음료류와 제과류의 수용성 비타민 B₁, B₂, B₃ 및 B₇ 함량 검토

부창국¹ · 조성민¹ · 정향연¹ · 윤소정¹ · 홍성준¹ · 허성욱¹ · 김영화² · 신의철¹

¹경상국립대학교 식품과학부/식품감각인지연구소

²경성대학교 식품응용공학부

Investigation of Water-Soluble Vitamin (B₁, B₂, B₃, and B₇) Contents in Beverages and Confectionery

Chang-Guk Boo¹, Sung Min Cho¹, Hyang Yun Jeong¹, So Jeong Yoon¹, Seong Jun Hong¹,
Seong Uk Heo¹, Younghwa Kim², and Eui-Cheol Shin¹

¹Department of Food Science/Institute for Food Sensory & Cognitive Science, Gyeongsang National University

²School of Food Biotechnology and Nutrition, Kyungshung University

ABSTRACT In this study, vitamins B₁ (thiamin), B₂ (riboflavin), B₃ (niacin), and B₇ (biotin) content in 13 kinds of beverages containing coffee, and 13 kinds of confectionery were investigated. Results were confirmed using standard reference materials to verify the reliability and accuracy of the experimental results. Beverages and coffee products included thiamin (0.111~2.210 mg/100 g), riboflavin (0.003~0.163 mg/100 g), niacin (0.033~7.646 mg/100 g), and biotin (0.481~3.413 µg/100 g). Among these beverages, green tea latte had the highest content of thiamin, and riboflavin, coffee, and mixed milk coffee had the highest content of niacin, and raw strawberry milk had the highest content of biotin. Confectionery contained thiamin (0.068~0.509 mg/100 g), riboflavin (0.018~0.556 mg/100 g), niacin (0.318~3.854 mg/100 g), and biotin (0.760~5.797 µg/100 g). Whole wheat bread had the highest content of thiamin, macarons and takuwaz had the highest content of riboflavin, buttered bread had the highest content of niacin, and takuwaz had the highest content of biotin.

Key words: thiamin, riboflavin, niacin, biotin, water-soluble vitamins

서론

비타민은 신진대사, 고등동물의 성장에 필요한 미량원소로 체내에서는 합성이 되지 않으며 필요한 만큼 충분히 합성되지 않아서, 필요한 양을 얻기 위해서는 식품으로부터 공급받아야 하는 필수 성분이다(Kim 등, 2018). 비타민은 영양성분으로 작용하지 않지만 체내 대사 조절작용을 통해서 노화 방지와 항암효과, 대사활동에 도움을 주며, 특히 한국인에게 수용성 비타민은 식품으로부터 충분히 공급받을 수 있는 중요한 영양소이다(Kim과 Na, 2001; Kim 등, 2018).

수용성 비타민은 재료 손질을 위한 씻고 데치는 과정에서 큰 손실이 발생하며 보관과정에서도 손실이 발생한다. 일반적으로 지용성 비타민이 수용성 비타민보다 열에 대한 안정

성이 높은 것으로 알려져 있다. 그래서 수용성 비타민은 식품 안에 매우 낮은 함량으로 존재한다(Hur와 Hwang, 2002). 수용성 비타민과 지용성 비타민의 구분은 용해도에 따르는데, 수용성 비타민 중 먼저 발견된 비타민 B₁(thiamin, 티아민)은 세포 표면의 삼투압 농도 유지, 신경전달물질 합성 및 포도당 대사에 중요한 역할을 하며 곡물, 정육, 생선, 콩 등이 주요 급원식품이다(Kim 등, 2018; Kim 등, 2013). 비타민 B₁의 결핍은 식욕 부진, 소화기능 약화, 그리고 각종 신경기능 조절에 저해를 일으킨다(Cho 등, 2019). 비타민 B₂(riboflavin, 리보플라빈)는 산화-환원 반응의 촉매 역할 및 체내에서 여러 대사과정에 관여하는 필수적인 조효소로 작용한다(Kwon 등, 2020). 비타민 B₂의 결핍은 성장기 아동에게 성장 장애, 설염, 구내염과 구각염을 일으킨다고 알

Received 28 January 2021; Revised 27 April 2021; Accepted 3 May 2021

Corresponding author: Eui-Cheol Shin, Department of Food Science, Gyeongsang National University, 33, Dongjin-ro, Jinju-si, Gyeongnam 52725, Korea, E-mail: eshin@gnu.ac.kr

Author information: Chang-Guk Boo (Graduate student), Sung Min Cho (Student), Hyang Yun Jeong (Student), So Jeong Yoon (Student), Seong Jun Hong (Graduate student), Seong Uk Heo (Student), Younghwa Kim (Professor), Eui-Cheol Shin (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.

려져 있다(Ei-Hazmi와 Warsy, 1987). 비타민 B₃(niacin, 니아신)는 nicotinic acid와 nicotinamide의 유도체로 열량소의 산화-환원 작용의 역할과 말초혈관을 확장하여 혈액순환을 촉진하고, 결핍 시에는 펠라그라(pellagra disease)라는 피부병, 흑설병 및 점막 손상에 위험성이 있다고 알려져 있다(Cho 등, 2019; Yoon 등, 2019). 비타민 B₇(biotin, 바이오틴)은 비타민 H라고 불리며 수용성 비타민으로 여러 가지 식품에 함유되어 있고 체내 장내세균에 의해 합성이 이루어진다. 그리고 체내 바이오틴 회로를 통해 재사용될 수 있기 때문에 단순 결핍 증상은 거의 일어나지 않는다고 알려져 있다(Pacheco-Alvarez 등, 2002). 비타민 B₇의 주요 급원 식품은 두류, 난황, 견과류, 버섯 등이 있고 대부분의 식품에 미량으로 존재하고 있으며, 결핍으로 인한 증상은 성장 저하, 피부염, 탈모증, 우울증 등을 일으킨다고 알려져 있다(McMahon, 2002; Lee 등, 2018b). 비타민의 기능성에 대한 여러 가지 연구가 이루어지고 있지만, 복잡하고 다양한 조리과정에 의한 비타민 잔존율에 대한 연구는 다소 부족한 실정이다(Lee 등, 2005). 100°C 이상의 열처리 과정에서 불안정한 티아민의 경우 다른 수용성 비타민보다 상대적으로 낮은 잔존율을 보이며, 열처리 과정에서 상대적으로 안정성을 가진 리보플라빈은 알칼리 환경이나 자외선 노출에 낮은 잔존율을 보인다(Kim 등, 2018; Ahn, 1999). 그리고 니아신은 산과 알칼리 용액에서 쉽게 분해되는 문제점을 가지고 있지만, 티아민과 리보플라빈보다는 더 높은 잔존율을 보인다(Kim 등, 2018; Ahn, 1999). 알칼리 용액과 산화제에 불안정한 바이오틴은 열과 광선 및 산에 안정적이고 뜨거운 물에 잘 용해되며 제조과정 중 손실이 적은 것으로 알려져 있다(Lee 등, 2018b). 앞으로도 다양한 조리과정을 통해 발생하는 영양성분의 변화에 대한 연구가 지속해서 이루어져야 할 것이며, 이에 관한 식품영양성분 데이터베이스를 구축하기 위한 노력도 요구되고 있다(Kim 등, 2018; Cho 등, 2019). 또한 바이오틴은 미량 영양소로 식품에서 단백질과 결합하고 있기 때문에 분석이 어려우며, 그 함량에 대한 정확한 정보도 부족한 실정이다(Kwon 등, 2019).

