pISSN 1229-1153 / eISSN 2465-9223 *J. Food Hyg. Saf.*
Vol. 36, No. 2, pp. 204~212 (2021)
https://doi.org/10.13103/JFHS.2021.36.2.204

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

국내에서 섭취되는 고기류, 곡류, 면류에 존재하는 수용성 비타민 B군(B_1, B_2, B_3, B_7)의 함량 분석

홍성준[1] · 부창국[1] · 허성욱[1] · 조성민[1] · 윤소정[1] · 정향연[1] · 신의철[1,2]*
[1]경상국립대학교 식품과학부, [2]경상국립대학교 식품감각인지연구소

Analyses of Water-Soluble Vitamin (B_1, B_2, B_3, and B_7) Contents in Meat, Cereal, and Noodle Products Consumed in Korea

Seong Jun Hong[1], Chang Guk Boo[1], Seong Uk Heo[1], Sung Min Cho[1], So Jeong Yoon[1], Hyang Yun Jeong[1], Eui-Cheol Shin[1,2]*
[1]*Department of Food Science, Gyeongsang National University, Jinju, Korea*
[2]*Institute for Food Sensory & Cognitive Science, Gyeongsang National University, Jinju, Korea*

(Received March 3, 2021/Revised March 14, 2021/Accepted April 2, 2021)

ABSTRACT - In this study, we investigated the water-soluble vitamins (B_1, B_2, B_3, and B_7) found in meat, cereal and noodle products consumed in Korea. In case of meat products, the contents of B_1 ranged from 0.039 to 0.295 mg/100 g, while that of B_2 ranged from 0.029 to 0.327 mg/100 g. In addition, B_3 ranged from 0.158 to 3.183 mg/100 g and B_7 ranged from 0.812 to 2.588 μg/100 g. In case of cereal products, the contents of B_1 ranged from 0.069 to 0.097 mg/100 g, and B_2 ranged from 0.008 to 0.100 mg/100 g. Also in cereals, B_3 ranged from 0.092 to 0.709 mg/100 g and B_7 ranged from 0.814 to 8.918 μg/100 g. In case of noodle products, the contents of B_1 ranged from 0.057 to 0.128 mg/100 g and B_2 ranged from 0.008 to 0.048 mg/100 g. B_3 ranged from 0.022 to 6.537 mg/100 g, and B_7 ranged from 0.474 to 3.067 μg/100 g. The data from this study on soluble vitamins found in meat, grain, and noodle products can be used as a basic nutritional database.

Key words : Meats, Cereals, Noodles, Water-soluble vitamins, Database

비타민은 신진대사 및 성장에 관여하는 중요 물질 중 하나로, 체내에서 충분히 합성되지 않아 외부(식품 등)로부터 공급받아야 한다. 일반적으로 비타민은 생체 내 생리작용을 조절하는 영양소이며, 항암 및 노화방지와 같은 대사활동에 도움을 준다[1]. 수용성과 지용성 비타민은 비타민의 용해도에 따라서 분류되며, 이 중 수용성 비타민은 친수성이라는 특성을 가지고 있으며, 체내 축적이 이루어지지지 않아 매일 섭취가 필요한 비타민이다[1,2].

수용성 비타민 중 가장 먼저 발견된 비타민인 비타민 B_1은 thiamin monophosphate (TMP), thiamin diphosphate (TDP), 그리고 thiamin triphosphate (TTP)와 같은 인산 에스테르 형태로 존재하고, thiamin이라고 불린다[1,3]. 비타민 B_1은 체내 소화기능, 식욕, 그리고 신경기능 조절과 같은 당질대사 및 효소활성에 관여하고, 열에 불안정하여 높은 온도의 조리과정에서 쉽게 파괴되는 특징을 가지고 있다[4,5]. 비타민 B_1은 결핍 시 다양한 결핍증을 초래할 수 있는데, 대표적으로 소화기능 약화, 식욕 부진, 그리고 여러 가지 신경기능 조절에 저해를 유발시키는 것으로 알려져 있다[2].

비타민 B_2는 비타민 B군 중 두 번째로 보고된 비타민으로써, 리보플라빈(riboflavin)이라고 불린다. Riboflavin은 B_1에 비해 상대적으로 열에 안정성을 가지지만 자외선 및 알칼리의 환경에서 불안정하여 쉽게 분해될 수 있다. 이로 인해 riboflavin의 추출은 약산성의 환경에서 자외선을 차단하여 실시된다[1]. Riboflavin은 성장촉진을 야기시키는 성장인자로서 체내 산화·환원 작용 및 구강 점막을 보호하는 효과를 가지고 있다. 이러한 riboflavin의 결핍은 구내염과 성장 장애를 야기할 수 있다[6].

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

Copyright © The Korean Society of Food Hygiene and Safety. All rights reserved. The Journal of Food Hygiene and Safety is an Open-Access journal distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution,and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

비타민 B_3는 니코틴산(nicotinic acid)과 니코틴 아마이드(nicotinicamide)의 통칭이며, 나이아신(niacin)이라고 불린다. Niacin은 생체 내 nicotinamide adenine dinucleotide phosphate 및 nicotinamide adenine dinucleotide와 같은 형태로 발견되며, 탈수소 반응(dehydrogenation) 관여, 콜레스테롤 함량 감소, 그리고 혈액순환을 촉진시키는 산화·환원효소의 조효소 역할을 하는 것으로 알려져 있다[3]. Niacin 결핍은 피부병 중 하나인 흑설병을 야기시키는 펠라그라(pellagra) 증상을 유발시킬 수 있고, 점막 손상을 발생시켜 인체 내 피부건강에 악영향을 유발시킬 수 있다[2,7].

비타민 B_7이라 불리는 biotin은 다양한 식품을 통해 섭취할 수 있고, 체내 장내세균에 의해 합성이 되어 앞선 수용성 비타민들과는 달리 단순 결핍 증상은 크게 발생하지 않는다. 이는 체내 biotin 회로를 통해 biotin을 재사용 할 수 있기 때문이다. Biotin은 avidin 단백질과 결합하는 특징을 가지고 있으며, 이로 인해 biotin의 흡수가 방해될 수 있다[8]. Biotin의 생리작용은 머리카락, 피부, 손톱의 건강을 향상시키는 조효소의 역할을 하며 각종 대사증후군과 신경성 질환들에 대한 예방 효과를 가지고 있다[8].

