

색상별 파프리카 품종의 조리법에 따른 수용성 비타민의 함량 변화

김기쁨^{1†} · 강인규^{2†} · 황영선³ · 박경일⁴ · 최용민⁵ · 정명근^{1*}

¹강원대학교 생약자원개발학과, ²경북대학교 원예과학과, ³텍사스주립대학교 생물학과,
⁴영남대학교 원예생명과학과, ⁵농업과학원 농식품자원부 기능성식품과

Changes in Water-soluble Vitamin Contents in Response to Different Processing Methods in Various Paprika Cultivars

Gi-Ppeum Kim^{1†}, In-Kyu Kang^{2†}, Young-Sun Hwang³, Kyeong-il Park⁴,
Youngmin Choi⁵, and Myoung-Gun Choung^{1*}

¹Department of Herbal Medicine Resource, Kangwon National University, Samcheok 25949, Korea

²Department of Horticultural Science, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea

³Department of Biology, University of Texas-Arlington, Arlington, TX 76019, USA

⁴Department of Horticulture & Life Science, Yeungnam University, Gyeongsan 38541, Korea

⁵Functional Food and Nutrition Division, National Academy of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea

*Corresponding author: cmg7004@kangwon.ac.kr

†These authors contributed equally to this work

Received: November 13, 2017

Revised: January 30, 2018

Accepted: January 31, 2018

 OPEN ACCESS



HORTICULTURAL SCIENCE and TECHNOLOGY
36(5):766-775, 2018
URL: <http://www.kjhst.org>

pISSN : 1226-8763
eISSN : 2465-8588

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Copyright©2018 Korean Society for Horticultural Science.

Financial support for this research was supported by a grant from 2018 Research Fund (PJ01083803) of Rural Development Administration, Republic of Korea.

Abstract

The aim of this study was to determine the changes in water-soluble vitamin B₁, B₂, B₃, and C contents in raw and processed materials from different colored paprika cultivars including ‘Cupra’ (red), ‘Maserati’ (yellow), and ‘Boogie’ (orange). We validated the specificity, accuracy, and precision of our vitamin B₁, B₂, B₃, and C analysis method using high-performance liquid chromatography (HPLC). The recovery rate of certified reference material (CRM) was excellent for vitamin B₁, B₂, B₃, and C. We analyzed vitamin B₁, B₂, B₃, and C contents in 33 samples, which ranged from 0 to 0.13 mg/100g, 0.01 to 0.12 mg/100g, 0 to 3.74 mg/100g, and 36.94 to 115.41 mg/100g, respectively. The highest vitamin B₁, B₂, B₃, and C contents were 0.13 mg/100g in raw material from ‘Maserati’ paprika, 0.12 mg/100g in ‘Boogie’ paprika after microwave treatment, 3.74 mg/100g in ‘Cupra’ paprika after grilling treatment, and 115.41 mg/100g in ‘Cupra’ paprika after frying treatment, respectively. Vitamin B₁ was only detected in raw materials from ‘Cupra’ and ‘Maserati’.

Additional key words: analysis method, HPLC/DAD, HPLC/FLD, processed material, vitamins

서 언

파프리카(paprika)는 중남미가 원산지인 sweet pepper, bell pepper로도 불리며, 맵지 않은 *Capsicum annuum* 종에 속한다(Lee et al., 2002). 파프리카는 비타민(vitamin) C와 α -tocopherol 함량과 더불어 빨

간색의 capsanthin, 주황색의 β -carotene, 노란색의 lutein 등 카로티노이드가 풍부하게 함유되어 있어 건강식 및 관능적인 만족감을 추구하는 소비자의 기호에 부합하는 대표적인 과채류로 소비되고 있다(Bhandari et al., 2016; Jeong et al., 2006). 또한 국내에 도입되어 1990년대에 채소류 중 수출량이 증가하면서 고부가가치 고소득 작물이라는 인식이 확산되면서 2016년도에는 재배면적이 800ha로 80,000톤이 생산되었고, 일본, 홍콩 등 30,276톤(수출액 93,793천 달러)을 수출하여 농산물 단일품목으로는 수출액이 가장 큰 작물이었다(Kim et al., 2014). 국내에서도 파프리카의 소비량이 계속 증가하고 있는 추세이며, 현재는 주로 가공하지 않은 생과 형태로 소비되고 있지만, 향후 다양한 가공품의 개발로 가격 안정화 및 소비 확대를 기대하고 있다(Kim et al., 2014). 그러나 파프리카는 Capsicum속 식물에서 비롯하는 특유의 풍미 때문에 소비층 확대에 다소 장애요인이 있지만, 고추와 달리 과육이 두텁고 과즙이 많아 과일을 대체할 수 있는 작물로 소비가 증가되고 있지만(Lee et al., 2016), 이들의 다양한 조리방법별 수용성 비타민 함량 분석에 대한 연구는 없는 실정이다.