국가식품영양성분에 대한 데이터베이스를 구축하기 위해서는 산업체 및 학계의 영양성분별 분석 전문가들로 구성된 식품영양성분 국가실험실 관리시스템(National Laboratory System, NLS)을 구축하여 신뢰성을 가지는 분석 자료를 생산해내는 노력이 필요하다. 국내에서 활용되고 있는 대표적인 식품영양성분 데이터베이스는 농촌진흥청의 농식품을 바로(<http://koreanfood.rda.go.kr>)의 국가표준식품성분표 및 기능성 성분표와 식품의약품안전처의 식품안전정보포털(<http://www.foodsafetykorea.go.kr>)에서 제공하는 식품영양성분 데이터베이스가 있으며, 1970년에 농촌진흥청에서 최초의 식품성분표를 발간한 이래로 2019년까지 49년 동안 총 9개정판의 작업을 통해 한국형 식품성분데이터를 생산하여 축적하고 있다(Lee 등, 2018a; MFDS, 2018; RDA, 2021). 그리고 국가표준식품성분표 제9개정판에는

국내에서 생산 및 소비되는 3,000품목의 식품에 대한 영양성분 43종의 함량정보를 수록하고 있다. 하지만 농촌진흥청의 식품성분표 자료는 국내에서 유통되는 모든 식품에 적용하여 영양성분표시를 하기에는 아직 충분한 정보가 제공되지 않는 상황이 있다. 특히 외식과 가공식품의 경우 조리 또는 가공 중에 일어나는 많은 변화로 인해 원재료의 영양성분과 많은 차이를 나타낼 수 있으므로 농촌진흥청의 식품성분표 자료를 활용하는 데 어려움이 있다. 따라서 외식과 가공식품의 영양성분 함량은 조리 또는 가공이 완료된 상태에서 실제로 분석한 자료의 확보가 필요한 것으로 판단되고 있다(Jung 등, 2019). 외국의 경우 미국의 농무성(United States Department of Agriculture; USDA)을 중심으로 매년 영양성분에 대한 데이터를 국민들에게 제공하고 있다(USDA, 2019).

2019년 현재 식품의약품안전처에서 운영 중인 국가 식품영양성분 DB는 여러 부처의 데이터베이스(database; DB)를 통합해 놓은 시스템으로 총 49,458품목의 식품에 대한 영양 정보를 제공하고 있는데, 분석 자료의 출처는 식품의약품안전처 영양성분 DB(388품목)를 비롯하여 식품의약품안전처 NLS의 영양성분 DB(1,739품목), 식품의약품안전처 용역 연구사업 데이터(280품목), 미국 USDA 영양성분 DB(15,080품목), 농촌진흥청 식품성분표 DB(12,146품목), 한국보건산업진흥원 식품영양성분 DB(3,857품목) 및 산업체에서 제공한 영양성분 자료(16,224품목)로 알려져 있다(Shim 등, 2017; Yoon 등, 2017; Lee 등, 2018a). 데이터베이스 구축을 위한 주요 선정 식품(Key Foods)은 미국에서 처음 개발되었지만 각 나라의 상황에 따라 다소 차이가 있으며, 우리나라의 경우 2016년에 식품의약품안전처에서 외식의 국가식품영양성분 데이터베이스를 구축하는 과정에 먼저 분석할 외식 품목을 탐색하고자 주요 식품을 선정하였다(Shim 등, 2017; Lee 등, 2021). 주요 식품을 제정했던 2016년에는 2013~2014년도의 국민건강영양조사에서 주요 영양소 중 하나 이상 영양소의 누적섭취기여도가 85% 이내에 포함되는 570품목을 선정하였고, 이들 중 총 영양소 누적섭취기여도가 80% 이내에 포함되는 456종을 먼저 분석이 필요한 품목으로 선정하였다(Shim 등, 2017). 이후 외식 부분의 분석을 위한 영양성분 데이터베이스 품목은 영양소 누적섭취기여도 85%의 570품목 모두가 포함되었다. 따라서 2020년도 주요 식품의 개정에서는 주요 영양소(17종) 중 하나 이상의 영양소에서 누적섭취기여도가 85% 이내에 포함되는 728품목 모두를 주요 식품으로 선정하였다(Shim 등, 2017; Lee 등, 2021). 그리고 Lee 등(2021)은 국민건강영양조사에서 24시간 동안 섭취한 식품의 내역과 섭취시간, 장소, 섭취량에 대한 정보를 수집하여 조사하는 24시간 회상법이 사용된다고 보고하였다. Key foods에 함유된 주요한 key nutrients는 총 108종의 영양성분으로 구성되어 있는데, 일반성분 5종, 수용성 비타민 10종, 지용성 비타민 6종, 무기질 13종, 지방산 31종, 아미노산 19종, 당 5종, 콜레스

테를 1종, 산출성분 18종(열량, 탄수화물, 니아신, 엽산, 비타민 E, 총당, 총지방산, 포화지방, 트랜스지방, 단일불포화지방산, 다중불포화지방산, 오메가3지방산, 오메가6지방산, 필수지방산, 총아미노산, 필수아미노산, 비필수아미노산, 식염 상당량)의 함량은 직접 분석을 실시하며, 나머지 18종의 함량값은 분석성분의 함량값으로부터 계산을 통해 확인된 성분으로 구성되어 있다(Lee 등, 2021).

따라서 본 연구에서는 다양한 음료와 과자 중의 수용성 비타민(티아민, 리보플라빈, 니아신, 바이오틴)의 함량을 분석하여 수용성 비타민의 데이터베이스를 구축하고자 HPLC 분석시스템을 이용하여 비타민 분석법을 검증하였고, 이를 바탕으로 국민 식생활의 중요한 기초자료로 이용하고자 한다.

재료 및 방법

실험재료

본 연구에 사용된 시료의 선정은 국가실험실 관리시스템(National Laboratory System, NLS)의 데이터베이스 구축을 위하여 식품의약품안전처와 영양성분분석연구팀으로 구성된 연구기관에서 진행하였다. 국가식품영양성분 데이터베이스는 식품수급계획 수립, 국민건강영양조사, 질병의 식이 치료, 식생활 지침 제시, 국가 영양정책 입안 및 수행 등 국가 식품 및 영양정책 자료로 중요하게 활용되고 있다. 최근 소비 트렌드를 반영한 음식 선정을 위해서 국내 관련 사이트(www.naver.com, 네이버, www.khidi.or.kr), 국내 외식 관련 사이트(www.mfds.go.kr, www.khidi.or.kr), 보도자료(www.foodnews.co.kr) 및 문헌(2018~2019년 외식업 경영실태조사, 가공식품 소비자 태도조사, 식품외식산업 주요 통계 자료 등) 조사를 통해 최근 외식 소비 동향을 분석하여 다소비 외식 품목을 도출하였다. 포털 사이트(www.naver.com, www.khidi.or.kr)의 경우, 외식 관련 주요 인기 검색어를 분석하여 다소비 외식 품목을 도출하였다. Key food의 경우 국민건강영양조사 외식 자료 분석을 통해 1차 자료를 얻어 개인별, 음식별 영양소 섭취를 계산하고 각각의 key nutrient 섭취기여도를 분석하였다. 그 후 key nutrient 별 누적섭취기여도 85% 이내의 음식 코드를 추출하고 추출된 음식의 전체 key nutrient 섭취기여도 점수를 계산하여 순위를 부여한 후 key food를 선정하였다. 분석대상 식품은 수거대상 식품의 대표성을 확보하기 위해 우선적으로 대형 프랜차이즈 외식업체 가맹점에서 수거하였고, 프랜차이즈 외식업체 가맹점에서 판매하지 않는 식품의 경우 인구밀도와 외식사업체 밀도가 가장 높은 지역에서 수거하였다. 수거대상 식품의 대표성을 확보하기 위해 인구분포와 외식업체 수를 고려한 자체가중화추출방법(self-weighting stratified design)에 근거하여 수거 지역을 선정한 후 수거하였다. 서울지역에서 수거하는 경우 2007년~2013년 서울시 구별 외식업 분포(통계청) 및 주요 행정구역별 총인구 대비 외식사업체 수(통계청 2016년)의 자료를 바탕으로 외