수용성 비타민은 다양한 조리과정 및 저장과정에 의해 쉽게 손실되며, 이에 대한 미량영양소의 검토 및 조사 연구의 데이터베이스 구축이 요구되고 있는 실정이다[2]. 현재 국내 식품 중 밥류와 국(탕) 및 찌개류의 수용성 비타민 B_1, B_2, 그리고 B_3 함량에 대한 검토 연구[1], 국내 식품 중 구이, 찜, 볶음, 조림에 존재하는 수용성 비타민 B_1, B_2, 그리고 B_3 함량에 대한 조사 연구[2], 그리고 우리나라에서 소비되는 일부 농산식품의 biotin 함량에 대한 분석연구[8]가 보고되었지만, 국내에서 소비되는 다양한 종류의 식품에 대한 B_1, B_2, B_3, 그리고 B_7에 대한 종합적인 검토 연구는 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 국내에서 소비되는 고기류, 곡류, 그리고 면류에 대한 수용성 비타민(B_1, B_2, B_3, B_7)의 함량을 분석하였고, 이를 통해 4가지 종류의 수용성 비타민에 대한 기초자료를 제공하고자 한다.

Materials and Methods

실험재료

본 연구에서 사용된 시료의 선정은 국가실험실 관리시스템(national laboratory system, NLS)의 데이터베이스(database, DB) 구축을 위하여 식품의약품안전처와 영양성분분석연구팀으로 구성된 연구기관에서 진행하였다. 총 22종의 시료를 선정하였고, 고기류는 차돌박이(*Beef brisket*), 대창(*Beef tripe*), 막창(*Beef entrails*), 돼지껍데기(*Pork rinds*), 오겹살(Pork belly), 쭈구미삼겹살(*Webfoot octopus pork belly*), 닭봉(*Chicken drumstick*) 7종을, 곡류는 삼각김밥(*Triangular kimbap*), 쌀밥(*Boiled rice*), 죽(*Rice gruel*), 누룽지(*Scorched rice*), 쌀과자(*Rice bars*), 귀리밥(*Oat rice*), 오곡밥(*Five-grain rice*) 7종, 그리고 면류는 링귀니(*Linguine*), 파르팔레(*Farfalle*), 페투치니(*Fettucine*), 펜네(*Penne*), 분짜(*Bun-cha*), 팟타이(*Phat thai*), 스파게티니(Spaghettini), 볶음우동(*Stir-fried udon*) 8종으로 연구를 진행하였다.

수용성 비타민 thiamin, riboflavin, niacin, 그리고 biotin 분석에 사용된 표준시약은 각각 thiamin hydrochloride, riboflavin-5'-adenosine diphosphate (FAD), riboflavin-5'-phosphate (FMN), riboflavin, nicotinic acid와 nicotinamide, 그리고 biotin 표준품(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)이다. 추출용액 및 HPLC 분석에 사용된 시약(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)은 HPLC grade 혹은 이와 동등한 등급을 사용하였다.

시료 추출 및 전처리

고기류, 곡류, 그리고 면류에 함유되어 있는 thiamin과 niacin의 추출방법은 Kim 등[9] 방법을 이용하였다. Thiamin과 niacin은 균질화 된 시료 약 5 g에 5 mM sodium 1-hexanesulfonate (Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA) 용액 50 mL을 첨가하였고, 초음파 추출기(8510E-DTH, Branson, Danbury, CT, USA)를 이용하여 40°C에서 30분간 수용성 비타민을 추출하였다. 그 후 추출액을 15,000 ×g에서 10분간 원심분리하였고, 분리된 상층액을 0.45 μm syringe filter (Whatman Inc., Maidstone, UK)를 이용하여 여과시켰다. Syringe filter로 여과된 여과액을 분석용 시험용액으로 이용하였다.

Riboflavin은 Kim 등[9]의 방법을 이용하여 균질화 된 시료 약 5 g에 증류수 50 mL를 첨가하였고, 항온수조(SH-502, Seyoung Co., Incheon, Korea)를 이용하여 80°C에서 30분 동안 환류 추출을 진행하였다. 환류 추출을 통해 얻은 추출액은 15,000 ×g에서 10분간 원심분리를 진행하였고, 분리된 상층액을 0.45 μm syringe filter를 이용하여 여과시킨 후, 여과액을 분석용 시험 용액으로 이용하였다.

시료에 함유되어 있는 biotin의 함량은 Kwon 등[8]의 방법을 이용하여 균질화 된 시료 약 5 g에 0.15 M sodium phosphate buffer (pH 7) 용액 25 mL를 첨가하였고, autoclave (JSAT-65, JSR Co., Gongju, Korea)를 이용하여 121°C에서 25분간 추출하였다. 추출된 용액은 냉각 후 추출용액(0.15 M sodium phosphate buffer) 25 mL를 가한 후 원심분리를 진행하였다. 원심분리 후 여과지를 이용하여 여과시켰고, 추출용액에 함유되어 있는 biotin을 농축시키기 위해 냉장 보관된 immunoaffinity column (Easi-Extract Biotin, r-Biopharm, Glasgow, UK)을 이용하였다. 추출을 위해 immunoaffinity column은 농축 전 실온에서 약 30분 동안 방치하였고, 컬럼 내부에 존재하는 완충용액을 제거한 후 사용하였다. 앞선 일련의 과정 후 pH 7의 phosphate