수용성 비타민 B₁(thiamin)은 음식물 대사과정에 필수적이고, 세포기능 발휘를 위한 에너지 생성 및 신경자극 전달에 관여하며, 비타민 B₂(riboflavin)는 에너지 생성, 트립토판의 나이아신 전환, 동맥경화증이나 고혈압 예방, 성장 촉진, 식욕 증진 및 질병에 대한 저항력 강화에 효과적이다(Cho et al., 2014). 비타민 B₃(niacin)는 부족할 경우 점막장애, 설사, 색소 침착, 우울증, 불면, 두통, 노이로제 등이 발생하는 것으로 알려져 있고(Hong et al., 2009), 비타민 C는 아미노산 생합성에 이용되며, 부신으로부터 호르몬 분비, 지방산을 미토콘드리아로 운반하기 위한 담체 역할을 하기도 한다(Kim et al., 2010). 수용성 비타민의 경우 식재료에 열처리를 하게 되면 산화에 의한 색소의 변화와 손실, 수용성 성분의 용출 등이 일어나게 되고(Selman, 1993), 채소를 섭취할 경우, 신선물 상태로 먹기도 하지만 대부분 조리를 통하여 소비하고 있어 조리하는 방법에 따라 채소가 가진 고유의 특성이 영향을 받게 된다. 그 중에서도 수용성 비타민의 경우, 조리과정 중 조리수로 상당량이 용출되어 영양학적 가치를 손실시키므로 영양소가 최대한 손실되지 않는 조리방법을 적용하는 것이 중요하다(Chung et al., 2016).

따라서 본 연구는 세 가지 색깔의 파프리카 품종을 대상으로 신선 상태 및 그 조리방법에 따른 수용성 비타민 B₁, B₂, B₃ 및 C의 함량 변화를 분석하여, 과채류 식이패턴 변화의 기초자료로 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

시험재료

본 시험에 사용된 파프리카는 경북대학교 유리온실에서 포트재배를 통하여 재배하였다. 시험에 사용된 파프리카(*Capsicum annuum* L.) 품종은 ‘Cupra’(적색), ‘Maserati’(노란색), ‘Boogie’(주황색) 등 국내에서 가장 많이 소비되고 있는 과피색이 서로 다른 3품종을 사용하였다. 파프리카 과실 생산을 위하여 2016년 3월 30일에 파종하여 우수한 소질의 묘를 선발하여 포트로 정식한 후 관행재배법에 의하여 재배하였다. 과실의 수확은 전면 착색된 시료를 8월 20일에 1반복 30개로 하여 총 90개 과실을 수확한 후 시험재료로 이용하였다.

시험처리

굽기(grilling) 처리는 인덕션(Daeryung, Seoul, Korea) 전력을 1,400W로 3분, 1,200W로 3분, 800W로 3분 3초 동안 조리하였으며, 볶기(stir-frying) 처리는 기름량 10mL에 인덕션 전력 1,400W로 5분, 800W로 5분 동안 조리하였다. 찌기(steaming) 처리는 증류수 3,000mL를 가열 후 전력 1,400W로 2분, 시료를 뒤집은 뒤 2분간 쪄낸 후 3분간 채에 받쳐 물기를 제거하였다. 삶기(boiling) 처리는 증류수 3,000mL를 가열 후 인덕션 전력 1,400W로 3분 30초간 삶고, 채에 받쳐 3분간 물기를 제거하였다. 튀기기(frying) 처리는 전기튀김기(DK-201, Delki, Goyang, Korea)를 170°C로 예열 후, 2분간 조리하여 키친 타올 3겹으로 3번 문질러 기름기를 제거하였다. 로스팅(roasting) 처리는 컨벡션 오븐(Fscw61, Fujimak, Tokoyo, Japan)을 170°C로 예열 후 10분간 조리하였으며, 전자레인지(microwaving, 700W, 2450MHz, Rw-c23rws, Samsung, Seoul, Korea) 처리는 1차로 3분간 조

리한 후 뒤집어서 2차로 3분간 재조리하였으며, 무치리는 원재료(raw material)를 사용하였다. 이상의 조리법은 가정에서 일반적으로 조리하는 유사한 상황을 재현하였으며 시료가 익을 때까지 조리하였다. 모든 시험시료는 처리 후 -80°C 냉동고에서 보관하면서 분석시료로 사용하였다.