식업 분포 상위 7개구(강남구, 서초구, 영등포구, 송파구, 마포구, 중구, 종로구)를 동남권(강남구, 송파구, 서초구), 서남·서북권(영등포구, 마포구) 및 도심권(종로구, 중구)의 3개 지역으로 구분하고 각 지역에서 분석대상 식품을 수거하였다. 본 연구에서는 총 26종의 샘플을 선정하였고, 음료군은 카푸치노(cappuccino), 카페모카(cafe mocha), 그린티라떼(green tea latte), 캐러멜마키아토(caramel macchiato), 생딸기우유(raw strawberry milk), 레몬청차(lemon tea), 사과당근주스(apple carrot juice), 딸기바나나주스(strawberry banana juice), 타로밀크티(taro milk tea), 블랙밀크티(black milk tea), 흑당밀크티(black sugar milk tea), 초콜릿밀크티(chocolate milk tea), 밀크커피(mixed milk coffee)로 13종이 선정되었고, 제과군은 슈크림빵(choux cream bread), 잼빵(jam bread), 호밀빵(rye bread), 버터크림빵(butter cream bread), 크로아상(croissant bread), 식빵(plain bread), 단팻빵(sweet red-bean bread), 마카롱(macaron), 다쿠와즈(takuwaz), 맘모스빵(mammoth bread), 앙버터빵(butter bread), 통밀식빵(whole wheat bread), 프레즐(plezle)로 13종을 사용하였다. 제시된 모든 샘플은 영양성분분석연구팀 중 주관기관인 숙명여대가 서울과 경기 소재에서 구매 및 수집하였다. 모든 샘플은 균질 과정을 거친 후 -20°C 이하의 냉동 상태에서 본 연구기관으로 배송되었고, 실험 진행 시 냉장 보관(4°C) 상태에서 충분한 해동 과정을 거친 후 실험에 사용되어 급격한 해동 과정에서 발생 가능한 영양성분(비타민)의 손실을 최대한 줄이면서 진행하였다. 수용성 비타민 B₁, B₂, B₃ 및 B₇ 분석에 사용된 표준시약은 각각 thiamin hydrochloride, riboflavin-5'-adenosine diphosphate(FAD), riboflavin-5'-phosphate(FMN), riboflavin, nicotinic acid와 nicotinamide, biotin은 Sigma-Aldrich사(St. Louis, MO, USA)에서 제공한 표준품을 사용하였다. 실험에 사용된 모든 시약은 analytical grade를 사용하였다.

비타민 B₁, B₂, B₃ 및 B₇의 전처리

음료류 및 제과류에 함유된 수용성 비타민 B₁, B₂ 및 B₃의 추출 방법은 Cho 등(2020)의 방법을 이용하여 추출하였다. 우선 비타민 B₁과 B₃ 분석은 동일한 조건에서 동시분석법을 이용하여 진행하였다. 시료 약 5 g에 HPLC 이동상(mobile phase)으로 사용되는 5 mM sodium 1-hexanesulfonate 50 mL를 취하여 용해시킨 후 40°C에서 초음파 추출기(8510E-DTH, Branson, Danbury, CT, USA)를 통해 균질화한 후 30분간 수용성 비타민을 추출하고 추출된 시료는 25,000×g의 속도로 10분간 원심분리기(Smart15, Hanil, Gimpo, Korea)를 사용하여 원심분리한 후 상층액을 취하여 0.45 µm syringe filter로 여과하여 시료로 사용하였다. 비타민 B₂의 추출은 시료 약 5 g의 균질화된 시료에 증류수 50 mL를 첨가하여 30분간 80°C의 항온수조에서 환류 과정을 통해 비타민 B₂를 추출하였다. 환류 추출된 이 추출액을

15,000 rpm의 속도로 10분간 원심분리한 후 상층액을 취하여 0.45 µm syringe filter로 여과하여 시료로 사용하였다.

비타민 B₇의 분석은 Kwon 등(2019)의 방법을 이용하여 추출하였다. 시료 약 5 g의 균질화된 시료에 0.15 M sodium phosphate buffer(pH 7)의 추출용액 25 mL를 넣은 후 25 분간 121°C의 autoclave를 이용해 추출하였다. 추출을 마친 용액은 냉각 후 추출용매 25 mL를 가하여 원심분리한 다음 Advantec No. 2 여과지를 이용하여 filtering 한 후 사용하였다. 추출을 마친 용액의 바이오틴을 농축하기 위해 냉장 보관된 immunoaffinity column(Easi-Extract Biotin, r-Biopharm, Glasgow, UK)을 사용하였다. 농축을 시작하기 전 immunoaffinity column은 실온에서 30분간 방치하였고 컬럼 내부의 완충용액을 완전히 제거하였다. 완충용액 제거 후 pH 7의 phosphate buffer를 5 mL로 컬럼을 세척하였다. 그리고 추출용액 10 mL를 immunoaffinity column에 흡착되도록 하였으며 phosphate buffer와 3차 증류수 5 mL를 순서대로 흘려주어 컬럼을 세척하였고, 메탄올 4 mL를 주입하여 흡착된 바이오틴을 용출하여 시험관에 수집하였다. 그 후 질소농축기를 이용하여 메탄올을 전부 제거한 다음 3차 증류수 0.5 mL로 바이오틴을 재용해하여 추출하였다.

비타민 B₁, B₂, B₃ 및 B₇의 HPLC 분석

비타민 B₁과 B₃의 분석을 위해 HPLC/DAD(high performance liquid chromatography/diode array detector) 시스템을 사용하였고, HPLC는 Agilent 1100 infinity HPLC (Agilent Co., Santa Clara, CA, USA)를 사용하였으며, 분석을 위한 컬럼(column)은 YMC-Pack ODS AM(250 mm × 4.6 mm, 5 µm, YMC-Korea Co., Seongnam, Korea)을 사용하였다. 컬럼의 온도는 40°C에서 진행하였고 detector의 wavelength는 270 nm에서 진행하였다. 이동상 용매(mobile phase)는 acetic acid 0.75%와 triethylamine 0.02%를 함유한 5 mM sodium 1-hexanesulfonate와 메탄올을 gradient elution 방법으로 진행하였고, 이동상의 gradient

ratio는 Table 1에 나타내었다. 유속은 0.8 mL/min이었다. 비타민 B₂의 경우는 HPLC/FLD(high performance liquid chromatography/fluorescence detector) 시스템을 사용하였고 Agilent 1100 HPLC system(Agilent Co.)을 사용하였다. 컬럼은 YMC-Pack Pro RS C₁₈(250 nm×4.6 mm, 5 µm, YMC-Korea Co.)을 사용하였고, 컬럼의 온도는 40 °C, 형광검출기의 분석 파장은 들뜬 파장(excitation) 445 nm, 방출 파장(emission) 530 nm의 범위에서 진행하였다. 이동상은 75:25(v/v) 비율의 10 mM NaH₂PO₄(pH 5.5) 및 메탄올 용매를 이용하였고, 이동상의 유속과 농도구배 방식은 각각 0.8 mL/min과 isocratic elution을 이용하였다(Cho 등, 2019).

비타민 B₇의 분석을 위해 HPLC/DAD(high performance liquid chromatography/diode array detector)를 사용하였고, 분석범위는 200 nm의 파장에서 바이오틴을 검출하였다. HPLC는 Agilent 1260 infinity HPLC(Agilent Co.)를 사용하였고, 컬럼은 Kinetex Phenyl-Hexyl(150×4.6 mm, 2.6 µm, Phenomenex, Torrance, CA, USA)을 사용하였다. 검출은 UV 검출기를 사용하여 200 nm 파장에서 확인했으며, 분석 주입량은 100 µL였고 이동상은 0.1% phosphoric acid, 100% acetonitrile(ACN), 80% ACN을 이용하였으며, 유속은 0.6 mL/min의 속도로 용출시켰다. Gradient 조건은 Table 1에 나타내었다.

