있다[3,8]. 이렇듯 다양한 한식조리를 통해 발생되는 영양성분의 변화에 대한 연구를 계속적으로 이루어져야 할 것이며, 이에 대한 식품영양성분 데이터베이스 구축을 위한 노력도 요구되고 있는 실정이다[3,9].

따라서 본 연구에서는 국내에서 한식 조리에 이용되는 대표적인 조리법인 구이, 찜, 볶음, 조림 식품이 가지는 수용성 비타민(thiamin, riboflavin, niacin)의 함량을 분석하였다. 이를 통해 한식 조리를 이용하는 국민 식생활에서 수용성 비타민 함량에 대한 신뢰도 높은 데이터베이스 구축을 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

Materials and Methods

실험재료

본 실험에 사용된 샘플 프로그램은 국가실험실 관리시스템(National Laboratory System, NLS) 구축을 위해 식품의약품안전처와 영양성분분석연구팀으로 구성된 연구기관에서 진행하였다. 표준 샘플은 국내에서 소비되는 가정식과 외식에서 높은 선호도를 중심으로 "식품안전나라(www.foodsafetykorea.go.kr)에 제시된 기준 레시피를 이용하여 조리과정에서 발생 가능한 오차(조리방법이나 재료의 차이에 의한 오차)를 최대한 줄이고자 하였다[3]. 총 42종의 시료로는 19종의 구이 (가지전, 고등어구이, 달걀무침, 닭발구이, 돼지고기구이, 런천미트구이, 맛살전, 메밀전, 버섯구이, 새송이버섯구이, 표고버섯구이, 삼치구이, 새우구이, 등심스테이크, 안심스테이크, 완자전, 쥐포구이, 치킨데리야끼, 그리고 햄구이)와 9종의 찜류 (가오리찜, 돼지갈비찜, 파리고추찜, 새우젓 달걀찜, 우유달걀찜, 사태찜, 수육찜, 코다리찜, 그리고 호박찜) 9종의 볶음류 (감자볶음, 곱창볶음, 마늘쫑 볶음, 견과류 멸치볶음, 꽈리고추 멸치볶음, 마늘쫑 멸치볶음, 양파볶음, 어묵볶음, 그리고 우동볶음), 그리고 5종의 조림(마늘쫑 조림, 버섯조림, 병어조림, 양미리조림, 그리고 어묵조림)을 사용하였다. 조리가 완료된 모든 시료는 균질과정을 거쳐 –20°C 이하의 냉동 상태를 유지하였고, 실험 진행시 냉장보관소 (4°C)에서 충분한 해동과정을 거친 후 실험에 사용되어 급격한 해동과정에서 발생될 수 있는 영양성분(비타민)의 손실을 최대한 줄이면서 진행하였다. 수용성 비타민 B_1, B_2 및 B_3 분석에 사용된 표준시약은 각각 thiamin hydrochloride, riboflavin-5'-adenosine diphosphate (FAD), riboflavin-5'-phosphate (FMN), riboflavin, nicotinic acid와 nicotinamide이며, 그 외에 실험에 사용된 모든 시약은 analytical grade로 Sigma-Aldrich Co. (St. Louis, MO, USA)로부터 구입하였다.

수용성 비타민 추출

구이, 찜, 볶음, 그리고 조림 샘플에 함유되어 있는 수용성 비타민 B_1 및 B_3의 추출방법은 동시분석법을 이용하여 진행하였고 Kim 등[3]의 방법을 이용하여 진행하였다[3]. 즉 균질화된 샘플 약 5 g에 5 mM sodium 1-hexanesulfonate 용액을 25 mL 첨가하여 40°C 조건의 초음파 추출기(8510E-DTH, Branson, Danbury, CT, USA)로 30분간 처리하여 수용성 비타민을 추출한 후, 15,000 rpm의 속도로 10분간 원심분리를 실시한 후 상층액을 취하여 0.45 μm 시린지필터(Whatman Inc., Maidstone, UK)를 이용하여 여과하여 분석용 용액으로 사용하였다. 또한, 시료 중 비타민 B_2의 추출방법은 Kim 등[10]과 식품공전(Food Codex)상에 기재되어 있는 비타민 분석법 1.2.2.3의 방법[11]을 이용하였다. 즉 5 g의 샘플에 증류수를 50 mL 첨가한 후 80°C 조건에서 30분간 항온수조(SH-502, Seyoung Co., Incheon, Korea)에서 환류 추출하였다. 이 추출액을 여과지(No.1, Whatman, Amersham, UK)로 1차 여과 후 0.45 μm 시린지필터를 이용하여 2차 여과한 후 시험용액으로 사용하였다.

HPLC를 이용한 수용성 비타민 분석

수용성 비타민 B_1 및 B_3의 분석을 위해 HPLC/DAD (high performance liquid chromatography/diode array detector) 시스템을 이용하였고, 분석에는 HPLC는 Agilent 1100 infinity HPLC (Agilent Co., Santa Clara, CA, USA)를 사용하였고, 분석을 위한 컬럼은 YMC-Pack ODS AM (250 mm × 4.6 mm, 5 μm, YMC-Korea Co., Seongnam, Korea)이 사용되었다. 분석을 위한 column의 온도는 40°C에서 진행하였고, detector의 wavelength는 270 nm에서 진행하였다. Mobile phase의 경우 acetic acid 0.75%와 triethylamine 0.02%를 함유한 5 mM sodium 1-hexanesulfonate(용매 A)와 메탄올(용