분석에 사용된 초순수 증류수, methanol 및 acetonitrile은 HPLC용을 J.T.Baker Co.(Phillipsburg, NJ, USA)사로부터 구입하였고, 비타민 B₁, B₂, B₃ 및 C의 표준시약[thiamine hydrochloride, riboflavin-5'-adenosyldiphosphate(FAD), riboflavin-5'-phosphate(FMN), riboflavin, nicotinic acid and nicotin amide, L-ascorbic acid]은 Sigma-Aldrich Co.(St. Louis, MO, USA)사 제품을 사용하였다. 아울러 분석법 검증에 사용된 표준참고물질(Standard Reference Material, SRM)의 경우에는 미국 NIST(National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, USA)에서 구입하여 사용하였다.

비타민 B₁ 및 B₃의 추출 및 전처리

비타민 B₁ 및 B₃의 추출방법은 식품영양성분 국가관리망 사업 매뉴얼(MFDS, 2011) 및 Kim et al.(2014)의 방법으로 수행하였다. 균질화된 각 파프리카 시료 약 5g에 25mL의 5mM sodium 1-hexanesulfonate 용액을 첨가하여 40°C 조건의 초음파추출기(JAC 4020, Kodogyeon, Gyeonggi, Korea)로 30분간 추출하였다. 이 추출액을 10분간 원심분리(27,237×g, 1730MR, Gyrozen, Daejeon, Korea)하고, 0.45µm 수용매용 syringe filter(Whatman Inc., Maidstone, UK)로 상징액을 여과한 후 high performance liquid chromatography/diode array detector(HPLC/DAD)의 분석시료로 사용하였다.

비타민 B₂의 추출 및 전처리

비타민 B₂의 추출방법은 식품공전의 비타민 분석법 1,2,2,3법(MFDS, 2011) 및 Kim et al.(2014)의 방법을 이용하였다. 균질화된 시료 약 5g에 증류수 50mL를 첨가한 후 80°C의 조건에서 30분간 환류 추출하였다. 추출액을 10분간 원심분리(27,237×g, 1730MR, Gyrozen, Daejeon, Korea)하고, 0.45µm 수용매용 syringe filter(Whatman Inc., Maidstone, UK)를 이용하여 상징액을 여과한 후 high performance liquid chromatography/fluorometric detector(HPLC/FLD)의 분석시료로 사용하였다.

비타민 C의 추출 및 전처리

비타민 C의 추출은 식품공전의 비타민 분석법 1,2,2,4의 방법을 이용하였다(MFDS, 2011). 균질화된 시료 약 5g에 동량의 10% KH₂PO₄ 용액을 첨가하여 10분간 현탁시킨 후 5% KH₂PO₄ 용액을 이용하여 100mL로 정용하였다. 이 추출액을 Whatman No. 1 여과지로 1차 여과한 후 0.45µm 수용성 syringe filter로 2차 여과하여 high performance liquid chromatography/diode array detector(HPLC/DAD)의 분석시료로 사용하였다.

HPLC/DAD를 이용한 수용성 비타민 함량 분석

수용성 비타민의 분석조건은 Table 1과 같다. 비타민 B₁ 및 B₃의 분석은 Agilent 1260 infinity HPLC(Wilmington, DE, USA)를 이용하였고, 분석용 칼럼은 YMC-Pack ODS-AM(250×4.6mm I.D.)을 사용하였다. 칼럼의 온도는 40°C로 설정하였으며, 이동상 용매의 경우 A용매로는 5mM sodium 1-hexanesulfonate를, B용매는 methanol을 사용하여 분석하였다. 분석파장 및 유속은 각각 270nm 및 0.8mL·min⁻¹로 설정하여 분석하였다.

비타민 B₂의 분석에는 Waters HPLC system(600E pump, 470 fluorescence detector, 717 auto sampler 및 600 controller)을 사용하였고, 분석용 칼럼은 YMC-Pack Pro RS C₁₈(250×4.6mm I.D.) 칼럼을 이용하였다. 칼럼의 온도는 40°C로 설정, 이동상 용매는 A용매 10mM NaH₂PO₄(pH 5.5), B용매 methanol을 사용하여 75% A:25% B(v/v) 비율의 조건으로 분석하였으며, 분당 유속은 0.8mL, 분석파장은 여기파장(excitation) 445nm 및 방출파장(emission) 530nm로 설정하였다.

비타민 C의 분석은 Agilent 1260 infinity HPLC(Wilmington, DE, USA)를 사용하였고, 분석용 칼럼은 Waters Spherisorb (250×4.6mm I.D.)을 사용하였다. 칼럼온도는 25°C, 이동상 용매는 A용매로 50mM KH₂PO₄, B용매 acetonitrile을 사용하여 60% A:40% B(v/v) 비율의 조건으로 분석을 실시하였고, 분당 유속은 1mL, 검출파장은 254nm로 설정하여 분석을 실시하였다.