비타민 B₁, B₂, B₃ 및 B₇의 함량

음료와 제과류에 존재하는 수용성 비타민 B₁, B₂, B₃ 및 B₇의 함량은 표준품을 이용하여 아래의 계산식으로 함량(mg/100 g)을 확인하였다. 단, B₇의 경우는 식품에 미량으로 존재하는 범위를 간주하여 µg의 표시단위(µg/100 g)를 사용하였다.

$$\text{비타민 함량(mg/100 g)} = \frac{S \times a \times b}{\text{시료 무게(g)}} \times \frac{100}{1000}$$

S: 표준품의 농도(mg/mL)

Table 1. HPLC operating conditions for vitamin B₁, B₂, B₃, and B₇ analyses

Description	Vitamin B ₁ and B ₃	Vitamin B ₂	Vitamin B ₇
Column temp.	40°C	40°C	40°C
Detector	UV (270 nm)	FLD (Ex=445 nm, Em=530 nm)	UV (200 nm)
Mobile phase	A: 5 mM sodium 1-hexane sulfonate (acetic acid 0.75%, triethylamine 0.02%) B: 100% MeOH	10 mM NaH ₂ PO ₄ (pH 5.5) : MeOH = 75:25 (v/v)	A: 0.1% phosphoric acid B: 100% acetonitrile C: 80% acetonitrile
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	0 min: A 90% + B 10% 18 min: A 90% + B 10% 21 min: C 100% 26.5 min: C 100% 29 min: A 90% + B 10% 38 min: A 90% + B 10%
Flow rate	0.8 mL/min	0.6 mL/min	0.6 mL/min
Injection volume	20 µL	20 µL	100 µL

- a: 시험용액의 양(mL)
b: 시험용액의 희석배수

검출한계 및 정량한계

본 연구는 Cho 등(2019)와 Park 등(2020)의 방법에 따라 수용성 비타민 B₁, B₂, B₃ 및 B₇이 나타내는 검출한계(LOD: limit of detection) = $3.3 \times \delta / S(Y\text{-절편에 대한 표준편차/기울기})$ 에 대한 평균)와 정량한계(LOQ: limit of quantification) = $10 \times \delta / S(Y\text{-절편에 대한 표준편차/기울기})$ 에 대한 평균)를 각각 확인하였다.

수용성 비타민 B₁, B₂, B₃ 및 B₇의 타당성 검증

국제표준품 SRM(standard reference material)을 이용하여 수용성 비타민 B₁, B₂, B₃ 및 B₇ 분석에 대한 타당성 검증을 실시하였다. 실험에 사용된 표준품은 SRM 1869를 사용하였고, 이는 NIST(National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, USA)에서 구매한 후 분석을 진행하였다. NIST에서 제시되는 신뢰값의 범위와 본 실험을 통해 확인된 값의 신뢰 범위를 통해 본 연구의 분석 결과에 대한 타당성을 제시하였다.

통계처리

본 연구에서 제시된 실험값은 평균값과 표준편차로 나타내었고, SAS 9.4(Statistical Analysis System, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)를 사용하였다. 평균 간의 유의성 검정을 위해 일원배치분산분석(one-way ANOVA)을 실시하였다. 분석 결과 $\alpha=0.05$ 수준에서 유의적인 차이가 있을 경우 샘플 간의 차이를 살펴보기 위해 사후검정 중의 하나인 Tukey's multiple range test를 실시하여 그룹 간 차이를 살펴보았다.

결과 및 고찰

검출한계와 정량한계

본 연구에서는 수용성 비타민 B₁, B₂, B₃ 및 B₇이 나타내는 검출한계와 정량한계를 확인하였고, 그 결과를 Table 2에 나타내었다. 모든 표준품에 대한 직선성인 r^2 값은 0.998

~0.999 범위 내의 값을 얻었으며, 이는 1.0에 가까운 우수한 직선성으로 판단하였다. 또한 검출한계와 정량한계의 경우, 비타민 B₁인 티아민은 각각 0.002 µg/mL와 0.006 µg/mL의 값을 확인하였다. 비타민 B₂는 FAD에서 각각 0.017 µg/mL와 0.050 µg/mL의 값을 확인하였고, FMN에서는 각각 0.006 µg/mL와 0.017 µg/mL의 값을, 그리고 리보플라빈에서는 각각 0.008 µg/mL와 0.024 µg/mL의 값을 확인하였다. 비타민 B₃는 nicotinic acid에서 각각 0.040 µg/mL와 0.122 µg/mL의 값을 확인하였고, nicotinamide에서는 각각 0.007 µg/mL와 0.022 µg/mL의 값을 확인하였다. 비타민 B₇인 바이오틴은 각각 0.007 µg/mL와 0.022 µg/mL의 값을 확인하였다. 이러한 검증과정에서 나온 검출한계와 정량한계 값은 본 연구를 진행함에 있어서 충분히 신뢰를 할 수 있는 결과이다. 또한 수용성 비타민 B₁, B₂, B₃ 및 B₇의 크로마토그램을 Fig. 1에 각각 나타내었다. Fig. 1에 제시된 peak의 패턴과 분리도를 확인한 결과 타 성분에 의한 간섭이 확인되지 않았으며, 검출한계 이상의 peak area로 존재함을 토대로 각각의 비타민 성분에 대한 명확한 분리 및 분석이 진행되었음을 확인할 수 있었다.

수용성 비타민 B₁, B₂, B₃ 및 B₇에 대한 타당성 검증

표준인증물질(SRM 1869)을 이용하여 수용성 비타민 B₁, B₂, B₃ 및 B₇에 대한 실험값을 미국국립표준연구원(NIST)에서 제공하는 표준값을 이용하여 정확성과 반복성을 확인했으며, 이에 대한 결과를 Table 3에 나타내었다. 비타민 B₁의 경우 표준값의 범위가 1.34 ± 0.03 mg/100 g이며 실험값은 1.38 ± 0.19 mg/100 g의 범위로 확인되었다. 비타민 B₂의 경우 표준값의 범위가 1.36 ± 0.15 mg/100 g이며 실험값은 1.26 ± 0.01 mg/100 g의 범위로 확인되었다. 비타민 B₃의 경우 표준값의 범위가 9.84 ± 0.22 mg/100 g이며 실험값은 9.61 ± 0.12 mg/100 g의 범위로 확인되었다. 비타민 B₇의 경우 표준값의 범위가 0.19 ± 0.02 mg/100 g이며 실험값은 0.20 ± 0.01 mg/100 g의 범위로 확인되었다. 본 연구에서 실험값과 표준값 간의 오차범위가 허용범위 이내임을 고려할 때 본 연구에서 제시된 수용성 비타민 B₁, B₂, B₃ 및 B₇의 결과는 적합한 범위에 포함된 실험값으로 판단할 수 있었다(Kim 등, 2017; Kwon, 2019).

Table 2. Limit of detection (LOD), limit of quantification (LOQ), and calibration curves of vitamin B₁, B₂, B₃, and B₇

Vitamins		Calibration curve	r^2	LOD (µg/mL)	LOQ (µg/mL)
Vitamin B ₁	Thiamin	$Y = 38.362x - 0.168$	0.999	0.002	0.006
	FAD ¹⁾	$Y = 84.689x - 0.029$	0.999	0.017	0.050
Vitamin B ₂	FMN ²⁾	$Y = 242.11x - 4.924$	0.999	0.006	0.017
	Riboflavin	$Y = 809.72x + 3.639$	0.999	0.008	0.024
Vitamin B ₃	Nicotinic acid	$Y = 36.509x + 2.034$	0.998	0.040	0.122
	Nicotinamide	$Y = 30.324x + 0.355$	0.999	0.007	0.022
Vitamin B ₇	Biotin	$Y = 140.47x - 0.798$	0.999	0.007	0.022

¹⁾FAD: flavin adenine dinucleotide.

²⁾FMN: flavin mononucleotide.

Fig. 1. Total ion chromatograms. (A) vitamin B₁ & B₃, (B) vitamin B₂, and (C) vitamin B₇, respectively.

Table 3. Recovery of vitamin B₁, B₂, B₃, and B₇ in SRM

Vitamins	Contents (mg/100 g)			Recovery (%)	RSD (%) ⁴⁾
	Certified value ¹⁾	Analytical value ²⁾	Bias ³⁾		
Vitamin B ₁	1.34±0.03	1.38±0.19	-0.04	102.99	13.77
Vitamin B ₂	1.36±0.15	1.26±0.01	0.10	92.65	0.79
Vitamin B ₃	9.84±0.22	9.61±0.12	0.23	97.66	1.25
Vitamin B ₇	0.19±0.02	0.20±0.01	-0.01	105.26	5.00

¹⁾The certified reference values for the vitamin B₁, B₂, B₃, and B₇ in SRM 1869 was derived from the combination of results provided by NIST and collaborating laboratories.

²⁾The values are mean±SD of triplicate determinations.

³⁾Bias = certified value - analytical value.

⁴⁾RSD: relative standard deviation.