매 B)을 gradient elution 방식으로 진행하였고, mobile phase의 elution ratio는 0분 100% A용매, 8분 100% A용매, 20분 75% A용매:25% B용매, 30분 55% A용매:45% B용매, 31분 100% A용매, 45분: 100% A용매로 조절하였고, flow rate는 0.8 mL/min이었다. 비타민 B_2의 경우 HPLC/FLD (high performance liquid chromatography/ fluorescence detector) 시스템이 실험에 사용되었으며, Agilent 1100 HPLC system (Agilent Co.)을 이용하였다. 사용된 column의 경우 YMC-Pack Pro RS C_{18} (250 mm × 4.6 mm, 5 μm, YMC-Korea Co.)가 사용하였고, column의 온도는 40°C, 형광검출기의 분석파장은 여기 파장(excitation) 445 nm 그리고 방출파장(emission) 530 nm의 범위에서 진행하였다. Mobile phase의 경우 75:25(v/v) 비율의 10 mM NaH_2PO_4 (pH 5.5) 및 메탄올 용매를 이용하여 flow rate는 0.8 mL/min으로 mobile phase의 elution은 isocratic elution을 이용하였다[3,11].

수용성 비타민 함량 검토

구이, 찜, 볶음, 조림에 존재하는 수용성 비타민 B_1, B_2 그리고 B_3 함량은 표준품을 이용하여 아래의 계산식을 이용하여 함량을 확인하였다.

$$\text{Vitamin B의 함량(mg/100 g)} = \frac{S \times a \times b}{\text{검체 채취량 (g)}} \times \frac{100}{1000}$$

S : 시험용액중의 각 비타민 표준품의 농도(μg/mL)
a : 시험용액의 전량(mL)
b : 시험용액의 희석배수

검출한계(LOD: limit of detection) 및 정량한계(LOQ: limit of quantification)

본 연구실 시스템에서 수용성 비타민 B_1, B_2 그리고 B_3가 나타내는 검출한계와 정량한계를 각각 확인하였고, 그 계산은 아래 공식을 통해 확인하였다[12]. 검출한계와 정량한계 실험은 표준품을 이용하여 진행하였다.

$$LOD = 3.3 \times \delta/S$$
$$LOQ = 10 \times \delta/S$$

δ: Y-절편에 대한 표준편차
S: 기울기에 대한 평균

수용성 비타민 B_1, B_2, 그리고 B_3에 대한 표준품을 이용한 타당성 검증

국제표준품 SRM (standard reference material)을 이용하여 수용성 비타민 B_1, B_2, 그리고 B_3 분석에 대한 타당성 검증을 실시하였다. 실험에 사용된 SRM은 1849a(Infant/ adult nutritional formula)와 SRM 2385(slurried spinach)가 사용되었으며, 이는 NIST (National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, USA)에서 구매 후 진행하였다.

통계처리

모든 실험값은 평균값과 표준편차를 통해 제시하였고, 각 샘플이 가지는 평균값 간의 유의성은 SAS 9.4(Statistical Analysis System, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)를 이용하였으며, Tukey's multiple range test에 의하여 유의성을 확인하였다($P<0.05$).

Results and Discussion

검출한계와 정량한계 검토

본 연구실 시스템에서 수용성 비타민 B_1, B_2 그리고 B_3가 나타내는 검출한계와 정량한계를 각각 확인하였고, 그 결과를 Table 1에 나타내었다. 모든 수용성 비타민 표준품에 대한 r^2값에 대해서 0.997-0.999사이의 값을 얻었고, 우수한 직선성을 확인하였다. 또한 검출한계의 경우 0.001에서 0.035 μg/mL, 정량 한계의 경우 0.002에서 0.106 μg/mL을 확인하였다. 이러한 검출 및 정량한계는 본 연구를 진행하는 데 있어 충분히 신뢰도를 검증할 수 있는 값으로 판단되었다.

Table 1. Linearity, limit of detection (LOD), and limit of quantification (LOQ) of vitamin B_1, B_2, and B_3 by HPLC analyses

Vitamins	Compounds	Calibration curve	r^2	Linear range (μg/mL)	LOD (μg/mL)	LOQ (μg/mL)
Vitamin B_1	Thiamin	Y=0.027x+0.045	0.999	0.039 – 5.000	0.035	0.106
Vitamin B_2	FAD[1)]	Y=58.747x-1.398	0.999	0.018 – 0.143	0.004	0.013
	FMN[2)]	Y=48.567x+0.986	0.998	0.017 – 0.133	0.001	0.002
	Riboflavin	Y=785.29x+42.419	0.997	0.142 – 1.135	0.001	0.002
Vitamin B_3	Nicotinic acid	Y=0.029x+0.007	0.999	0.039 – 5.000	0.015	0.046
	Nicotinamide	Y=0.035x+0.022	0.999	0.039 – 5.000	0.067	0.203

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

Table 2. Accuracy and repeatability precision (%RSD_r) for the analysis of vitamin B_1, B_2, and B_3 in standard reference materials (SRM 1849a and SRM 2385)

Vitamins	Contents (mg/100 g)			% of certified value	%RSD_r
	Certified value[1)]	Analytical value[2)]	Bias[3)]		
Vitamin B_1 (SRM 1849a)	1.26±0.10	1.38±0.01	-0.12	109.52	0.72
Vitamin B_2 (SRM 1849a)	2.04±0.10	2.10±0.02	-0.06	102.94	0.95
Vitamin B_3 (SRM 2385)	0.30±0.04	0.31±0.01	-0.01	103.33	3.23

[1)]The certified reference values for the vitamin B_1, B_2, and B_3 in SRM 1849a and SRM 2385 were derived from the combination of results provided by NIST and collaborating laboratories.
[2)]Values (mean±SD) are based on five replicate analyses.
[3)]Bias = Accepted value – Analytical value.