검출한계(LOD) 및 정량한계(LOQ)

비타민 B₁, B₂, B₃ 및 C의 함량은 성분별 표준용액의 농도별 검량선을 작성하여 직선성(linearity)을 확인한 후 검량식에 적용하였으며, 각 성분의 S/N(signal/noise) 비가 3.3 및 10이 되는 농도를 각각 LOD 및 LOQ로 설정하였다(Table 2).

Table 1. HPLC operating conditions for vitamin B₁, B₂, B₃, and C analysis

Vitamin B ₁ and B ₃	
Column	YMC-Pack ODS AM (250 mm × 4.6 mm, 5 μm)
Detector	UV detector (270nm)
Mobile phase	A: 5 mM sodium 1-hexanesulfonate (Acetic acid 7.5 mL + Triethylamine 0.2 mL/1L), B: Methanol
Gradient profile	0 minute: A 100%, 8 minutes: A 100%, 20 minutes: A 75%, 30 minutes: A 55%, 31 minutes: A 100%, 45 minutes: A 100%
Flow rate	0.8 mL·min ⁻¹
Injection vol.	20 μL
Column Temp.	40°C
Vitamin B ₂	
Column	YMC-Pack Pro RS C ₁₈ (250 mm × 4.6 mm, 5 μm)
Detector	FL detector (Ex λ =445 nm, Em λ = 530 nm)
Mobile phase	A: 10 mM NaH ₂ PO ₄ (pH 5.5), B: Methanol 75% A: 25% B (v/v), isocratic elution
Flow rate	0.8 mL·min ⁻¹
Injection vol.	20 μL
Column Temp.	40°C
Vitamin C	
Column	Waters Spherisorb (250 mm × 4.6 mm, 5 μm)
Detector	UV detector (254 nm)
Mobile phase	A: 50 mM KH ₂ PO ₄ , B: Acetonitrile 60% A: 40% B (v/v), isocratic elution
Flow rate	1.0 mL·min ⁻¹
Injection vol.	20 μL
Column Temp.	25°C

Table 2. Comparison of LOD and LOQ values of vitamin B₁, B₂, B₃, and C

Component		LOD ^z (mg·Kg ⁻¹)	LOQ ^y (mg·Kg ⁻¹)
Vitamin B ₁	Thiamine	0.03	0.09
	FAD	0.10	0.30
Vitamin B ₂	FMN	0.03	0.09
	Riboflavin	0.02	0.06
Vitamin B ₃	Nicotinic acid	0.08	0.24
	Nicotinamide	0.05	0.15
Vitamin C	Ascorbic acid	0.02	0.06

^zLOD: limit of detection.

^yLOQ: limit of quantitation.

수용성 비타민의 분석법 검증

수용성 비타민의 분석법의 정확성과 회수율은 인증표준물질(certified reference material, CRM)인 1849a(Infant/Adult formula)를 이용하여 검증하였다.

통계처리

통계 분석에는 SAS(Statistical Analysis System, V 9.4) 통계프로그램을 사용하였고, 각 처리별로 평균간 유의성 검증은 Duncan's multiple range test ($p < 0.05$)로 수행하였다.

결과 및 고찰

수용성 비타민의 분석법 검증

비타민 B₁, B₂, B₃ 및 C 분석 결과의 신뢰성 확보를 위해 인증표준물질을 이용한 회수율 및 정확성 검증을 실시한 결과, 비타민 B₁, B₂, B₃ 및 C 모두 97.9%-100.4% 사이의 우수한 회수율을 나타내는 것을 확인하였다(Table 3 and Figs. 1-4).

Table 3. Recovery and RSD of vitamin B₁, B₂, B₃, and C contents for CRM (Certified reference material)

Component	Sample	Reference value	Analysis value	Recovery (%)	RSD (%)
		(mg/100g)			
Vitamin B ₁	SRM 1849a (infant/adult nutritional formula)	1.26 ± 0.10 ^a	1.23 ± 0.00	97.9 ± 0.0	0.02
Vitamin B ₂		2.04 ± 0.10	1.99 ± 0.09	97.9 ± 4.3	4.44
Vitamin B ₃		10.80 ± 1.00	10.84 ± 0.03	100.4 ± 0.3	0.29
Vitamin C		78.40 ± 6.50	78.18 ± 1.03	99.7 ± 1.3	1.32

^aThe values are mean ± SD of 3 replications.