비타민 B₁ 함량

본 연구에서 음료류 13종과 제과류 13종에 존재하는 비타민 B₁(티아민)의 함량을 Table 4에 나타내었다. 음료류에 존재하는 티아민의 경우 그린티라페, 카푸치노, 흑당밀크티,

블랙밀크티, 타로밀크티, 초콜릿밀크티, 카페모카, 밀크커피, 레몬청차, 캐러멜마키아토, 생딸기우유, 사과당근주스, 딸기바나나주스 순으로 높은 함량을 확인하였다. 그중 가장 높은 함량을 나타낸 그린티라페의 경우 2.210 ± 0.231 mg/

Table 4. Vitamin B₁ contents in beverage and confectionery samples

Sample	Content (mg/100 g)
Beverage	
Cappuccino	0.312±0.020 ^{b1)}
Cafe mocha	0.173±0.009 ^{bcd}
Green tea latte	2.210±0.231 ^a
Caramel macchiato	0.128±0.003 ^{bcd}
Raw strawberry milk	0.111±0.003 ^{cd}
Lemon tea	0.144±0.001 ^{bcd}
Apple carrot juice	0.093±0.003 ^d
Strawberry banana juice	0.081±0.001 ^{bcd}
Taro milk tea	0.229±0.010 ^{bcd}
Black milk tea	0.232±0.006 ^{bc}
Black sugar milk tea	0.302±0.019 ^{bcd}
Chocolate milk tea	0.203±0.005 ^{bcd}
Mixed milk coffee	0.153±0.007 ^{bcd}
P-value	<0.001
Confectionery	
Choux cream bread	0.126±0.003 ^e
Jam bread	ND ²⁾
Rye bread	0.380±0.013 ^b
Butter cream bread	0.183±0.004 ^d
Croissant bread	0.288±0.007 ^c
Plain bread	0.115±0.001 ^{ef}
Sweet red-bean bread	0.185±0.007 ^d
Macaron	0.189±0.011 ^d
Takuwaz	0.082±0.009 ^{fg}
Mammoth bread	0.068±0.001 ^g
Butter bread	0.077±0.007 ^{fg}
Whole wheat bread	0.509±0.036 ^a
Plezele	0.355±0.021 ^b
P-value	<0.001

¹⁾All values are expressed as the mean±SD of triplicate determinations. Means with different superscripts (a-g) of the same food category are significantly different at $P<0.05$ by Tukey's multiple range test.

²⁾ND corresponds "not detected".

100 g 함유한 것을 확인하였고, 딸기바나나주스에 존재하는 0.081±0.001 mg/100 g이 가장 낮은 함량으로 확인되었다($P<0.05$). 제과류에 존재하는 비타민 B₁의 경우 통밀식빵, 호밀빵, 프레즐, 크로와상, 마카롱, 단팥빵, 버터크림빵, 슈크림빵, 식빵, 다쿠와즈, 앙버터빵, 맘모스빵 순으로 높은 함량을 확인하였다. 그중 가장 높은 함량을 나타내는 통밀식빵의 경우 0.509±0.036 mg/100 g 함유한 것을 확인하였고, 맘모스빵에 존재하는 0.068±0.001 mg/100 g이 유의적으로 가장 낮은 함량으로 확인되었다($P<0.05$). 그중 잼빵에서는 비타민 B₁이 확인되지 않았다.

수용성 비타민인 티아민 B₁(티아민)은 식품 내에서 고온으로 조리되거나 혹은 조리 시간이 길어지게 되면 구조 내에 존재하는 고리구조와 메틸렌기 사이의 화학결합이 상당수 깨지면서 티아민의 활성이 급격히 줄어든다고 보고되고 있다(Dwivedi와 Arnold, 1973). Hur와 Hwang(2002)의 연구에 따르면 100°C 정도의 일반적인 물의 끓는점에서는 티아민이 비교적 안정하며, 살균온도인 121°C까지 온도가 상

승하게 되면 영양 잔존율이 상당히 줄어든다고 알려져 있다. 그러나 이러한 고온에 의한 티아민 B₁의 안정성의 패턴은 단일 성분으로 존재할 때의 값으로써 여러 가지 식품 성분이 결합한 식품조직에서는 일정 부분 유지될 수 있으며, 식품 내에서 여러 가지 단백질과의 결합을 통해서 안정성이 유지될 수 있다고 보고되고 있다(Dwivedi와 Arnold, 1973). 그리고 티아민 B₁은 pH 기준에 따라 안정성의 차이를 보이는데, pH 2.0~4.0의 산성 영역에서 뛰어난 안정성을 보이지만 pH 7.0 이상인 알칼리 영역에서는 안정성이 낮다고 알려져 있다(Dwivedi와 Arnold, 1973). 또한 식품에서 티아민 B₁은 조리과정에서의 영양소 손실뿐만 아니라 세척과정에서도 조리수에 의한 손실이 발생한다고 알려져 있으며, 이러한 영양소 손실을 예방하기 위해 소량의 조리수와 가열 시간을 줄일 경우 티아민 B₁의 손실을 예방할 수 있다고 알려져 있다(Cho 등, 2019). 소량의 조리수와 조리 시간의 단축을 통해서 영양소의 손실을 줄일 수 있다는 보고가 있는 것으로 볼 때 각 식품의 조리 방법의 차이에 따라 여러 가지 수용성 비타민의 함량에 영향을 미치는 것으로 판단된다(Chung 등, 2016). 티아민이 검출되지 않은 식품의 경우 구조 특성상 티아민 B₁의 가운데에 위치한 탄소에 연결된 질소를 함유한 육각형 고리와 황을 함유한 오각형 고리가 있는데, 이러한 고리들이 장시간의 조리과정에 따라 열에 노출되거나 고온의 경우 쉽게 파괴되어 기능을 잃어버리게 된다고 알려진 보고를 토대로 티아민 B₁의 분자 구조 특성에 의해 나타나는 결과로 설명이 가능할 것으로 판단된다(Kim 등, 2017).

비타민 B₂ 함량

본 연구에서 음료류 13종과 제과류 13종에 존재하는 티아민 B₂(리보플라빈)의 함량을 Table 5에 나타내었다. 음료류에 존재하는 리보플라빈의 경우 그린티라떼, 카푸치노, 캐러멜마키아토, 흑당밀크티, 카페모카, 생딸기우유, 딸기바나나주스, 블랙밀크티, 밀크커피, 초콜릿밀크티, 사과당근주스, 타로밀크티와 레몬청차 순으로 높은 함량을 확인하였다. 그중 가장 높은 함량을 나타내는 그린티라떼의 경우 0.163±0.001 mg/100 g 함유한 것을 확인하였고, 타로밀크티와 레몬청차에 존재하는 0.004±0.000 mg/100 g이 가장 낮은 함량으로 확인되었다($P<0.05$). 제과류에 존재하는 티아민 B₂의 경우 마카롱, 다쿠와즈, 크로와상, 통밀식빵, 호밀빵, 프레즐, 식빵, 단팥빵, 슈크림빵, 맘모스빵, 버터크림빵, 앙버터빵, 잼빵 순으로 높은 함량을 확인하였다. 그중 가장 높은 함량을 나타내는 마카롱의 경우 0.556±0.005 mg/100 g 함유한 것을 확인하였고, 잼빵에 존재하는 0.018±0.001 mg/100 g이 가장 낮은 함량으로 확인되었다($P<0.05$).