수용성 비타민 B_1, B_2, 그리고 B_3에 대한 표준품을 이용한 타당성 검증

SRM을 이용하여 수용성 비타민 B_1, B_2, 그리고 B_3에 대한 실험값의 정확성과 반복성을 확인하였고, 이에 대한 결과를 Table 2에 제시하였다. SRM을 이용한 실험값과 표준값에 대한 비교를 보면, B_1의 경우 표준값의 범위가 1.26±0.10 mg/100 g 였으며 실험값은 1.38±0.01 mg/100 g의 범위로 확인되었다. B_2의 경우 표준값의 범위가 2.04±0.10 mg/100 g 였으며 실험값은 2.10±0.02 mg/100 g의 범위로 확인되었다. 그리고 B_3의 경우 표준값의 범위가 0.30±0.04 mg/100 g 였으며 실험값은 0.31±0.01 mg/100 g의 범위로 확인되었다. 본 연구에서 실험값과 표준값 간의 오차범위가 권장범위 이내임을 감안할 때 본 연구에서 제시된 수용성 비타민 B_1, B_2, 그리고 B_3의 결과는 타당한 실험값의 범위에 포함된 결과로 판단할 수 있다[13)].

Vitamin B_1 함량

국내에서 소비되는 한식 중 구이, 찜, 볶음, 조림에 존재하는 vitamin B_1 (thiamin)의 함량을 Table 3에 나타내었다. 19종의 구이류에 함유된 thiamin 함량은 가지전(*Gajijun*)에 존재하는 0.039±0.004 mg/100 g이 가장 낮은 함량을 나타내었고, 안심스테이크(*Ahnsimstake*)가 유의적으로 가장 높은 1.057±0.017 mg/100 g으로 확인되었다(P<0.05). 그 중 버섯구이(*Busutgui*), 새송이구이(*Saesongigui*), 새우구이(*Saewoogui*), 등심스테이크(*Deungsimstake*), 완자전(*Wanjajun*), 쥐포구이(*Juipogui*)에서는 thiamin이 확인되지 않았다. 9종의 찜류의 경우 새우젓달걀찜(*Saewoodalgyaljjim*)에서 가장 낮은 함량인 0.049±0.003 mg/100 g이 확인되었고, 코다리찜(*Kodarijjim*)에서 가장 높은 함량인 1.066±0.013 mg/100 g이 확인되었다(P<0.05). 또한 꽈리고추찜(*Kkoarigochujjim*)에서는 티아민이 확인되지 않았다. 9종의 볶음류에서는 감자볶음(*Gamjabokeum*)과 어묵볶음(*Umukbokeum*)에서 가장 낮은 함량인 0.144±0.003 mg/100 g이었으며, 마늘쫑멸치복음(*Maneulbokeum*)에서 가장 높은 함량인 0.388±0.017 mg/100 g이 확인되었다(P<0.05). 또한 곱창볶음(*Gobchangbokeum*), 꽈리고추멸치볶음(*Kkoarigochubokeum*), 그리고 볶음우동(*Udongbokeum*)에서는 thiamin이 확인되지 않았다. 5종의 조림류에서는 버섯조림(*Busutjorim*)에서 가장 낮은 함량인 0.122±0.005 mg/100 g이었으며, 병어조림(*Byungujorim*)에서 가장 높은 함량인 1.656±0.035 mg/100 g이 확인되었다(P<0.05). 마늘쫑조림(*Maneuljorim*)에서는 thiamin이 확인되지 않았다. 문헌에서 알려진 thiamin은 식품내에서 조리온도가 높아지거나 혹은 시간이 길어지게 되면 구조 내에 존재하는 고리구조와 메틸렌기 사이의 화학결합이 다수 깨어지면서 thiamin의 활성이 급격히 감소한다고 알려져 있다[14)]. 또 다른 문헌 보고에서도 일반적인 물의 끓는점인 100°C 정도의 온도범위에서의 가열에서는 thiamin의 활성이 비교적 안정하며, 살균온도인 121°C까지 상승하게 되면, 영양 잔존율이 급격하게 감소한다고 알려져 있다[15)]. 그러나 이러한 온도 상승에 따른 thiamin의 잔존율의 패턴은 단일 성분으로 존재할 때의 값을 나타내며, 식품 matrix와 같은 다양한 식품성분이 결합된 식품조직으로 존재시에는 일정 부분 잔존율이 유지될 수 있으며, 식품 내 다양한 단백질과의 결합을 통해서도 일정 비율의 안정성이 발생될 수 있을 것으로 보고되고 있다[14)]. 그리고 thiamin은 pH 범위에 따라서 안정성의 차이를 나타내는데, 산성 영역인 pH 2.0-4.0 영역에서 우수한 안정성을 보이는 반면, 중성 영역을 넘어 알칼리 환경에서는 낮은 잔존율을 보인다고 알려져 있다[14)]. 또한 식품 내에서 세척과정에서도 조리수에 의해서 thiamin의 잔존율이 감소할 수 있다는 보고가 있으며, 이러한 잔존율의 감소를 예방하기 위해 소량의 조리수와 가열시간을 단축할 경우 thiamin의 잔존율을 높일 수 있다고 알려져 있다[15)]. 소량의 조리수와 짧은 조리시간을 통해서 잔존율을 높일 수 있다는 보고가

Table 3. Thiamin contents in roasted foods, steamed foods, stir-fried foods, and braised food