Table 1. HPLC operating conditions for vitamin B_1, B_2, and B_3 analysis

Description	Vitamin B_1 and B_3	Vitamin B_2
Column temp.	40°C	40°C
Detector	UV (270 nm)	FLD (Ex=445 nm, Em=530 nm)
Mobile phase	A: 5 mM sodiμm 1-hexanesulfonate (acetic acid 0.75%, triethylamine 0.02%) B : 100% Methanol (MeOH)	10 mM NaH_2PO_4 (pH 5.5) : MeOH=75:25 (v/v)
Gradient condition	0 min : A 100% 8 min : A 100% 20 min : A 75% + B 25% 30 min : A 55% + B 45%, 31 min : A 100% 45 min : A 100%	Isocratic
Flow rate	0.8 mL/min	0.6 mL/min
Injection volume	20 μL	20 μL

buffer 5 mL를 이용하여 컬럼을 세척하였고, 추출용액 10 mL를 immunoaffinity column에 흡착되도록 진행하였다. 그리고 phosphate buffer 및 3차 증류수 5 mL를 순서대로 immunoaffinity column에 흘려주는 세척과정을 진행하였고, methanol 4 mL를 주입하여 컬럼에 흡착된 biotin을 용출시켰다. 용출과정이 끝난 후 질소농축기를 이용하여 용출액에 포함된 methanol을 제거하였고, 3차 증류수 0.5 mL를 이용하여 biotin을 재용해 및 추출시켰다. 시료 전처리를 위해 사용된 모든 시약은 HPLC grade 등급을 사용하였다.

HPLC를 이용한 수용성 비타민 분석

비타민 B_1과 B_3 (thiamin, niacin)의 함량 분석을 위해 HPLC/DAD (high performance liquid chromatography/diode array detector)시스템을 이용하였고, HPLC는 Agilent 1100 series HPLC (Agilent Co., Santa Clara, CA, USA)를 사용하였으며, 분석에 사용된 컬럼은 YMC-Pack ODS AM (250 mm×4.6 mm, 5 μm, YMC-Korea Co., Seongnam, Korea)이 이용되었다. 세부적인 HPLC 분석조건은 Table 1에 나타내었다[2].

비타민 B_2 (riboflavin)의 경우 HPLC/FLD (high performance liquid chromatography/fluorescence detector)를 이용하였고, Agilent 1100 HPLC system (Agilent Co., Santa Clara, CA, USA)을 이용하였다. 사용된 컬럼은 YMC-Pack Pro RS C_{18} (250 nm×4.6 mm, 5 μm, YMC-Korea Co., Seongnam, Korea)를 이용하였다. 세부적인 HPLC 분석조건은 Table 1에 나타내었다[2].

비타민 B_7 (biotin)의 분석을 위해 HPLC/DAD를 이용하였고, 200 nm의 파장으로 biotin을 검출하였다. HPLC는 Agilent 1260 infinity HPLC (Agilent Co., Santa Clara, CA, USA)를 이용하였다. 실험에 사용된 컬럼은 Kinetex Phenyl-Hexyl (150×4.6 mm, 2.6 μm, Phenomenex, Torrance, CA, USA)을 이용하였다. 자세한 HPLC 분석조건은 Table 2 나타내었다[8].

Table 2. HPLC condition and gradient condition of mobile phase for vitamin B_7 analysis

Instrument	HPLC (Agilent 1260 infinity)		
Column	Kinetex Phenyl-Hexyl (150 mm×4.6 mm, 2.6 μm, Phenomenex, Torrance, CA, USA)		
Column temp.	40°C		
Detector	UV 200 nm		
Injection volume	100 μL		
Flow rate	0.60 mL/min		
Mobile phase	0.1% Phosphoric acid, 100% Acetonitrile (ACN), 80% ACN		
Time (min)	0.1% Phosphoric acid (%)	100% ACN (%)	80% ACN (%)
0	90	10	0
18	90	10	0
21	0	0	100
26.5	0	0	100
29	90	10	0
38	90	10	0

비타민 B_1, B_2, 그리고 B_3의 함량

음료와 제과류에 존재하는 수용성 비타민 B_1, B_2, 그리고 B_3의 함량은 표준품을 이용하여 아래의 계산식을 이용하여 함량을 확인하였다.

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

S: 표준품의 농도(μg/mL)
a: 시험용액의 양(mL)
b: 시험용액의 희석배수

비타민 B_7의 함량

음료와 제과류에 존재하는 수용성 비타민 B_7의 함량은 표준품을 이용하여 아래의 계산식을 이용하여 함량을 확인하였다.

$$\text{Vitamin B 함량(mg/100 g)} = \frac{S \times a \times b}{\text{시료무게(g)}} \times 100$$

S: 표준품의 농도(μg/mL)
a: 시험용액의 양(mL)
b: 시험용액의 희석배수

통계 처리

본 연구에서 확인된 실험값은 평균값(Mean)과 표준편차(SD)를 통해 제시하였고, 각 샘플들이 가지는 평균값 간의 유의성은 SAS 9.4 (statistical analysis system, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) software를 이용하여 Tukey's multiple range test를 통해 유의성을 검증하였다 (P<0.05).

Results and Discussion

Vitamin B_1 함량

본 연구에서는 국내에서 소비되는 총 22종의 고기류, 곡류, 그리고 면류의 thiamin 함량을 분석하였고, 그 결과를 Table 3에 나타내었다. 고기류에서 확인된 thiamin의 함량은 0.039±0.003에서 0.295±0.029 mg/100 g의 범위를 나타내었다. 고기류 중 오겹살(Pork belly)과 쭈구미삼겹살(*Webfoot octopus pork belly*)에서 0.295±0.029 mg/100 g 및 0.095±0.007 mg/100 g으로 유의적으로 높은 함량을 나타내었고(P<0.05), 나머지 고기류들 사이에는 유의적인 차이가 나타나지 않았다(P>0.05). 곡류의 경우 귀리밥(*Oat rice*)에서 0.097±0.008 mg/100 g으로 유의적으로 가장 높은 함량을 나타내었고(P<0.05), 대부분의 시료에서 thiamin이 검출되지 않았다. 반면에 면류의 경우 모든 시료에서 thiamin이 검출되었다. 면류 중 펜네(*Penne*)가 유의적으로 가장 높은 함량을 나타내었지만(P<0.05), 펜네(*Penne*)를 제외한 면류들의 thiamin 함량은 유의적인 차이가 발생하지 않았다(P>0.05).