문헌에 따르면 티아민 B₂는 산화와 고온에는 높은 안정성을 가지고 있으나, pH 7.0 이상인 알칼리 영역, 가시광선, 그리고 자외선에는 쉽게 영양소를 손실한다고 알려져 있다(Chung 등, 2016). 또한 티아민 B₂는 습도에 대한 안정성 역시 다른 수용성 비타민에 비해 우수하다고 알려져 있다

Table 5. Vitamin B₂ contents in beverage and confectionery samples

Sample		Content (mg/100 g)				Total
		FAD	FMN	Riboflavin	Riboflavin Eq. ¹⁾	
Beverage	Cappuccino	0.052±0.001 ^{b2)}	0.023±0.000 ^b	0.075±0.001 ^b	0.116±0.001 ^b	0.149±0.001 ^b
	Cafe mocha	0.017±0.000 ^d	0.018±0.000 ^c	0.062±0.000 ^d	0.084±0.000 ^c	0.098±0.000 ^d
	Green tea latte	0.048±0.001 ^b	0.028±0.001 ^a	0.088±0.001 ^a	0.131±0.000 ^a	0.163±0.001 ^a
	Caramel macchiato	0.045±0.001 ^b	0.021±0.000 ^{bc}	0.073±0.001 ^b	0.110±0.001 ^c	0.139±0.001 ^c
	Raw strawberry milk	0.008±0.000 ^{ef}	0.005±0.000 ^e	0.067±0.001 ^c	0.075±0.001 ^f	0.081±0.001 ^e
	Lemon tea	0.002±0.000 ^f	ND	0.002±0.000 ⁱ	0.003±0.000 ^{jk}	0.004±0.000 ⁱ
	Apple carrot juice	0.002±0.000 ^f	0.002±0.000 ^f	0.004±0.000 ^h	0.006±0.000 ^j	0.008±0.000 ⁱ
	Strawberry banana juice	0.008±0.001 ^{ef}	0.007±0.000 ^e	0.036±0.000 ^f	0.045±0.000 ^g	0.050±0.000 ^f
	Taro milk tea	ND ³⁾	ND	0.002±0.000 ⁱ	0.003±0.000 ^k	0.003±0.000 ⁱ
	Black milk tea	0.013±0.002 ^{de}	0.011±0.001 ^d	0.024±0.000 ^g	0.039±0.000 ^h	0.048±0.001 ^{fg}
	Black sugar milk tea	0.087±0.007 ^a	0.012±0.002 ^d	0.057±0.001 ^e	0.106±0.002 ^d	0.156±0.006 ^{ab}
	Chocolate milk tea	0.028±0.006 ^c	0.007±0.002 ^c	0.004±0.001 ^h	0.022±0.002 ⁱ	0.039±0.005 ^h
	Mixed milk coffee	0.034±0.005 ^c	0.002±0.000 ^f	0.006±0.001 ^h	0.023±0.002 ⁱ	0.042±0.005 ^{gh}
	<i>P</i> -value	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Confectionery	Choux cream bread	0.026±0.001 ^{fgh}	0.023±0.000 ^g	0.032±0.001 ^e	0.062±0.001 ^{fg}	0.081±0.000 ^{fg}
	Jam bread	0.006±0.000 ^h	0.003±0.000 ^h	0.009±0.000 ^h	0.014±0.000 ⁱ	0.018±0.001 ^h
	Rye bread	0.090±0.004 ^c	0.040±0.001 ^{cd}	0.030±0.000 ^e	0.102±0.002 ^c	0.160±0.004 ^d
	Butter cream bread	0.047±0.001 ^e	0.029±0.000 ^{fg}	0.014±0.000 ^g	0.058±0.000 ^{gh}	0.090±0.001 ^{efg}
	Croissant bread	0.228±0.009 ^b	0.046±0.001 ^c	0.037±0.001 ^d	0.177±0.005 ^b	0.311±0.009 ^c
	Plain bread	0.045±0.001 ^{ef}	0.028±0.000 ^{fg}	0.026±0.001 ^f	0.068±0.001 ^{de}	0.099±0.000 ^e
	Sweet red-bean bread	0.036±0.001 ^{efg}	0.032±0.001 ^{ef}	0.025±0.001 ^f	0.067±0.001 ^{ef}	0.093±0.001 ^{ef}
	Macaron	0.323±0.008 ^a	0.177±0.004 ^b	0.055±0.001 ^b	0.341±0.001 ^a	0.556±0.005 ^a
	Takuwaz	0.225±0.011 ^b	0.197±0.004 ^a	0.080±0.001 ^a	0.337±0.003 ^a	0.502±0.008 ^b
	Mammoth bread	0.032±0.009 ^{efg}	0.038±0.004 ^{de}	0.016±0.001 ^g	0.060±0.002 ^{gh}	0.086±0.006 ^{efg}
	Butter bread	0.023±0.003 ^{gh}	0.038±0.003 ^{de}	0.014±0.001 ^g	0.055±0.000 ^h	0.076±0.001 ^g
	Whole wheat bread	0.069±0.011 ^d	0.044±0.004 ^{cd}	0.040±0.001 ^c	0.106±0.003 ^c	0.153±0.008 ^d
	Plezele	0.033±0.010 ^{efg}	0.030±0.004 ^{fg}	0.036±0.001 ^d	0.074±0.003 ^d	0.099±0.007 ^e
	<i>P</i> -value	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

¹⁾Riboflavin Eq.: total riboflavin equivalent=(FAD×0.4537+FMN×0.7869+riboflavin).

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

³⁾ND corresponds "not detected".

(Lee 등, 2005). FAD와 FMN은 지방질 대사에 관여하는 비타민으로 결핍 시 지방산 산화의 저하를 일으키고 간에 중성지방 축적량을 증가시키며, 혈청과 간에서 필수지방산의 농도가 낮아지면서 건강 기능성에 부정적인 요인으로 작용하게 된다(Hoppel 등, 1979). 다른 문헌에서는 비타민 B₂가 결핍된 쥐를 이용한 동물실험에서 중추신경계와 말초신경계 수초의 퇴화 현상을 확인하였는데, 이러한 현상의 원인을 필수지방산의 부족으로 인한 지방질 대사에 따른 체내에서 발생한 문제라고 보고하였다(Shaw와 Phillips, 1941). 이는 충분한 비타민 B₂ 공급 식품의 섭취가 이루어지지 않으면 비타민 B₂ 결핍에 의해 체내의 신경전달물질 대사에 문제를 일으킬 수 있다고 판단된다.

비타민 B₃ 함량

본 연구에서 음료류 13종과 제과류 13종에 존재하는 비타민 B₃(니아신)의 함량을 Table 6에 나타내었다. 음료류에 존재하는 니아신의 경우 밀크커피, 카푸치노, 카페모카, 캐러멜마키아토, 생딸기우유, 그린티라떼, 딸기바나나주스, 블랙밀크티, 타로밀크티, 흑당밀크티, 레몬청차, 사과당근주

스, 초콜릿밀크티 순으로 높은 함량을 확인하였다. 그중 가장 높은 함량을 나타내는 밀크커피의 경우 7.646±0.230 mg/100 g 함유한 것을 확인하였고, 초콜릿밀크티에 존재하는 0.033±0.004 mg/100 g이 가장 낮은 함량으로 확인되었다(*P*<0.05). 제과류에 존재하는 비타민 B₃의 경우 앙버터빵, 마카롱, 호밀빵, 식빵, 잼빵, 슈크림빵, 크로아상, 버터크림빵, 통밀식빵, 프레즐, 다쿠와즈, 맘모스빵 순으로 높은 함량을 확인하였다. 그중 가장 높은 함량을 나타내는 앙버터빵의 경우 3.854±0.151 mg/100 g 함유한 것을 확인하였고, 맘모스빵에 존재하는 0.318±0.005 mg/100 g이 가장 낮은 함량으로 확인되었다(*P*<0.05). 그중 단팥빵에서는 비타민 B₃가 확인되지 않았다.

헤테로고리 피리미딘 링의 구조를 가진 비타민 B₃는 다른 수용성 비타민보다 우수한 안정성을 나타내고 외부 에너지에 대해서 영양소 손실이 낮은 비타민으로 알려져 있다(Cho 등, 2019). 식품 내에서 산화를 유발하는 물질인 자유라디칼은 리보플라빈과 먼저 산화가 진행되어 비타민 B₃의 자유라디칼에 의한 산화와 손상은 매우 낮은 것으로 알려져 있다(Bruehlmann과 Hayon, 1974; Kim 등, 2018). 또한 niacin