Sample	Thiamin (mg/100 g)
Roasted foods	
Gajijun	0.039±0.004$^{gh1)}$
Godeungu	0.208±0.002^{d}
Dalgyalbuchim	0.060±0.004^{fgh}
Dakbalgui	0.144±0.011^{def}
Doejigogigui	0.707±0.119^{b}
Lunchunmitgiu	0.465±0.005^{c}
Matsaljun	0.141±0.005^{def}
Maemiljun	0.215±0.019^{d}
Busutgui	N.D.$^{2)}$
Saesongigui	N.D.
Pyogogui	0.183±0.040^{de}
Samchigui	0.114±0.006^{efg}
Saewoogui	N.D.
Deungsimstake	N.D.
Ahnsimstake	1.057±0.017^{a}
Wanjajun	N.D.
Juipogui	N.D.
Chikindaeriyaki	0.096±0.002^{fgh}
Haemgui	N.D.
Steamed foods	
Gaorijjim	0.164±0.008^{c}
Doejigalbijjim	0.720±0.009^{b}
Kkoarigochujjim	N.D.
Saewoodalgyaljjim	0.049±0.003^{f}
Wooyudalgyaljjim	0.029±0.003^{g}
Sataejjim	0.084±0.003^{d}
Sokokisuyukjjim	0.067±0.001^{de}
Kodarijjim	1.066±0.013^{a}
Hobakjjim	0.065±0.002^{ef}
Stir-fried foods	
Gamjabokeum	0.144±0.003^{e}
Gobchangbokeum	N.D.
Maneulbokeum	0.196±0.005^{d}
Gyungoamyulchibokeum	0.344±0.018^{b}
Kkoarigochubokeum	N.D.
Maneulmyulchibokeum	0.388±0.017^{a}
Yangpabokeum	0.291±0.010^{c}
Umukbokeum	0.114±0.002^{f}
Udongbokeum	N.D.
Braised foods	
Maneuljorim	N.D.
Busutjorim	0.112±0.005^{c}
Byungujorim	1.656±0.035^{a}
Yangmirijorim	0.218±0.001^{b}
Umukjorim	0.178±0.001^{b}

[1)]All values are expressed as the mean±SD of triplicate determinations. Means with different superscripts(a-h) of each same food category are significantly different at $P<0.05$ by a Tukey's multiple range test.
[2)]N.D. corresponds "not detected".

있는 것으로 볼 때 각 식품의 조리법에 차이에 따라 다양한 수용성 비타민의 함량에 영향을 미치는 것으로 판단된다[16]. Thiamin이 검출되지 않은 식품의 경우 thiamin의 구조적 특성상 질소가 함유된 육각형 고리와 황이 함유된 오각형 고리가 티아민의 중앙에 위치한 탄소에 연결되어 있는데, 이 탄소가 결합되어 있는 고리들이 열에 장시간 노출되거나 고온의 경우 쉽게 파괴되어 기능을 상실하게 된다고 알려진 결과를 토대로 설명이 가능할 것으로 보인다. 이러한 비타민 B_1의 분자 구조적 특성에 의해 나타나는 결과로 판단된다[13].

Vitamin B_2 함량

국내에서 소비되는 한식 중 구이, 찜, 볶음, 조림에 존재하는 vitamin B_2 (riboflavin)의 함량을 Table 4에 나타내었다. 19종의 구이류에 함유된 전체 riboflavin 함량은 버섯구이(*Busutgui*)에 존재하는 0.056±0.002 mg/100 g이 가장 낮은 함량을 나타내었고, 새송이버섯구이(*Saesongigui*)가 유의적으로 가장 높은 0.686±0.009 mg/100 g으로 확인되었다($P<0.05$). 9종의 찜류의 경우 새우젓달걀찜(*Saewoodalgyaljjim*)에서 가장 낮은 함량인 0.025±0.001 mg/100 g이 확인되었고, 쇠고기수육(*Sokokisuyukjjim*)에서 가장 높은 함량인 0.548±0.003 mg/100 g이 확인되었다($P<0.05$). 9종의 볶음류에서는 양파볶음(*Yangpabokeum*)에서 가장 낮은 함량인 0.014±0.001 mg/100 g이었으며, 견과류멸치볶음(*Gyungoamyulchibokeum*)에서 가장 높은 함량인 1.258±0.056 mg/100 g이 확인되었다($P<0.05$). 5종의 조림류에서는 어묵조림(*Umukjorim*)에서 가장 낮은 함량인 0.024±0.001 mg/100 g이었으며, 버섯조림(*Busutjorim*)에서 가장 높은 함량인 0.298±0.003 mg/100 g이 확인되었다($P<0.05$).

문헌의 보고에 따르면 riboflavin은 산화와 고온에 대해서는 높은 안정성을 가진다고 보고되고 있으나, 높은 pH(알칼리), 가시광선, 그리고 자외선에 대해서는 낮은 안정성을 가지고 있다고 알려져 있다[16]. 또한 Lee 등의 보고[2)] 역시

Table 4. Riboflavin contents in roasted foods, steamed foods, stir-fried foods, and braised foods