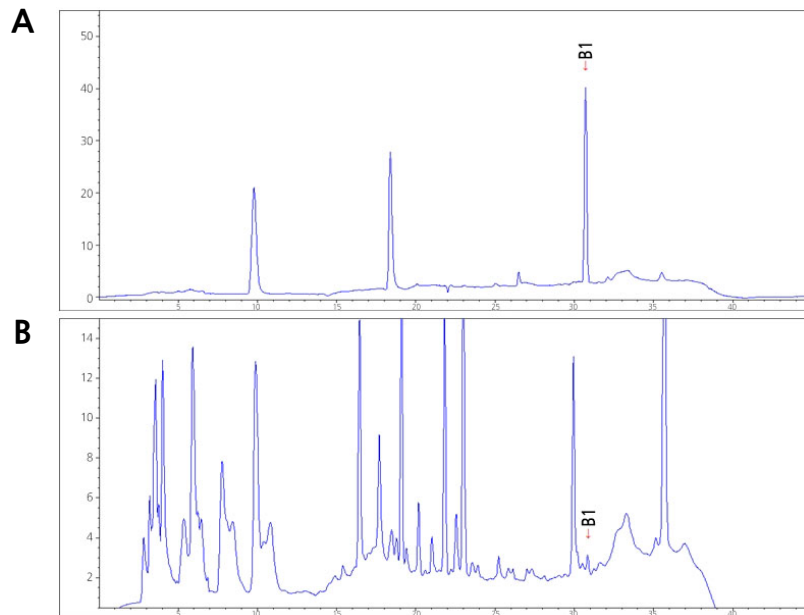


Fig. 1. HPLC chromatograms of vitamin B₁ standard solution (A) and sample (B).

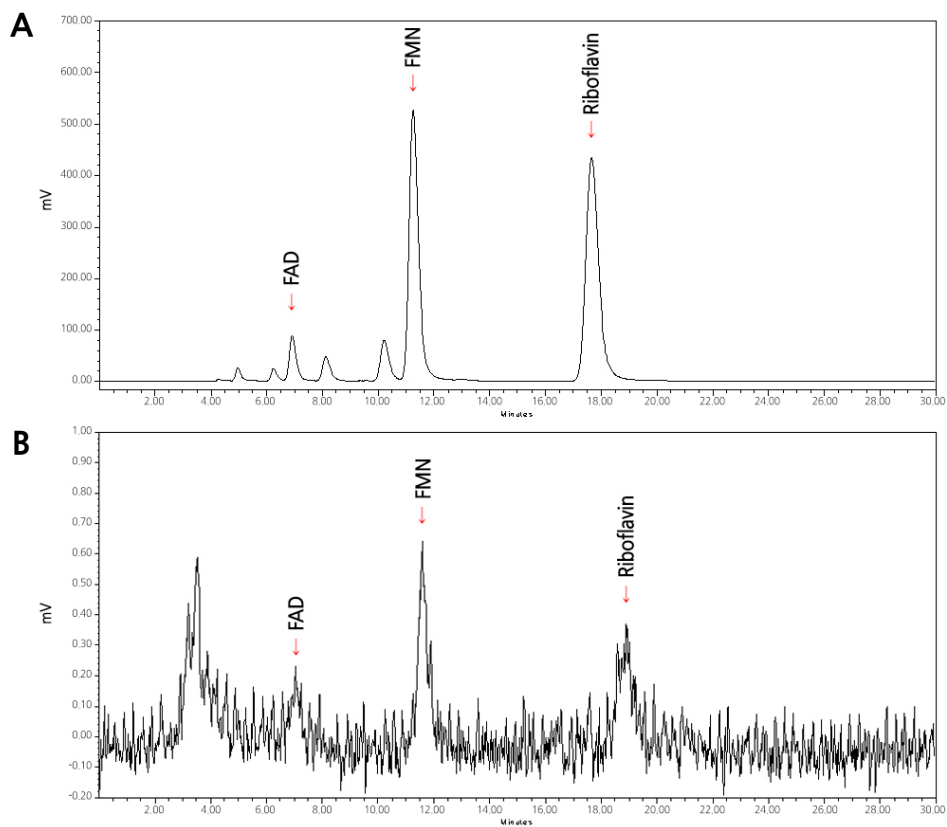


Fig. 2. HPLC chromatograms of vitamin B₂ standard solution (A) and sample (B).