Thiamin은 고기의 종류에 따라 그 함량에 차이가 나타나는 것으로 알려져 있다. 일반적으로 돼지고기의 thiamin 함량은 다른 고기에 비해 높은 함량을 나타낸다고 보고되었다[10]. 본 연구에서도 돼지고기인 오겹살과 삼겹살이 함유된 식품에서 다른 고기가 포함된 식품에 비해 대체적으로 높은 함량을 나타내었다. 하지만 돼지껍데기(*Pork rinds*)의 경우 소와 닭으로 만들어진 고기류와 유의적인 차이가 발생하지 않았다(P>0.05). 고기류에 함유된 thiamin 함량은 사육 방법, 비육 정도, 그리고 고기 부위 등에 따라 차이가 나타나며[10], 최근 Cho 등[2]의 연구에서 돼지고기 구이와 돼지갈비찜에서 각각 0.707±0.119 mg/100 g 및 0.060±0.004 mg/100 g의 thiamin 함량을 확인하였다. 본 연구에서는 흰쌀로 만든 식품 및 가공품 대부분에서 thiamin이 검출되지 않았다. 일반적으로 thiamin은 많은 곡류에서 발견되지만 도정과정에 의해 쌀겨가 제거되어 thiamin이 발견되지 않을 수 있다[1]. 본 연구에서도 귀리밥과 오곡밥에서는 thiamin이 발견되었지만, 쌀밥 및 쌀로 만든 가공품들에서 대체적으로 thiamin이 검출되지 않았다. Jeon 등[11]

Table 3. Thiamin contents in meat, creal and noodle products

Samples		Thiamin (mg/100 g)
Meat products	Beef brisket	0.044±0.003[c1)]
	Beef tripe	0.065±0.003[bc]
	Beef entrails	0.052±0.003[c]
	Pork rinds	0.039±0.003[c]
	Pork belly	0.295±0.029[a]
	Webfoot octopus pork belly	0.095±0.007[b]
	Chicken drumstick	0.049±0.004[c]
Cereal products	Triangular kimbap	N.D.[2)]
	Boiled rice	N.D.
	Rice gruel	N.D.
	Scorched rice	N.D.
	Rice bars	0.069±0.004[b]
	Oat rice	0.097±0.008[a]
	Five-grain rice	0.078±0.002[b]
Noodle products	Linguine	0.057±0.004[d]
	Farfalle	0.095±0.010[bc]
	Fettucine	0.101±0.002[bc]
	Penne	0.128±0.009[a]
	Bun-cha	0.100±0.010[bc]
	Phat thai	0.093±0.003[bc]
	Spaghettini	0.085±0.001[c]
	Stir-fried udong	0.110±0.006[b]

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

의 연구에서 총 10여 품종의 현미 및 현미를 도정하여 가공한 백미들의 thiamin 함량을 조사하였고, 모든 백미 시료들이 같은 품종의 현미보다 thiamin이 감소하는 경향을 보고하였다. 면류 제품들의 thiamin 결과는 대부분의 제품들에서 큰 차이가 발생하지 않았다. Cho 등[12]의 연구에서 비빔냉면에서는 thiamin이 검출되었지만, 물냉면에서는 thiamin이 검출되지 않았다. 이를 통해 면류 제품을 제조할 때 만드는 재료의 종류도 중요하지만, 제조 과정의 차이에 의해서도 thiamin 함량이 달라질 수 있다고 판단된다[12].

Vitamin B_2 함량

본 연구에서 국내에서 소비되는 총 22종의 고기류, 곡류, 그리고 면류 제품의 riboflavin 함량을 분석하였고, 해당 결과는 Table 4에 나타내었다. 고기류 제품의 비타민 B_2 중 FAD는 오겹살(Pork belly)에서 유의적으로 가장 높은 함량을 나타내었고(P<0.05), 돼지껍데기(*Pork rinds*)에서 가장 낮은 함량을 나타내었다(P>0.05). 곡류의 경우 삼각김밥(*Triangular kimbap*)에서 유의적으로 가장 높은 함량을 나타내었고(P<0.05), 쌀로 만든 제품들에서 귀리밥(*Oat rice*) 및 오곡밥(*Five-grain rice*)에 비해 상대적으로 낮은 함량을 나타내었다(P>0.05). 그리고 죽, 쌀죽(흰죽)에서는 FAD가 검출되지 않았다. 면류 제품의 경우 볶음우동(*Stir-fried udon*)에서 가장 높은 FAD 함량을 나타내었고(P<0.05), FAD가 검출된 나머지 면류 제품들 사이에는 유의적인 차이가 발견되지 않았다(P>0.05). 고기류에 함유된 FMN 함량의 경우 막창(*Beef entrails*)에서 가장 높은 함량을 나타내었고(P<0.05), 돼지껍데기(*Pork rinds*)에서 유의적으로 가장 낮은 함량을 나타내었다(P<0.05). 곡류의 FMN은 삼각김밥(*Triangular kimbap*)에서 유의적으로 가장 높은 함량을 나타내었고(P<0.05), FMN이 검출된 시료들 중 쌀밥(*Boiled rice*), 귀리밥(*Oat rice*), 그리고 오곡밥(*Five-grain rice*)이 유의적으로 가장 낮은 함량을 나타내었다(P<0.05). 면류 제품들 중 팟타이(*Phat thai*), 볶음우동(*Stir-fried udon*), 그리고 분짜(*Bun-cha*)에서 높은 함량을 나타