Sample	Contents (mg/100 g)				
	FAD	FMN	Riboflavin	Riboflavin Eq.[1)]	Total
Roasted foods					
Gajijun	0.024±0.014$^{hi2)}$	0.014±0.001^{lm}	0.065±0.006^{cd}	0.088±0.003^{hi}	0.104±0.009^{h}
Godeungu	0.318±0.011^{c}	0.075±0.004^{efg}	0.049±0.000^{def}	03253±0.001^{d}	0.442±0.002^{d}
Dalgyalbuchim	N.D.[3)]	0.049±0.013^{hij}	0.232±0.016^{a}	0.270±0.024^{cd}	0.281±0.026^{e}
Dakbalgui	0.031±0.008^{h}	0.016±0.001^{lm}	0.031±0.001^{g}	0.057±0.004^{ijk}	0.078±0.008^{h}
Doejigogigui	0.216±0.007^{e}	0.034±0.002^{ijkl}	0.029±0.001^{g}	0.154±0.006^{f}	0.279±0.010^{e}
Lunchunmitgiu	0.011±0.001^{ij}	0.079±0.004^{efg}	0.014±0.002^{h}	0.076±0.002^{hij}	0.098±0.003^{h}
Matsaljun	0.018±0.002^{hi}	0.013±0.000^{m}	0.056±0.002^{de}	0.074±0.003^{hij}	0.087±0.004^{h}
Maemiljun	0.010±0.001^{ij}	0.021±0.001^{klm}	0.025±0.002^{gh}	0.046±0.002^{k}	0.056±0.002^{h}
Busutgui	0.338±0.010^{b}	0.157±0.003^{b}	0.191±0.009^{b}	0.468±0.007^{a}	0.686±0.009^{a}
Saesongigui	0.296±0.022^{d}	0.254±0.011^{a}	0.063±0.004^{cd}	0.397±0.021^{b}	0.613±0.034^{b}
Pyogogui	0.288±0.023^{d}	0.112±0.005^{c}	0.034±0.001^{fg}	0.261±0.016^{cd}	0.444±0.029^{d}
Samchigui	0.113±0.002^{g}	0.055±0.001^{ghi}	0.038±0.000^{efg}	0.132±0.001^{fg}	0.206±0.002^{fg}
Saewoogui	0.094±0.005^{g}	0.045±0.001^{hij}	0.026±0.001^{g}	0.104±0.001^{gh}	0.165±0.004^{g}
Deungsimstake	0.173±0.012^{f}	0.108±0.008^{cd}	0.035±0.001^{fg}	0.198±0.011^{e}	0.315±0.019^{e}
Ahnsimstake	0.393±0.015^{a}	0.090±0.002^{de}	0.036±0.001^{efg}	0.286±0.009^{c}	0.520±0.017^{c}
Wanjajun	0.031±0.000^{h}	0.075±0.004^{ef}	0.076±0.003^{c}	0.149±0.006^{f}	0.182±0.007^{g}
Juipogui	0.010±0.000^{ij}	0.061±0.001^{fgh}	0.006±0.000^{h}	0.059±0.000^{ijk}	0.077±0.001^{h}
Chikindaeriyaki	0.189±0009^{f}	0.029±0.009^{jklm}	0.008±0.002^{h}	0.117±0.003^{g}	0.226±0.001^{f}
Haemgui	0.002±0.000^{f}	0.042±0.002^{hijk}	0.016±0.001^{h}	0.048±0.002^{jk}	0.058±0.002^{h}
Steamed foods					
Gaorijjim	0.090±0.002^{d}	0.023±0.003^{e}	0.025±0.002^{d}	0.084±0.003^{f}	0.138±0.005^{g}
Doejigalbijjim	0.169±0.010^{b}	0.192±0.011^{a}	0.035±0.002^{c}	0.263±0.014^{b}	0.397±0.020^{c}
Kkoarigochujjim	0.016±0.001^{f}	0.002±0.000^{f}	0.018±0.001^{d}	0.027±0.001^{g}	0.036±0.002^{h}
Saewoodalgyaljjim	N.D.	0.006±0.002^{f}	0.019±0.003^{d}	0.024±0.001^{g}	0.025±0.001^{h}
Wooyudalgyaljjim	0.021±0.000^{f}	0.055±0.001^{d}	0.181±0.002^{a}	0.234±0.003^{c}	0.257±0.003^{e}
Sataejjim	0.140±0.013^{c}	0.104±0.000^{c}	0.043±0.000^{c}	0.188±0.006^{d}	0.286±0.013^{d}
Sokokisuyukjjim	0.412±0.001^{a}	0.125±0.003^{b}	0.011±0.001^{e}	0.296±0.003^{a}	0.548±0.003^{a}
Kodarijjim	0.405±0.010^{a}	0.053±0.002^{d}	0.055±0.001^{b}	0.280±0.006^{ab}	0.513±0.011^{b}
Hobakjjim	0.051±0.002^{e}	0.098±0.002^{c}	0.023±0.001^{d}	0.123±0.001^{e}	0.172±0.001^{f}
Stir-fried foods					
Gamjabokeum	0.027±0.000^{c}	0.017±0.001^{de}	N.D.	0.025±0.001^{d}	0.043±0.001^{e}
Gobchangbokeum	0.041±0.003^{c}	0.052±0.002^{d}	0.042±0.002^{b}	0.101±0.004^{c}	0.135±0.006^{c}
Maneulbokeum	0.027±0.000^{c}	0.031±0.001^{de}	0.056±0.001^{a}	0.092±0.001^{c}	0.114±0.001^{cd}
Gyungoamyulchibokeum	0.724±0.031^{a}	0.506±0.025^{a}	0.028±0.001^{c}	0.754±0.034^{a}	1.258±0.056^{a}
Kkoarigochubokeum	0.010±0.000^{c}	0.144±0.004^{c}	0.009±0.000^{d}	0.126±0.003^{c}	0.162±0.004^{c}
Maneulmyulchibokeum	0.411±0.022^{b}	0.440±0.024^{b}	0.014±0.001^{d}	0.547±0.030^{b}	0.865±0.047^{b}
Yangpabokeum	0.010±0.000^{c}	0.003±0.000^{e}	0.001±0.000^{e}	0.008±0.000^{d}	0.014±0.001^{e}
Umukbokeum	0.013±0.001^{c}	0.014±0.001^{e}	0.002±0.000^{e}	0.020±0.001^{d}	0.030±0.001^{e}
Udongbokeum	0.022±0.003^{c}	0.012±0.003^{e}	0.006±0.001^{d}	0.025±0.004^{d}	0.040±0.006^{de}
Braised foods					
Maneuljorim	0.192±0.014^{a}	0.034±0.004^{d}	0.022±0.001^{c}	0.138±0.010^{b}	0.251±0.019^{b}
Busutjorim	0.167±0.001^{b}	0.105±0.004^{a}	0.025±0.001^{c}	0.184±0.003^{a}	0.298±0.003^{a}
Byungujorim	0.010±0.000^{c}	0.051±0.002^{c}	0.050±0.001^{b}	0.095±0.002^{c}	0.111±0.003^{d}
Yangmirijorim	0.014±0.000^{c}	0.074±0.004^{b}	0.111±0.007^{a}	0.176±0.004^{a}	0.199±0.003^{c}
Umukjorim	0.013±0.000^{c}	0.009±0.001^{e}	0.002±0.000^{d}	0.014±0.000^{d}	0.024±0.001^{e}