Table 6. Vitamin B₃ contents in beverage and confectionery samples

	Sample	Content (mg/100 g)		
		Nicotinic acid	Nicotinamide	Total
Beverage	Cappuccino	0.514±0.027 ^{a1)}	0.096±0.001 ^b	0.609±0.028 ^b
	Cafe mocha	0.447±0.012 ^b	0.097±0.008 ^b	0.544±0.015 ^c
	Green tea latte	0.082±0.003 ^e	0.115±0.011 ^b	0.197±0.008 ^f
	Caramel macchiato	0.461±0.016 ^b	ND	0.461±0.016 ^d
	Raw strawberry milk	0.125±0.005 ^d	0.110±0.004 ^b	0.234±0.007 ^c
	Lemon tea	ND ²⁾	0.065±0.003 ^b	0.065±0.003 ^{hi}
	Apple carrot juice	ND	0.038±0.003 ^b	0.038±0.003 ⁱ
	Strawberry banana juice	0.116±0.008 ^d	0.073±0.006 ^b	0.189±0.009 ^f
	Taro milk tea	ND	0.095±0.005 ^b	0.095±0.005 ^{gh}
	Black milk tea	0.010±0.001 ^{fg}	0.100±0.002 ^b	0.110±0.002 ^g
	Black sugar milk tea	0.017±0.002 ^{fg}	0.063±0.004 ^b	0.080±0.001 ^{gh}
	Chocolate milk tea	0.033±0.004 ^f	ND	0.033±0.004 ⁱ
	Mixed milk coffee	0.220±0.010 ^c	7.426±0.229 ^a	7.646±0.230 ^a
	<i>P</i> -value	<0.001	<0.001	<0.001
Confectionery	Choux cream bread	0.733±0.004 ^d	0.168±0.016 ^{cd}	0.901±0.020 ^{de}
	Jam bread	0.974±0.020 ^c	0.114±0.015 ^{cd}	1.088±0.011 ^{cd}
	Rye bread	1.383±0.131 ^b	ND	1.383±0.131 ^c
	Butter cream bread	0.521±0.017 ^{ef}	0.193±0.020 ^c	0.714±0.037 ^{defg}
	Croissant bread	ND	0.181±0.006 ^{cd}	0.805±0.540 ^{def}
	Plain bread	1.012±0.024 ^c	0.101±0.002 ^d	1.101±0.005 ^{cd}
	Sweet red-bean bread	ND	ND	ND
	Macaron	0.987±0.042 ^c	0.904±0.043 ^b	1.892±0.032 ^b
	Takuwaz	0.405±0.032 ^f	ND	0.405±0.032 ^{fgh}
	Mammoth bread	0.176±0.007 ^g	0.142±0.002 ^{cd}	0.318±0.005 ^{gh}
	Butter bread	1.719±0.070 ^a	2.135±0.090 ^a	3.854±0.151 ^a
	Whole wheat bread	0.589±0.012 ^{de}	ND	0.589±0.012 ^{efg}
	Plezele	0.520±0.078 ^{ef}	ND	0.520±0.078 ^{efg}
	<i>P</i> -value	<0.001	<0.001	<0.001

¹⁾All values are expressed as the mean±SD of triplicate determinations. Means with different superscripts (a-i) of the same food category are significantly different at *P*<0.05 by Tukey's multiple range test.

²⁾ND corresponds "not detected".

amide는 식품 중에서 free form 또는 nucleotide와 결합한 형태로 존재하여 외부의 열, 빛, 산, 염기 및 산화에 대해 우수한 안정성을 가진다고 알려져 있다(Kim 등, 2018). 그리고 다른 문헌에서도 니아신은 다른 수용성 비타민보다 식품의 조리과정에서 주로 일어나는 열처리와 데치기에 대해 우수한 안정성을 띠고 있으며, 영양소 손실이 적은 비타민으로 알려져 있다(Ahn, 1999). 비타민 B₃는 피부병의 한 종류인 펠라그라 질병의 예방 및 치료에 효능이 있다고 알려져 있으며, 말초혈관을 확장해 혈액순환을 원활하게 하여 저밀도 콜레스테롤의 함량을 감소시키는 효과가 있다고 알려져 있다(Kim 등, 2014). 또한 비타민 B₃의 결핍증으로는 점막장애, 설사, 색소침착, 우울증과 같은 정신건강에 부정적인 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Kim 등, 2014; Williams와 Ramsden, 2005).

비타민 B₇ 함량

본 연구에서 음료류 13종과 제과류 13종에 존재하는 비타민 B₇(바이오틴)의 함량을 Table 7에 나타내었다. 음료류에 존재하는 비타민 B₇의 경우 생딸기우유, 흑당밀크티, 그

린티라떼, 타로밀크티, 딸기바나나주스, 초콜릿밀크티, 블랙밀크티, 캐러멜마키아토, 카푸치노, 카페모카, 사과당근주스, 밀크커피 순으로 높은 함량을 확인하였다. 그중 가장 높은 함량을 나타내는 생딸기우유의 경우 3.413±0.133 mg/100 g 함유한 것을 확인하였고, 밀크커피에 존재하는 0.481±0.016 mg/100 g이 가장 낮은 함량으로 확인되었다(*P*<0.05). 그중 레몬청차에서는 바이오틴이 확인되지 않았다. 제과류에 존재하는 바이오틴의 경우 다쿠와즈, 식빵, 마카롱, 단팥빵, 맘모스빵, 버터크림빵, 통밀식빵, 크로아상, 호밀빵, 앙버터빵, 잼빵, 슈크림빵 순으로 높은 함량을 확인하였다. 그중 가장 높은 함량을 나타내는 다쿠와즈의 경우 5.797±0.115 mg/100 g 함유한 것을 확인하였고, 슈크림빵에 존재하는 0.760±0.050 mg/100 g이 가장 낮은 함량으로 확인되었다(*P*<0.05). 그중 프레즐에서는 바이오틴이 확인되지 않았다.

문헌에 따르면 비타민 B₇은 일반적으로 유리된 형태와 결합한 형태로 나누어지며, 결합한 형태는 식품에서 단백질과 결합해 있는 것으로 알려져 있다(Lahely 등, 1999). 또 다른 문헌에 따르면 비타민 B₇은 체내에서 일어나는 정상적

Table 7. Vitamin B₇ contents in beverage and confectionery samples

	Sample	Content (µg/100 g)
Beverage	Cappuccino	0.908±0.102 ^{fi)}
	Café mocha	0.832±0.065 ^f
	Green tea latté	2.364±0.062 ^b
	Caramel macchiato	0.977±0.055 ^{ef}
	Raw strawberry milk	3.413±0.133 ^a
	Lemon tea	ND ²⁾
	Apple carrot juice	0.763±0.025 ^f
	Strawberry banana juice	1.266±0.089 ^{cd}
	Taro milk tea	1.469±0.120 ^c
	Black milk tea	1.172±0.071 ^{de}
	Black sugar milk tea	2.478±0.108 ^b
	Chocolate milk tea	1.183±0.071 ^{de}
	Mixed milk coffee	0.481±0.016 ^g
	P-value	<0.001
Confectionery	Choux cream bread	0.760±0.050 ^h
	Jam bread	0.897±0.129 ^b
	Rye bread	1.209±0.100 ^g
	Butter cream bread	1.881±0.090 ^f
	Croissant bread	1.712±0.077 ^f
	Plain bread	5.068±0.109 ^b
	Sweet red-bean bread	2.964±0.073 ^d
	Macaron	4.182±0.088 ^c
	Takuwaz	5.797±0.115 ^a
	Mammoth bread	2.618±0.134 ^c
	Butter bread	1.203±0.060 ^g
	Whole wheat bread	1.719±0.097 ^f
	Plezle	ND
	P-value	<0.001

¹⁾All values are expressed as the mean±SD of triplicate determinations. Means with different superscripts (a-h) of the same food category are significantly different at $P<0.05$ by Tukey's multiple range test.

²⁾ND corresponds "not detected".

인 세포 기능 및 성장에 필수적인 역할을 하는 영양소로 작용하며 주로 체내 장에서 흡수되어 이용된다(Said 등, 1990). Pacheco-Alvarez 등(2002)과 Holler 등(2006)의 연구에서는 비타민 B₇의 체내 주요 반응이 포도당 신생 합성, 지방산 합성, 그리고 아미노산 대사를 포함한 다양한 carboxylase의 조효소 역할을 하며, 결핍 시 식욕저하, 우울증, 결막염, 탈모, 피부질환 등의 질병을 유발하지만 비타민 B₇ 결핍에 대한 보고가 많이 부족하며 과다복용에 대한 부정적인 영향도 현재까지 알려진 바가 없다(Bellows와 Moore, 2012; Zemleni와 Mock, 1999).