Table 4. Riboflavin contents in meat, creal and noodle products

Samples		Content (mg/100 g)			
		FAD	FMN	Riboflavin	Total
Meat products	Beef brisket	0.167±0.008^{b} [1)]	0.037±0.003^{e}	0.005±0.001^{e}	0.209±0.005^{c}
	Beef tripe	0.097±0.009^{d}	0.071±0.004^{c}	0.017±0.001^{c}	0.184±0.007^{d}
	Beef entrails	0.130±0.010^{c}	0.161±0.003^{a}	0.035±0.001^{a}	0.327±0.007^{a}
	Pork rinds	0.005±0.001^{e}	0.016±0.003^{f}	0.009±0.001^{d}	0.029±0.001^{f}
	Pork belly	0.196±0.013^{a}	0.088±0.004^{b}	0.019±0.001^{c}	0.303±0.010^{b}
	Webfoot octopus pork belly	0.027±0.009^{e}	0.052±0.004^{d}	0.037±0.001^{a}	0.116±0.007^{e}
	Chicken drumstick	0.142±0.004^{c}	0.042±0.002^{e}	0.023±0.000^{b}	0.207±0.003^{c}
Cereal products	Triangular kimbap	0.046±0.001^{a}	0.049±0.002^{a}	0.005±0.000^{b}	0.100±0.001^{a}
	Boiled rice	0.004±0.000^{cd}	0.003±0.000^{c}	0.001±0.000^{cd}	0.008±0.000^{f}
	Rice gruel	N.D.[2)]	N.D.	N.D.	N.D.
	Scorched rice	0.003±0.001^{d}	0.015±0.003^{b}	0.002±0.001^{c}	0.021±0.001^{c}
	Rice bars	0.007±0.001^{b}	0.011±0.002^{b}	0.007±0.001^{a}	0.025±0.000^{b}
	Oat rice	0.008±0.000^{b}	0.004±0.000^{c}	0.002±0.000^{c}	0.015±0.000^{d}
	Five-grain rice	0.006±0.001^{bc}	0.004±0.001^{c}	0.002±0.000^{c}	0.012±0.001^{e}
Noodle products	Linguine	0.003±0.001^{bc}	0.002±0.001^{c}	0.004±0.001^{d}	0.009±0.001^{c}
	Farfalle	0.005±0.000^{bc}	0.001±0.000^{c}	0.003±0.000^{d}	0.009±0.001^{c}
	Fettucine	0.006±0.001^{b}	0.002±0.000^{c}	0.003±0.000^{d}	0.011±0.001^{c}
	Penne	0.005±0.001^{bc}	0.001±0.000^{c}	0.003±0.000^{d}	0.009±0.001^{c}
	Bun-cha	N.D.	0.007±0.001^{b}	0.034±0.001^{a}	0.041±0.000^{b}
	Phat thai	N.D.	0.024±0.002^{a}	0.024±0.000^{b}	0.048±0.002^{a}
	Spaghettini	0.004±0.001^{bc}	0.001±0.000^{c}	0.003±0.000^{d}	0.008±0.001^{c}
	Stir-fried udong	0.023±0.004^{a}	0.009±0.002^{b}	0.006±0.001^{c}	0.038±0.003^{b}

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

내었고(P<0.05), 나머지 시료들 간에는 유의적인 차이가 발생하지 않았다(P>0.05). Riboflavin은 모든 고기류 제품에서 발견되었으며, 이 중 쭈구미삼겹살(*Webfoot octopus pork belly*)과 막창(*Beef entrails*)에서 가장 높은 함량을 나타내었다(P<0.05). 그리고 차돌박이(*Beef brisket*)에서 가장 낮은 riboflavin 함량이 확인되었다(P<0.05). 곡류의 riboflavin 함량은 쌀과자에서 가장 높은 함량을 나타내었고(P<0.05), 쌀밥에서 가장 낮은 함량을 나타내었다(P<0.05). 면류 제품들 중 분짜(*Bun-cha*)가 유의적으로 가장 높은 함량을 나타내었고(P<0.05), 대부분의 제품들에서 분짜(*Bun-cha*)와 팟타이(*Phat thai*)에 비해 미량의 riboflavin이 검출되었다. 전체 B_2의 함량은 막창(*Beef entrails*)과 오겹살(Pork belly)에서 고기류 제품들 중 유의적으로 가장 높은 함량을 나타내었고(P<0.05), 곡류 제품들 중 삼각김밥(*Triangular kimbap*)이 유의적으로 가장 높은 함량을 나타내었다(P<0.05). 면류 제품의 경우 팟타이(*Phat thai*)가 유의적으로 가장 높은 함량을 나타내었다(P<0.05).

Riboflavin은 thiamin에 비해 고온에서 상대적으로 높은 안정성을 가지고 있지만, 가시광선 및 알칼리 노출과 같은 환경에서 쉽게 분해되는 특징을 가지고 있다[1]. 그리고 riboflavin은 pH 5.0 이하의 산성영역에서 FAD와 FMN으로부터 쉽게 전환된다고 보고되어 있다[1]. 본 연구에서 발견된 각 그룹별 총 B_2의 함량은 높은 FAD 및 FMN의 함량에 의해 기인되었다고 판단된다. Cho 등[2]의 연구에서도 쌀류 및 면류에서 총 B_2의 함량은 높은 FAD 및 FMN의 함량과 상관관계를 나타내었고, 고기류에서는 대체적으로 낮은 riboflavin의 함량에 비해 FAD 및 FMN의 함량이 높은 경향을 나타내었다. 이를 통해 총 B_2의 함량이 높게 발견되곤 했다. FAD 및 FMN은 지방질대사와 같은 생리작용에 관여하는 비타민으로서 결핍 시 지방산의 산화가 저해될 수 있다. 그리고 간의 중성지방의 축적이 증가하여 혈청 및 간의 리놀레산, 리놀렌산, 그리고 아라키돈산의 농도가 감소하여 많은 부작용을 야기시킬 수 있다[1].