[1)]Riboflavin Eq.: Total riboflavin equivalent=(FAD×0.4537 + FMN×0.7869 + riboflavin)[3)].

[2)]All values are expressed as the mean±SD of triplicate determinations. Means with different superscripts within a column (a-m) of each same food category are significantly different at $P<0.05$ by a Tukey's multiple range test.

[3)]N.D. corresponds "not detected".

riboflavin의 고온에 대해서 상대적으로 높은 안정성을 나타내었다고 보고하였으며, 습도에 대한 안정성도 역시 우수하다고 보고한 바 있다. Vitamin B_2로 알려진 riboflavin의 경우 FMN과 FAD가 체내 지방대사에 관여하여 결핍 시 지방산의 산화가 저하를 일으킨다. 이러한 경향은 필수지방산의 체내 비율에 부정적인 영향을 미치게 되어 건강기능성에 저해요인으로 작용하게 된다[17]. 또 다른 문헌에서는 동물모델에서 riboflavin의 결핍은 중추 및 말초신경계의 수초의 퇴화현상을 유발하여 는데, 이러한 요인을 앞서 언급한 필수지방산의 체내 비율의 부족함으로 인한 문제로 제시하고 있다[18]. 이같이 riboflavin은 결핍에 의한 문제가 체내의 신경전달물질의 대사와 직접적인 관여를 하기 때문에 충분한 riboflavin 급원 식품 섭취를 통해 결핍현상이 발생되지 않도록 해야 할 것으로 판단된다.

Vitamin B_3 함량

국내에서 소비되는 한식 중 밥류, 국(탕)류, 그리고 찌개류에 존재하는 vitamin B_3(niacin)의 함량을 Table 5에 나타내었다. 19종의 구이류에 함유된 전체 niacin 함량은 맛살전(*Matsaljun*)에 존재하는 0.021±0.001 mg/100 g이 가장 낮은 함량을 나타내었고, 돼지고기구이(*Doejigogigui*)가 유의적으로 가장 높은 0.686±0.009 mg/100 g으로 확인되었다(P<0.05). 9종의 찜류의 경우 새우젓달걀찜(*Saewoodalgyaljjim*)에서 가장 낮은 함량인 0.134±0.007 mg/100 g이 확인되었고, 돼지갈비찜(*Doejigalbijjim*)에서 가장 높은 함량인 21.509±0.264 mg/100 g이 확인되었다(P<0.05). 9종의 볶음류에서는 우동볶음(*Udongbokeum*)에서 가장 낮은 함량인 0.015±0.001 mg/100 g이었으며, 어묵볶음(*Umukbokeum*)에서 가장 높은 함량인 2.319±0.045 mg/100 g이 확인되었다(P<0.05). 5종의 조림류에서는 마늘쫑조림(*Maneuljorim*)에

Table 5. Niacin contents in roasted foods, steamed foods, stir-fried foods, and braised foods