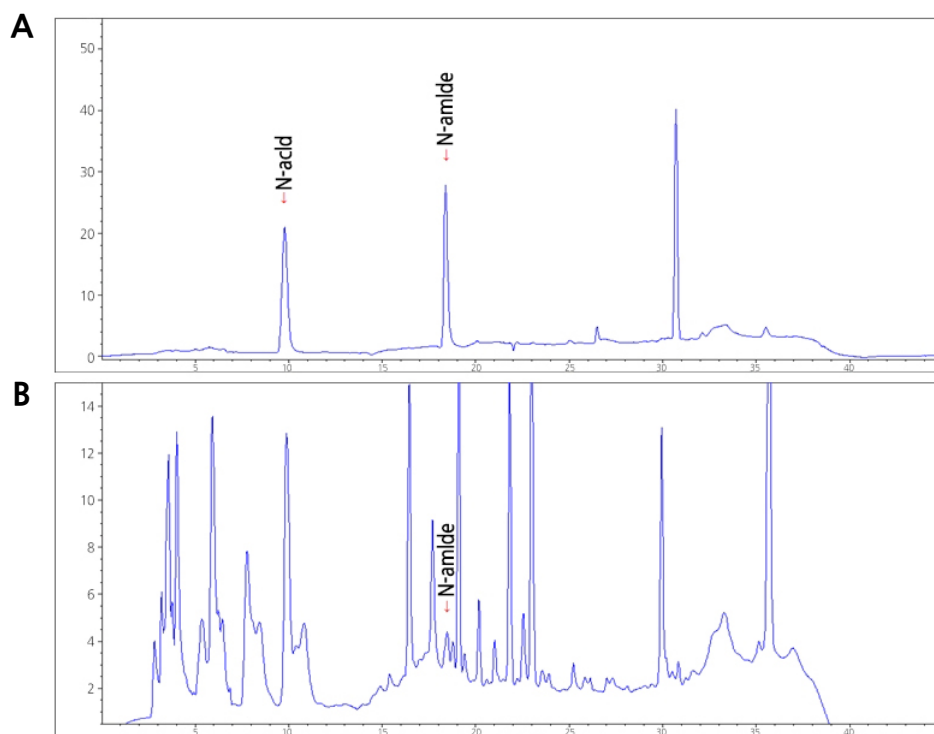


Fig. 3. HPLC chromatograms of vitamin B₃ standard solution (A) and sample (B).

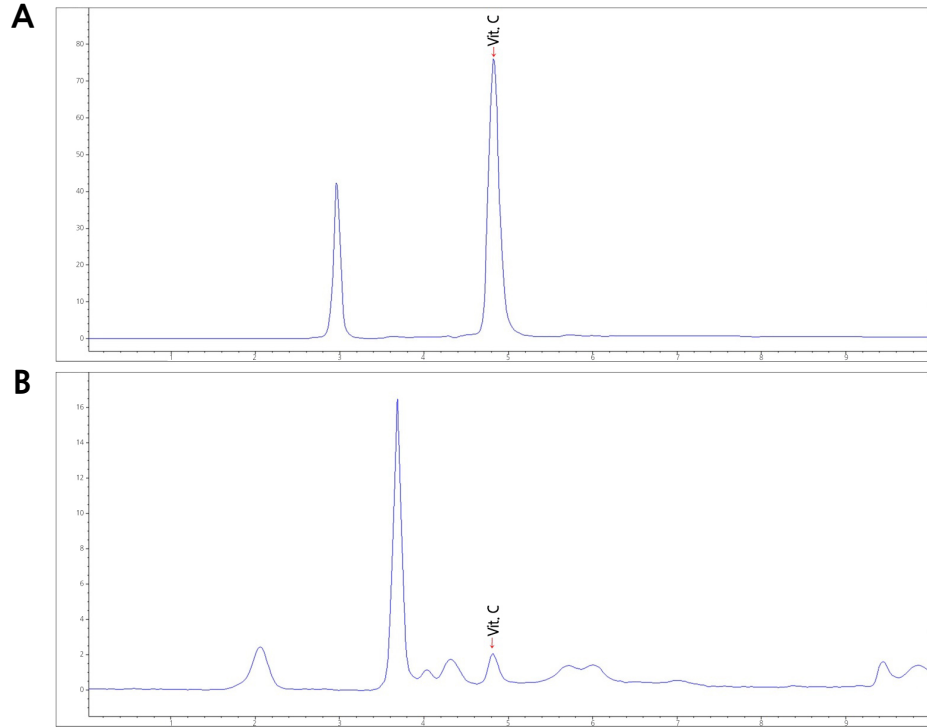


Fig. 4. HPLC chromatograms of vitamin C standard solution (A) and sample (B).

수용성 비타민의 함량 분석

과피 색상별 파프리카 3종의 원재료 및 조리 방법별 비타민 B₁, B₂, B₃ 및 C의 함량을 정량 분석하였다(Table 4). 비타민 B₁의 함량은 원재료의 경우 ‘Cupra’(적색) 품종에서는 $0.10 \pm 0.06\text{mg}/100\text{g}$ 이었고, ‘Maserati’(노란색) 품종에서는 $0.11 \pm 0.05\text{mg}/100\text{g}$ 함량을 보였지만, 7가지 조리 처리의 모든 시료에서는 비타민 B₁이 전혀 검출되지 않아 조리방법에 의해 전량 소실되는 양상을 나타내었다. ‘Boogie’(주황색) 품종은 원재료뿐만 아니라 7가지 조리 방법에서도 비타민 B₁이 검출되지 않았다. 이는 비타민 B₁은 황이 함유된 오각형의 환과 질소가 함유된 육각형의 환이 비타민 B₁의 구조 중앙에 위치한 탄소에 연결되어 있어, 중앙에 위치한 탄소와 각 고리의 화학적 결합이 열에 장시간 노출 시 쉽게 파괴되어 기능을 상실하게 되는(Park, 2010) 구조적 특성에 의한 결과로 판단되었다. Kim et al.(2017)이 보고한 명절 및 제사음식에 함유된 비타민 B₁ 함량 분석 결과에서도 11종의 나물류 중 2종의 나물을 제외한 모든 조리된 나물류에서 비타민 B₁이 검출되지 않아 본 결과와 유사한 양상을 보였다.