Vitamin B_3 함량

본 연구에서는 국내에서 소비되는 총 22종의 고기류, 곡류, 그리고 면류 제품의 niacin의 함량을 분석하였고, 해당 결과는 Table 5에 나타내었다. 고기류 제품의 nicotinic acid는 막창(*Beef entrails*)에서 유의적으로 가장 높은 함량을 나타내었고(P<0.05), 오겹살(Pork belly)과 닭봉(*Chicken drumstick*)에서 유의적으로 가장 낮은 함량을 나타내었다(P<0.05). 곡류 제품의 nicotinic acid는 삼각김밥(*Triangular kimbap*)을 제외한 모든 시료에서 검출되었고, 쌀밥(*Boiled rice*)과 귀리밥(*Oat rice*)에서 유의적으로 가장 높은 함량을 나타내었다(P<0.05). 그리고 쌀죽(흰죽)에서 유의적으로 가장 낮은 함량을 나타내었다(P<0.05). 면류 제품의 경우 링귀니(*Linguine*), 스파게티니(Spaghettini), 그리고 볶음우동(*Stir-fried udon*)에서만 nicotinic acid가 검출되었다. Nicotinic acid가 검출된 시료 중 링귀니(*Linguine*)에서 유의적으로 가장 높은 함량이 검출되었고(P<0.05). 그리고 스파게티니(Spaghettini)에서 유의적으로 가장 낮은 함량을 검출되었다(P<0.05). 고기류 제품에서 발견된 nicotinamide의 함량은 닭봉(*Chicken drumstick*)에서 가장 높은 함량을 나타내었고(P<0.05), 막창(*Beef entrails*)에서 가장 낮은 함량을 나타내었다(P<0.05). 곡류 제품은 고기류 제품과 달리 대부분의 시료들에서 니코틴 아마이드가 검출되지 않았고, 전체 제품들 중 삼각김밥(*Triangular kimbap*), 쌀과자(*Rice bars*), 그리고 오곡밥(*Five-grain rice*) 순으로 nicotinamide 함량이 확인되었다((*P*<0.05). 면류 제품에 함유된 니코틴 아미이드 함량은 파르팔레(*Farfalle*), 그리고 펜네(*Penne*)에서 유의적으로 가장 높은 함량을 나타내었고(P<0.05), 분짜(*Bun-cha*)에서 유의적으로 가장 낮은 함량을 나타내었다(P<0.05). Niacin 함량은 고기류 제품 중 닭봉(*Chicken drumstick*)에서 유의적으로 가장 높은 함량이 검출되었고(P<0.05), 돼지껍데기(*Pork rinds*)에서 가장 낮은 함량이 검출되었다(P<0.05). 곡류 제품의 경우 삼각김밥(*Triangular kimbap*)에서 유의적으로 가장 높은 함량이 검출되었고(P<0.05), 죽(*Rice gruel*)에서 유의적으로 가장 낮은 함량이 검출되었다(P<0.05). 면류 제품의 niacin은 볶음 우동에서 유의적으로 가장 높은 함량을 나타내었고(P<0.05), 분짜(*Bun-cha*)에서 유의적으로 가장 낮은 함량을 나타내었다(P<0.05).

Niacin은 헤테로고리 피리미딘 링의 구조를 나타내며, 높은 안정성으로 인해 외부 환경에 대한 손실률이 낮은 것으로 보고되어져 있다. 이는 식품 내 산화를 유도시키는 물질인 자유라디칼 생성 물질과 riboflavin 및 강력한 산화제 역할을 하는 기타 식품성분들과 먼저 산화 반응을 진행한다. 그 후 niacin과 자유라디칼 생성물질 사이의 산화 반응이 진행되어 niacin의 손실률을 매우 낮은 것으로 알려져 있다[1]. 본 연구에서 확인된 고기류 및 면류 제품의 niacin 함량은 nicotin amide의 함량으로 인해 niacin 함량의 유의적인 변화를 발생시켰다고 판단된다. 앞선 연구들에서도 고기류 및 면류에서 확인된 niacin은 함량은 대체적으로 높은 nicotin amide의 함량으로 인해 높은 전체적으로 높은 niacin 함량을 나타내었다[1,2]. 그리고 Cho 등[2]의 연구에서 확인된 대부분의 고기류의 niacin 함량은 다른 문헌들에서 보고된 곡류 및 면류의 niacin 함량보다 대체적으로 높은 함량을 나타내었다[1-3].

Vitamin B_7 함량

본 연구에서 국내에서 소비되는 총 22종의 고기류, 곡류, 그리고 면류 제품의 biotin 함량을 분석하였고, 그 결과는 Table 6에 나타내었다. 고기류에 함유된 biotin은 닭봉(*Chicken drumstick*) 에서 유의적으로 가장 높은 함량을

Table 5. Niacin contents in meat, creal and noodle products

Samples		Content (mg/100 g)		
		Nicotinic acid	Nicotinamide	Total
Meat products	Beef brisket	0.533±0.033^{c}[1)]	2.173±0.035^{b}	2.707±0.007^{b}
	Beef tripe	0.461±0.038^{d}	0.200±0.011^{c}	0.661±0.036^{d}
	Beef entrails	0.993±0.018^{a}	0.133±0.015^{c}	1.125±0.015^{c}
	Pork rinds	0.158±0.011^{e}	N.D.[2)]	0.158±0.011^{e}
	Pork belly	0.167±0.010^{e}	2.342±0.254^{b}	2.509±0.254^{b}
	Webfoot octopus pork belly	0.674±0.022^{b}	N.D.	0.674±0.022^{d}
	Chicken drumstick	0.198±0.013^{e}	2.985±0.129^{a}	3.183±0.132^{a}
Cereal products	Triangular kimbap	N.D.	0.709±0.050^{a}	0.709±0.050^{a}
	Boiled rice	0.536±0.013^{a}	N.D.	0.536±0.013^{b}
	Rice gruel	0.092±0.009^{d}	N.D.	0.092±0.009^{d}
	Scorched rice	0.299±0.009^{b}	N.D.	0.299±0.009^{c}
	Rice bars	0.296±0.002^{b}	0.245±0.019^{b}	0.541±0.017^{b}
	Oat rice	0.562±0.021^{a}	N.D.	0.562±0.021^{b}
	Five-grain rice	0.198±0.009^{e}	0.092±0.003^{c}	0.290±0.007^{c}
Noodle products	Linguine	0.127±0.001^{a}	3.163±0.039^{cd}	3.290±0.038^{bc}
	Farfalle	N.D.	3.580±0.060^{b}	3.580±0.060^{b}
	Fettucine	N.D.	1.627±0.054^{e}	1.627±0.054^{d}
	Penne	N.D.	3.426±0.011^{bc}	3.426±0.011^{b}
	Bun-cha	N.D.	0.022±0.001^{f}	0.022±0.001^{e}
	Phat thai	N.D.	3.000±0.080^{d}	3.000±0.080^{c}
	Spaghettini	0.065±0.005^{c}	1.661±0.010^{e}	1.726±0.013^{d}
	Stir-fried udong	0.079±0.010^{b}	6.458±0.289^{a}	6.537±0.283^{a}