Sample	Content (mg/100 g)		
	Nicotinic acid	Nicotinamide	Total
Roasted foods			
Gajijun	0.080±0.006$^{f1)}$	0.060±0.007^{gh}	0.140±0.002^{ef}
Godeungu	2.235±0.061^{e}	7.220±0.102^{a}	9.456±0.158^{c}
Dalgyalbuchim	0.081±0.002^{f}	0.045±0.003^{h}	0.126±0.004^{ef}
Dakbalgui	N.D.$^{2)}$	0.117±0.006^{gh}	0.117±0.006^{ef}
Doejigogigui	16.344±2.499^{a}	5.428±0.718^{b}	21.772±3.214^{a}
Lunchunmitgiu	14.76±0.057^{ab}	4.791±0.035^{c}	19.546±0.091^{a}
Matsaljun	N.D.	0.021±0.001^{h}	0.021±0.001^{f}
Maemiljun	N.D.	0.317±0.029^{gh}	0.317±0.029^{ef}
Busutgui	1.656±0.091^{ef}	0.175±0.020^{gh}	1.832±0.110^{def}
Saesongigui	2.137±0.019^{ef}	0.202±0.006^{gh}	2.338±0.016^{def}
Pyogogui	0.066±0.006^{f}	0.144±0.035^{gh}	0.210±0.041^{ef}
Samchigui	N.D.	3.941±0.081^{d}	3.942±0.081^{d}
Saewoogui	N.D.	0.403±0.014^{gh}	0.403±0.014^{ef}
Deungsimstake	N.D.	2.572±0.369^{ef}	2.572±0.369^{def}
Ahnsimstake	1.421±1.166^{ef}	0.668±0.016^{g}	2.089±1.160^{def}
Wanjajun	N.D.	2.762±0.022^{ef}	2.762±0.022^{de}
Juipogui	4.469±0.077^{d}	N.D.	4.469±0.077^{d}
Chikindaeriyaki	12.190±0.116^{c}	2.273±0.059^{f}	14.464±0.174^{b}
Haemgui	13.043±1.264^{bc}	3.062±0.304^{e}	16.105±1.568^{b}
Steamed foods			
Gaorijjim	N.D.	1.040±0.010^{c}	1.040±0.010^{d}
Doejigalbijjim	17.684±0.214^{a}	3.825±0.050^{a}	21.509±0.264^{a}
Kkoarigochujjim	1.476±0.029^{b}	0.127±0.007^{f}	1.603±0.035^{c}
Saewoodalgyal-jjim	0.117±0.006^{d}	0.017±0.001^{g}	0.134±0.007^{f}
Wooyudalgyaljjim	1.317±0.002^{bc}	0.069±0.004^{g}	1.386±0.005^{c}
Sataejjim	N.D.	0.567±0.012^{d}	0.567±0.012^{e}
Sokokisuyukjjim	1.250±0.020^{c}	1.978±0.015^{b}	3.228±0.016^{b}
Kodarijjim	N.D.	0.148±0.004^{f}	0.148±0.004^{f}
Hobakjjim	N.D.	0.352±0.007^{e}	0.352±0.007^{ef}
Stir-fried foods			
Gamjabokeum	N.D.	0.164±0.005^{cd}	0.164±0.005^{de}
Gobchangbokeum	1.769±0.110^{b}	0.244±0.019^{e}	2.013±0.129^{b}
Maneulbok-eum	N.D.	0.120±0.008^{d}	0.120±0.008^{e}
Gyungoamyulchi-bokeum	N.D.	1.295±0.040^{b}	1.295±0.040^{c}
Kkoarigochubok-eum	0.030±0.003^{d}	N.D.	0.030±0.003^{e}
Maneulmyulchibo-keum	N.D.	1.434±0.082^{a}	1.434±0.082^{c}
Yangpabokeum	0.313±0.001^{c}	N.D.	0.313±0.001^{d}
Umukbokeum	2.319±0.045^{a}	N.D.	2.319±0.045^{a}
Udongbokeum	N.D.	0.015±0.001^{e}	0.015±0.001^{e}
Braised foods			
Maneuljorim	N.D.	0.322±0.052^{b}	0.322±0.052^{c}
Busutjorim	0.578±0.074^{b}	0.201±0.024^{c}	0.779±0.097^{b}
Byungujorim	0.295±0.010^{c}	0.487±0.013^{a}	0.782±0.023^{b}
Yangmirijorim	N.D.	N.D.	N.D.
Umukjorim	2.157±0.046^{a}	N.D.	2.157±0.046^{a}

[1)] All values are expressed as the mean±SD of triplicate determinations. Means with different superscripts within a column (a-h) of each same food category are significantly different at P<0.05 by a Tukey's multiple range test.
[2)] N.D. corresponds "not detected".

서 가장 낮은 함량인 0.322±0.052 mg/100 g이었으며, 어묵조림(*Umukjorim*)에서 가장 높은 함량인 2.157±0.046 mg/100 g이 확인되었다(P<0.05). 그러나 양미리조림(*Yangmirijorim*)에서는 niacin이 확인되지 않았다.

이종의 고리형 피리미딘 구조를 가진 niacin은 다른 수용성 비타민과 비교할 때 매우 안정하고 외부 에너지에 대해서 잔존율이 높은 비타민으로 알려져 있다[3]. 식품에 존재하는 산화유발 물질인 free radical은 riboflavin과의 높은 친화도로 인해 niacin의 free radical에 의한 산화 및 손실율은 매우 낮은 것으로 알려져 있다[3,19]. 특히 niacin amide는 식품 중에서 free form 또는 nucleotide와 결합한 형태로 존재하여, 외부의 열, 빛, 산, 염기 및 산화에 대해 안정적인 형태로 보고되고 있다[3]. 또한 다른 문헌 연구에서도 niacin은 기존의 수용성 비타민과 비교할 때 식품의 가공공정에서 주로 일어나는 열처리과정에서 매우 안정적인 구조를 띄고 있어 잔존율이 높은 비타민으로 알려져 있다[7]. Niacin의 기능성을 보면 피부병의 한 종류로 알려진 펠라그라(pellagra) 질병의 예방 및 치료에 효과적이라고 알려져 있으며, 말초혈관을 확장시켜 혈액순환을 촉진하고 이를 통해 저밀도콜레스테롤의 함량을 낮추는 효능이 알려져 있다[10]. 또한 niacin의 결핍은 점막장애, 설사, 색소침착, 그리고 우울증과 같은 정신건강에 영향을 미친다고 알려져 있다[10,20].

Acknowledgement

본 연구는 2019년도 식품의약품안전처의 연구개발비(17162식생활082)로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

국문요약

본 연구는 국내 식생활의 기본적인 구성식단으로 알려진 구이, 찜, 볶음, 조림에 존재하는 다양한 영양성분 중 수용성 비타민인 B_1 (thiamin), B_2 (riboflavin), 그리고 B_3 (niacin)의 함량을 확인하였다. 실험분석 타당성 검증을 통해서 높은 직선성(r^2>0.997)을 확인하였고, 검출한계의 경우 0.001-0.067 μg/mL 그리고 정량한계의 경우 0.002-0.203 μg/mL를 확인하였다. 또한 실험값에 대한 정밀도와 반복성에 대한 검증을 위해서 standard reference materials를 통해 실험값과 표준값과의 오차가 신뢰도 이내에 존재한다는 결과를 확인하였다. 본 연구에서 제시된 구이식품의 경우 thiamin은 0.039-1.057 mg/100 g의 범위에 존재하였고, riboflavin은 0.058-0.686 mg/100 g의 범위에 존재했으며, niacin의 경우 0.021-21.772 mg/100 g 의 범위로 나타났다. 찜 종류의 경우 thiamin은 0.049-1.066 mg/100 g의 범위에 존재하였고, riboflavin은 0.025-0.548 mg/100 g의 범위에 존재했으며, niacin의 경우 0.134-21.509 mg/100 g의 범위로 나타났다. 볶음의 경우 thiamin은 0.114-0.388 mg/100 g의 범위에 존재하였고, riboflavin은 0.014-1.258 mg/100 g의 범위에 존재했으며, niacin의 경우 0.015-2.319 mg/100 g의 범위로 나타났다. 조림의 경우 thiamin은 0.112-1.656 mg/100 g의 범위에 존재하였고, riboflavin은 0.024-0.298 mg/100 g의 범위에 존재했으며, niacin의 경우 0.322-2.157 mg/100 g의 범위로 나타났다. 본 연구에서 제시된 구이, 찜, 볶음, 그리고 조림 식품에 대한 수용성 비타민 함량에 대한 영양성분 데이터베이스 구축 연구가 국민 식생활의 중요한 기초자료로 이용될 것으로 확신한다.