한편, 과피 색상별 파프리카 중 비타민 B₂를 분석한 결과, ‘Cupra’ 품종은 기름을 첨가하여 조리하는 볶기($0.07 \pm 0.02\text{mg}/100\text{g}$) 및 튀기기($0.07 \pm 0.02\text{mg}/100\text{g}$) 처리에서 가장 높은 비타민 B₂ 함량을 나타내었다. 그리고 원재료, 굽기, 찌기, 로스팅 및 microwave 처리에서는 처리구 간의 유의적 차이가 없었으며, 삶기 처리에서는 $0.03 \pm 0.02\text{mg}/100\text{g}$ 의 함량을 나타내어 비타민 B₂ 함량이 가장 낮은 조리법으로 조사되었다. 우리나라 전통 채소 조리법의 다수가 데치거나 삶기와 같이 수분을 첨가하여 열처리하는 경우가 많은데, 이러한 방법은 가수 및 열처리 시간에 비례하여 수용성 비타민과 무기질 성분 상당량이 조리수로 용출되어 상실하게 된다(Chung et al., 2016). Kim et al.(2012)의 연구에 의하면 식품을 삶거나 데치는 과정에서 조직의 파괴와 연화로 인해 수용성 비타민 성분이 조리수로 용출되어 그 함량이 감소할 수 있다고 하였다. 본 연구 결과에서도 삶기 처리에서 유의적으로 낮은 비타민 B₂ 함량을 보였다. 그리고 ‘Maserati’ 품종은 튀기기($0.05 \pm 0.00\text{mg}/100\text{g}$), 찌기($0.04 \pm 0.02\text{mg}/100\text{g}$) 처리 및 원재료($0.03 \pm 0.01\text{mg}/100\text{g}$) 순으로 높은 비타민 B₂ 함량을 나타내어, 튀기기 및 찌기 처리에서는 원재료보다 높은 비타민 B₂ 함량을 나타내었다. 이는 Lee et al.(2016)이 보고한 열처리 방법에 따른 마늘의 영양성분 변화에서 비타민 B₂의

함량이 원재료 대비 데치거나 구웠을 때 더 높게 나타난다는 연구결과와 유사한 양상을 보였다. 그 외 굽기, 볶기, 로스팅 및 microwave 처리의 경우 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았으며, 삶기 처리구(0.01 ± 0.00mg/100g)에서 가장 낮은 비타민 B₂ 함량을 나타내어 ‘Cupra’ 품종과 동일한 양상을 보였다. ‘Maserati’ 품종의 경우 삶기 처리에서는 튀기기 처리구에 비하여 약 8배 이상, 원재료와는 약 4배 이상으로 비타민 B₂ 함량이 낮았다. ‘Boogie’ 품종의 경우는 로스팅 처리에서는 비타민 B₂ 함량이 0.12 ± 0.03mg/100g으로 가장 높았고, 나머지 처리에서는 0.02-0.04mg/100g으로 함량이 낮았고, 처리간 유의적인 차이가 없었다. 비타민 B₂는 알칼리 상태와 가시광선 및 자외선에 의해 쉽게 분해되지만, 다른 수용성 비타민보다 산화와 열에 안정하다고 하였는데(Ahn, 1999), 본 연구 결과에서도 조리방법에 따른 함량 차이는 있으나, 비타민 B₁ 및 B₃와는 달리 모든 조리방법 별 처리에서 비타민 B₂ 성분이 검출되어 Ahn(1999)의 결과와 일치하였다.