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

나타내었고($P<0.05$), 반면 소고기류 제품(차돌박이, 대창, 막창)들에서 유의적으로 낮은 함량이 검출되었다($P<0.05$). 곡류에 함유된 biotin은 쌀밥에서 유의적으로 가장 높은 함량을 나타내었고($P<0.05$), 죽(*Rice gruel*)과 누룽지(*Scorched rice*)에서 유의적으로 가장 낮은 함량을 나타내었다($P<0.05$). 면류 속 함유된 biotin은 팟타이(*Phat thai*)에서 유의적으로 가장 높은 함량이 검출되었고($P<0.05$), 링귀니(*Linguine*)에서 유의적으로 가장 낮은 함량이 검출되었다($P<0.05$).

Biotin은 살아있는 생명체에서 모두 발견되며, 탄수화물, 아미노산, 그리고 지방 대사와 같은 기초대사에 중요한 역할을 한다[8)]. 본 연구에서 검출된 고기류의 biotin 함량은 식약처에서 지정한 1일 권장섭취량인 30 μg/100 g에 비해 훨씬 낮은 함량이 확인되었다[13)]. Oh 등[14)]은 특수용도식품에 존재하는 biotin의 함량을 보고하였다. Oh 등[14)]의 연구에서 면역친화성 컬럼의 적용은 시험용액에 대한 정제 및 농축효과로 인해서 전처리 과정을 개선하였고, 이러한 결과는 크로마토그램의 분리도에도 영향을 미치는 결과를 보였다. 극미량으로 주로 존재하는 biotin이 면역친화성 컬럼을 통해 HPLC를 이용하여 분석이 가능해졌음을 제시하였다. 이는 대부분의 식품에서 매우 낮은 biotin 함량이 검출되는 앞선 연구[13)]와 같은 양상을 나타낸다고 판단된다. 동물성 식품인 고기류 제품의 biotin은 biotin이 독립적으로 존재하는 것이 아닌 단백질과 복합체를 이루고 있어서 정확한 함량 분석의 어려움 때문에 미량의 biotin이 검출된 것일수도 있고[8)]. 또는 날고기가 아닌 제조공정을 통해 수용성 비타민인 biotin의 잔존율이 생고기에 비해 감소하여 낮은 함량이 확인될 수 있다[13)]. 곡류의 경우 시료 중 삼각김밥(*Triangular kimbap*)과 쌀밥(*Boiled rice*)에서 고기류에 비해 높은 biotin 함량을 확인하였고, 대부분의 곡류에서도 고기류에 비해 대체적으로 높은 함량을 나타내는 경향을 확인할 수 있었다. 앞선 Kwon 등[13)]의 연

Table 6. Biotin contents in meat, creal and noodle products

Samples		Biotin (μg/100 g)
Meat products	Beef brisket	0.812±0.069[d1)]
	Beef tripe	0.959±0.084[d]
	Beef entrails	0.942±0.050[d]
	Pork rinds	1.065±0.106[cd]
	Pork belly	1.519±0.123[b]
	Webfoot octopus pork belly	1.252±0.150[bc]
	Chicken drumstick	2.588±0.095[a]
Cereal products	Triangular kimbap	4.072±0.082[b]
	Boiled rice	8.918±0.115[a]
	Rice gruel	0.814±0.072[e]
	Scorched rice	0.816±0.084[e]
	Rice bars	N.D.[2)]
	Oat rice	2.429±0.110[c]
	Five-grain rice	1.082±0.097[d]
Noodle products	Linguine	0.474±0.031[c]
	Farfalle	0.647±0.056[b]
	Fettucine	N.D.
	Penne	N.D.
	Bun-cha	0.500±0.048[bc]
	Phat thai	3.067±0.072[a]
	Spaghettini	0.581±0.044[bc]
	Stir-fried udong	0.588±0.104[bc]

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

구에서 일부 곡류가 biotin 급원 식품으로써 가능성을 확인하였고, 대부분의 곡류들이 소고기 및 해산물에 비해 높은 biotin 함량을 확인하였다. 면류의 경우 팟타이에서 고기류에 비해 비교적 높은 함량을 나타내었지만, 팟타이를 제외한 제품들에서 고기류에 비해 비교적 낮은 함량을 확인하였다. 면류에 대한 biotin 함량의 기초 연구는 아직 부족한 실정이라 밀가루의 낮은 biotin 함량의 영향 때문에 본 연구의 결과가 발생하였는지 가공 공정에 의해 면류의 biotin 함량이 손실되어 낮은 함량을 나타내었는가에 대한 추가적인 연구가 필요하다고 판단된다. Kim 등[15)]의 연구에서 건강기능식품에 함유되어 있는 수용성비타민 B군에 대한 동시 분석을 통한 분석 시스템이 구축되어야 한다고 제시하였고[15)], Shin 등[16)]은 유통음료 및 액상차의 비타민 함량에 대한 연구보고에서 소비자들의 과도한 비타민 섭취에 대한 문제점을 제시하였고, 이러한 문제의 해결을 위해 소비자들을 위한 정확한 식품 내 비타민 함량에 대한 정보를 제시해야 한다고 주장하였다. 이에 본 연구는 고기류, 곡류, 그리고 면류에 존재하는 수용성 비타민 B군의 정보를 제시하고 이러한 연구가 국민식생활 개선에 도움이 되는 데이터베이스로의 활용에 도움이 될 것으로 확신한다.