References

1. Lee, Y.H., Current state of Korean traditional foods. *Food Ind. Nutr.,* **12**, 51-62 (2007).
2. Lee, J.H., Kim, S.G., Lee, D.U., Park, S.J., Lee, J.H., Lee, K.P., Kim, D.S., Choi, S.W., Baik, M.Y., Effects of temperature and relative humidity on water soluble vitamin contents in commercial vitamin tablet. *Korean Soc. Food Sci. Tech.,* **37**, 1027-1034 (2005).
3. Kim, D.S., Kim, H.S., Hong, S.J., Cho, J.J., Choi M.J., Heo, S.U., Lee, K.J., Chung, H.J., Shin, E.C., Investigation of water-soluble vitamin (B_1, B_2, and B_3) content in various rice, soups, and stews produced in Korea. *Korean Soc. Food Sci. Tech.,* **50**, 362-370 (2018).
4. Kwak, B.M., Kim, S.H., Kim, K.S., Lee, K.W., Ahn, J.H., Jang, C.H., Composition of vitamin A, E, B_1 and B_2 contents in Korean cow's raw milk in Korea. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.,* **26**, 245-251 (2006).
5. Ei-Hazmi, M.A.F., Warsy, A.S., Riboflavin status in a Saudi population: A study in Riyadh. *Ann. Nutr. Metab.,* **31**, 253-258 (1987).
6. Jackson, J.A., Bums, M.J., Effects of cystine, niacin and taurine on cholesterol concentration in the Japanese quail with comments on bile acid metabolism. *Comp. Biochem. Physiol. A Comp. Physiol.,* **48**, 61-68 (1974).
7. Ahn, M.S., A study on the changes in physico-chemical properties of vegetables by Korean traditional cooking methods. *Korean J. Diet. Cult.,* **14**, 177-188 (1999).
8. Hur, J.Y., Hwang, I.K., The stability of water-soluble and fat-soluble vitamins in milk by heat treatments. *Korean J. Soc. Food Cookery Sci.,* **18**, 487-494 (2002).
9. Kim, J.Y., Park, S.R., Shin, J.A., Chun, J.Y., Lee, S.J., Yeon, J.Y., Lee, W.Y., Lee, K.T., β-Carotene and retinol contents in *bap, guk* (tang) and *jjigae* of eat-out korean foods. *J. Korean Soc. Food Nutr.,* **42**, 1958-1965 (2013).
10. Kim, G.P., Lee, J., Ahn, K.G., Hwang, Y.S., Choi, Y., Chun, J., Chang, W.S., Choung, M.G., Differential responses of B vitamins in black soybean seeds. *Food Chem.,* **153**, 101-108 (2014).
11. MFDS. Korea Food Code. Ministry of Food and Drug Safety, Chungbuk, Korea. p 10.1.73-10.1.86 (2011).
12. Kim, S.E., Kim, J.H., Lee, S.W., Lee, M.J., A study of roast-

ing conditions on benzo[a]pyrene content in coffee beans. *J. Korean Soc. Food. Sci. Nutr.,* **42**, 134-138 (2013).
13. Kim, G.P., Hwang, Y.S., Choung, M.G., Analysis of water soluble vitamin B_1, B_2, and B_3 Contents in Korean Traditional Holiday Foods. *J. Korean Soc. Food. Sci. Nutr.,* **46**, 944-951 (2017).
14. Dwivedi, B.K., Arnold, R.G., Chemistry of thiamin degradation in food products and model systems. Review. *J. Agric. food Chem.,* **21**, 54-60 (1973).
15. Hur, J.Y., Hwang, I.K., The stability of water-soluble and fat-soluble vitamins in milk by heat treatments. *Korean J. Soc. Food Cookery Sci.,* **18**, 487-494 (2002).
16. Chung, H.K., Yoon, K.S., Woo, N., Effects of cooking method on the vitamin and mineral contents in frequently used vegetables. *Korean J. Food Cook. Sci.,* **32**, 270-278 (2016).
17. Hoppel, C., Dimarco, J.P., Tandler, B., Riboflavin and rat hepatic cell structure and function, mitocondrial oxidative metabolism in deficiency states. *J. Biol. Chem.,* **254**, 4164-4170 (1979).
18. Shaw, J.H., Phillips, P.H., The pathology of riboflavin deficiency in the rat. *J. Nutr.,* **22**, 345-358 (1941).
19. Bruhlmann, U., Hayon, E., One-electron redox reaction of water soluble vitamins. I. Nicotinamide (vitamin B_5) and related compounds. *J. Am. Chem. Soc.,* **96**, 6169-6175 (1974).
20. Williams, A., Ramsden, D., Nicotinamide: A double edged sword. *Parkinsonism Relat. D.,* **11**, 413-420 (2005).