요 약

본 연구에서는 13종의 음료류와 13종의 제과류에 존재하는 영양성분 중 수용성 비타민 B₁, B₂, B₃ 및 B₇의 함량을 확인하였다. 표준인증물질(SRM 1869)을 이용하여 정확성과 반복성을 확인했으며 우수한 결과를 나타내었다. 본 연구에 관한 신뢰도를 얻기 위해서 검출한계와 정량한계의 실험값

을 확인했으며, r^2 의 값이 모두 1에 가까운 우수한 직선성을 확인하였다. 본 연구에서 제시된 음료류의 경우 비타민 B₁은 0.081~2.210 mg/100 g의 범위에 존재하였고, 비타민 B₂는 0.003~0.131 mg/100 g의 범위에 존재했으며, 비타민 B₃는 0.033~0.901 mg/100 g의 범위에 존재했으며, 비타민 B₇은 0.481~3.413 mg/100 g의 범위로 나타났다. 제과류의 경우 비타민 B₁은 0.068~0.509 mg/100 g의 범위에 존재하였고, 비타민 B₂는 0.014~0.341 mg/100 g의 범위에 존재했으며, 비타민 B₃는 0.318~3.854 mg/100 g의 범위에 존재했으며, 비타민 B₇은 0.760~5.797 mg/100 g의 범위로 나타났다. 본 연구에서 제시된 음료 및 제과류에 존재하는 수용성 비타민 함량에 대한 영양성분 데이터베이스 구축 연구가 국민 식생활의 중요한 기초자료로 사용될 것을 확신하며, 소비자들에게 식품영양소에 대한 기초적인 정보를 제공하고자 한다.

감사의 글

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

REFERENCES

- Ahn MS. A study on the changes in physico-chemical properties of vegetables by Korean traditional cooking methods. *Korean J Diet Cult.* 1999. 14:177-188.
- Bellows L, Moore R. Water-soluble vitamins: B-complex and vitamin C. Fact sheet No. 9.312. Colorado State University, Fort Collins, CO, USA. 2012.
- Bruehlmann U, Hayon E. One-electron redox reaction of water soluble vitamins. I. Nicotinamide (vitamin B₃) and related compounds. *J Am Chem Soc.* 1974. 96:6169-6175.
- Cho JJ, Hong SJ, Boo CG, Jeong Y, Jeong CH, Shin EC. Investigation of water-soluble vitamin (B₁, B₂, and B₃) contents in various roasted, steamed, stir-fried, and braised foods produced in Korea. *J Food Hyg Saf.* 2019. 34:454-462.
- 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.
- Chung HK, Yoon KS, Woo N. Effects of cooking method on the vitamin and mineral contents in frequently used vegetables. *Korean J Food Cook Sci.* 2016. 32:270-278.
- Dwivedi BK, Arnold RG. Chemistry of thiamin degradation on food products and model systems. Review. *J Agric Food Chem.* 1973. 21:54-60.
- Ei-Hazmi MAF, Warsy AS. Riboflavin status in a Saudi population - A study in Riyadh. *Ann Nutr Metab.* 1987. 31:253-258.
- Holler U, Wachter F, Wehrli C, Fizet C. Quantification of biotin in feed, food, tablets, and premixes using HPLC-MS/MS. *J Chromatogr B.* 2006. 831:8-16.
- Hoppel C, Dimarco JP, Tandler B. Riboflavin and rat hepatic cell structure and function: Mitochondrial oxidative metabolism in deficiency states. *J Biol Chem.* 1979. 254:4164-4170.
- Hur JY, Hwang IK. The stability of water-soluble and fat-soluble vitamins in milk by heat treatments. *Korean J Soc Food Cook Sci.* 2002. 18:487-494.

- Jung UH, Cha SH, Kim BH, Yoon SW, Kim IH, Chun J, et al. Comparison of the nutritional composition for *Bokkeumbap* products in high-frequency processed foods in the Republic of Korea. *Korean J Food Nutr.* 2019. 32:589-597.
- Kim DS, Kim HS, Hong SJ, Cho JJ, Choi M, Heo SU, et al. Investigation of water-soluble vitamin (B₁, B₂, and B₃) content in various rice, soups, and stews produced in Korea. *Korean J Food Sci Tech.* 2018. 50:362-370.
- 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.* 2017. 46:944-951.
- 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 JY, Heo DW, Lee HJ, Lee YH. A case of thiamine (vitamin B₁)-deficient optic neuropathy associated with Wernicke's encephalopathy. *J Korean Ophthalmol Soc.* 2013. 54:1954-1959.
- Kim Y, Na HJ. Food sources of thiamin, riboflavin, and niacin based on food composition table and national annual food supply data in food balance sheet. *J Nutr Health.* 2001. 34: 809-820.
- Kwon J, Lee SH, Choi Y, Kim Y. Biotin analysis in selected agricultural foods consumed in Korea. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2019. 48:1366-1372.
- Kwon JH, Jeon AY, Kim YH. Contents of water-soluble vitamins in commercial home meal replacement. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2020. 49:1077-1085.
- Lahely S, Ndaw S, Arella F, Hasselmann C. Determination of biotin in foods by high-performance liquid chromatography with post-column derivatization and fluorimetric detection. *Food Chem.* 1999. 65:253-258.
- Lee HS, Chang MJ, Kim HY, Shim JS, Lee JS, Kim KN. Survey on utilization and demand for national food composition database. *J Nutr Health.* 2018a. 51:186-198.
- 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.
- Lee JS, Shin JS, Kim KN, Lee HS, Chang MJ, Kim HY. Key foods selection using data from the 7th Korea National Health and Nutrition Examination Survey (2016~2018). *J Nutr Health.* 2021. 54:10-22.
- Lee Y, Kim DS, Jung EK, Joo N. Development of cookies with brewer's yeast and beans to improve skin health of lactating women. *J Korean Diet Assoc.* 2018b. 24:31-47.
- McMahon RJ. Biotin in metabolism and molecular biology. *Annu Rev Nutr.* 2002. 22:221-239.
- MFDS. Korea Food Code. 2018 [cited 2021 Mar 25]. Available from: <https://www.foodsafetykorea.go.kr/portal/safeFoodlife/food/foodRvLv/foodRvLv.do>
- Pacheco-Alvarez D, Solórzano-Vargas RS, Del Río AL. Biotin in metabolism and its relationship to human disease. *Arch Med Res.* 2002. 33:439-447.
- Park YE, Nam KH, Kim YK, Chun J. Validation of immunoaffinity-HPLC/PDA method for microvitamin (biotin and cobalamins) analysis in marine resources and products. *Korean J Food Preserv.* 2020. 27:744-753.
- RDA. Korean Food Database System. 2021 [cited 2021 Apr 27] Available from: <http://koreanfood.rda.go.kr/kfi/fct/fctFoodSrch/list>
- Said HM, Sharifian A, Bagherzadeh A, Mock D. Chronic ethanol feeding and acute ethanol exposure in vitro: effect on intestinal transport of biotin. *Am J Clin Nutr.* 1990. 52:1083-1086.
- Shaw JH, Phillips PH. The pathology of riboflavin deficiency in the rat. *J Nutr.* 1941. 22:345-358.
- Shim JS, Lee JS, Kim KN, Lee HS, Kim HY, Chang MJ. Selection of key foods for the systematic management of a food and nutrient composition database. *Nutr Res Pract.* 2017. 11: 500-506.
- USDA. USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Legacy Release. 2019 [cited 2021 Mar 25]. Available from: <https://data.nal.usda.gov/dataset/usda-national-nutrient-database-standard-reference-legacy-release>
- Williams A, Ramsden D. Nicotinamide: A double edged sword. *Parkinsonism Relat Disord.* 2005. 11:413-420.
- Yoon J, Chung H, Kim Y. Analysis of selected water-soluble vitamin B₁, B₂, B₃, and B₁₂ contents in namul (wild greens) consumed in Korea. *Korean J Food Nutr.* 2019. 32:61-68.
- Yoon MO, Lee HS, Kim K, Shim JE, Hwang JY. Development of processed food database using Korea National Health and Nutrition Examination Survey data. *J Nutr Health.* 2017. 50: 504-518.
- Zempleni J, Mock DM. Biotin biochemistry and human requirements. *J Nutr Biochem.* 1999. 10:128-138.