Acknowledgments

본 연구는 2020년도 식품의약품안전처의 연구개발비(20162식생안087)로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

국문요약

본 연구는 국내 식생활의 기본적인 구성식단 중 하나인 고기류, 곡류, 그리고 면류에 함유되어 있는 수용성 비타민 B군(B_1, B_2, B_3, B_7)을 조사하였다. 본 연구에서 확인된 고기류의 B_1은 0.039-0.295 mg/100 g의 범위를 나타내었고, B_2는 0.029-0.327 mg/100 g의 범위를 나타내었다. B_3는 0.158-3.183 mg/100 g의 범위를 나타내었고, B_7은 0.812-2.588 μg/100 g 의 범위를 나타내었다. 곡류의 경우 B_1은 0.069-0.097 mg/100 g의 범위를 나타내었고 B_2는 0.008-0.100 mg/100 g의 범위를 나타내었다. B_3는 0.092-0.709 mg/100 g의 범위를 나타내었고, B_7은 0.814-8.918 μg/100 g의 범위를 나타내었다. 면류의 경우 B_1은 0.057-0.128 mg/100 g의 범위를 나타내었고, B_2는 0.008-0.048 mg/100 g의 범위를 나타내었다. B_3는 0.022-6.537 mg/100 g의 범위를 나타내었고, B_7은 0.474-3.067 μg/100 g의 범위를 나타내었다. 본 연구에서 확인된 고기류, 곡류, 그리고 면류에 수용성 비타민 함량은 영양성분 기초 데이터베이스 구축 연구로써 이용될 수 있다고 생각된다.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflict of interest.

ORCID

Seong Jun Hong https://orcid.org/0000-0001-6531-2564
Chang Guk Boo https://orcid.org/0000-0001-6444-3204
Seong Uk Heo https://orcid.org/0000-0003-3084-1284
Sung Min Cho https://orcid.org/0000-0003-1341-8759
So Jeong Yoon https://orcid.org/0000-0002-1896-1534
Hyang Yun Jeong https://orcid.org/0000-0003-4615-8447
Eui-Cheol Shin https://orcid.org/0000-0003-4243-4643

References

1. Kim, D.S., Kim, H.S., Hong, S.J., Cho, J.J., Choi, M.J., Heo,

S.U., Lee, J.K., 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. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.,* **50,** 362-370 (2018).
2. Cho, J.J., Hong, S.J., Boo, C.G., Jeong, Y.R., Jeong, C.H., Shin, E.C., 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. *J. Food Hyg. Saf.*, **34**, 454-462 (2019).
3. Yoon, J.M., Kim, N.E., Jeon, A.Y., Kwon, J.H., Lee, S.H., Choi, Y.M., Lee, J.S., Kim, Y.H., Comparison of extraction methods for the determination of vitamin B_1 and B_3 in foods. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **49**, 822-828 (2020).
4. 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).
5. Kwak, B.M., Kim, S.H., Kim, K.S., Lee, K.W., Anh, J.H., Jang, C.H., Comparison of vitamin A, E, B_1, B_2, contents in Korean cow's raw milk in Korea. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.*, **26**, 245-251 (2006).
6. el-Hazmi, M.A.F., Warsy, A.S., Riboflavin status in a Saudi population: A study in Riyadh. *Ann. Nutr. Metab.*, **31,** 253-258 (1987).
7. Lee, J.K., Hong, S.J., Cho, J.J., Boo, C.G., Kim, D.S., Shin, E.C., Peanut coffee: enhancement of nutritional, physico-chemical, and sensory characteristics in coffee brewed with conventional and high-oleic peanut extracts. *Foods,* **9**, 1664. (2020).
8. Kwon, J.H., Lee, S.H., Choi, Y.M., Kim, Y.H., Biotin analysis in selected agricultural foods consumed in Korea. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **48**, 1366-1372 (2019).
9. Kim, D.S., Kim, H.S., Hong, S.J., Cho, J.J., Lee, J., Shin, E.C., Comparison of the retention rates of thiamin, riboflavin, and niacin between normal and high-oleic peanuts after roasting. *Appl. Biol. Chem.*, **61,** 449-458 (2018).
10. Yang, S.J., Kang, C.H., Yang, J.B., Jung, I.C., Moon, Y.H., Effects of feeding dietary tangerine byproduct for a long time on chemical compositions of loin for crossbred pig. *J. East Asian Soc. Diet. Life*, **16**, 186-191 (2006).
11. Jeon, J.S., Lee, S.H,. Choi, Y.M., Choung, M.G., Contents of water-soluble vitamins as thiamine, riboflavin, and niacin in husked and milled rice of Korean new bred cultivars. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 2020. **49**, 961-968 (2020).
12. Cho, J.J., Hong, S.J., Boo, C.G., Shin, E.C., Investigation of water-soluble vitamin (B_1, B_2, and B_3) contents in rice, noodles, and sauces. *J. Food Hyg. Saf.* **35**, 398-410 (2020).
13. Kwon, J.H., Chun, W.Y., Lee, S.H., Choi, Y.M., Kim, Y.H., Monitoring of biotin content in frequently consumed foods in Korea. *J. Korean Soc. Food Cult.,* **35**, 278-284 (2020).
14. Oh, B.Y., Ye, M.J., Hu, S.J., Lee, H.Y., Bang, S.J. Determination of vitamin B_{12} and biotin in foods for special dietary uses with immunoaffinity column. *J. Food Hyg. Saf.,* **35**, 252-260 (2020).
15. Kim, S.H., Kim, J.H., Lee, H.J., Oh, J.M., Lee, S.H., Bahn, K.N., Seo, I.W., Lee, Y.J., Lee, J.H., Kang, T.S. Simultaneous determination of water soluble vitamins B group in health functional foods etc. by HPLC. *J. Food Hyg. Saf.,* **30**, 143-149 (2015).
16. Shin, Y., Kim, S.D., Kim B.S., Yun, E.S., Chang, M.S., Jung, S.O., Lee, Y.C., Kim, J.H., Chae, Y.Z. The content of minerals and vitamins in commercial beverages and liquid teas. *J. Food Hyg. Saf.,* **26**, 322-329 (2011).