비타민 B₃의 경우, 파프리카 3품종 모두 굽기 처리를 하였을 때 가장 높은 함량을 나타내었다. ‘Maserati’ 품종의 경우 굽기뿐만 아니라 볶기 처리에서도 유의적으로 높은 함량을 나타내었는데, 이는 Lee et al.(2016)이 마늘을 구웠을 때 비타민 B₃의 함량이 높게 나타난다는 연구결과와 같은 양상임을 확인하였으며, 비타민 B₃의 경우 다른 비타민에 비해 열, 산, 알칼리 및 빛 등에 영향을 크게 받지 않는다고 보고된 바 있다(Ahn, 1999). 한편, ‘Cupra’와 ‘Maserati’ 품종은 튀겼을 때 비타민 B₃ 함량이 각각 1.18 ± 0.56mg/100g 및 0.98 ± 0.18mg/100g으로 나타나 3품종의 파프리카 조리법 중에서 동일하게 두 번째로 높은 비타민 B₃

Table 4. Comparison of vitamin B₁, B₂, B₃, and C contents in various paprika cultivars

Cultivars	Processing method	Vitamin B ₁	Vitamin B ₂	Vitamin B ₃	Vitamin C
		(mg/100g)			
‘Cupra’(Red)	Raw material	0.10a ^z ± 0.06 ^y	0.04ab ± 0.01	ND	44.89g ± 0.26
	Boiling	ND ^x	0.03b ± 0.02	0.47c ± 0.21	52.23f ± 1.23
	Grilling	ND	0.05ab ± 0.01	3.74a ± 0.49	82.19b ± 2.44
	Stir-frying	ND	0.07a ± 0.02	ND	78.62c ± 1.50
	Frying	ND	0.07a ± 0.02	1.18b ± 0.56	115.41a ± 0.47
	Steaming	ND	0.05ab ± 0.00	ND	72.24d ± 0.99
	Roasting	ND	0.05ab ± 0.01	ND	64.73e ± 0.05
	Microwaving	ND	0.04ab ± 0.00	ND	81.03b ± 0.03
‘Maserati’(Yellow)	Raw material	0.13a ± 0.05	0.03abc ± 0.01	ND	42.09e ± 0.18
	Boiling	ND	0.01c ± 0.00	ND	36.94f ± 0.14
	Grilling	ND	0.02bc ± 0.00	3.18a ± 0.17	56.90b ± 0.73
	Stir-frying	ND	0.02bc ± 0.01	3.62a ± 0.95	45.10d ± 2.25
	Frying	ND	0.05a ± 0.00	0.98b ± 0.18	71.73a ± 0.26
	Steaming	ND	0.04ab ± 0.02	ND	42.88e ± 0.41
	Roasting	ND	0.02bc ± 0.01	ND	52.21c ± 1.01
	Microwaving	ND	0.02bc ± 0.01	ND	53.95c ± 0.58
‘Boogie’(Orange)	Raw material	ND	0.03b ± 0.00	0.06ab ± 0.02	75.29bc ± 1.33
	Boiling	ND	0.02b ± 0.01	0.07ab ± 0.00	55.06e ± 0.04
	Grilling	ND	0.04b ± 0.01	0.08a ± 0.04	55.90e ± 0.17
	Stir-frying	ND	0.03b ± 0.00	0.03bc ± 0.01	71.54c ± 1.07
	Frying	ND	0.03b ± 0.00	0.07ab ± 0.03	86.63a ± 0.95
	Steaming	ND	0.04b ± 0.02	0.06ab ± 0.02	65.50d ± 1.48
	Roasting	ND	0.12a ± 0.03	0.07ab ± 0.02	76.42bc ± 6.15
	Microwaving	ND	0.02b ± 0.00	ND	80.11b ± 0.60

^zMean with different letters are significantly different by Duncan's multiple range test at *p* < 0.05.

^yThe values are mean ± SD of 3 replications.

^xND: Not detected.

함량을 나타내었다. 그리고 원재료를 포함한 그 외의 조리방법에서는 비타민 B₃가 전혀 검출되지 않았다. 그리고 ‘Boogie’ 품종은 다른 2품종의 파프리카와는 다르게 microwave 처리에서는 비타민 B₃가 전혀 검출되지 않았다. 그리고 원재료, 삶기, 튀기기, 찌기 및 로스팅 처리에서는 0.06-0.07mg/100g으로 유의적인 차이가 없었으며, 볶기 처리에서는 0.03 ± 0.01mg/100g을 나타내어 가장 낮은 비타민 B₃ 함량을 보였다. Chung et al.(2016)은 수분을 25% 가하여 가열 조리한 저수분 조리법 및 재료 중량에 수분을 500-1,000% 가하는 일반 조리법에 따른 비타민 B₃ 함량은 일반 조리방법(삶기 및 찌기 등)에서 57.14-64.58%로 급격히 감소하는 경향을 보였다고 하였다. 본 결과에서도 ‘Maserati’ 품종에서 유사한 경향을 보여 비타민 B₃의 함량은 열처리, 데침 및 끓임처리 과정에서 크게 변화하지 않는다고 보고한 Ahn(1999)의 결과와는 다소 상반되는 결과를 보였다.

비타민 C의 경우, 색상이 다른 3품종의 파프리카를 튀겼을 때 가장 높은 함량을 나타내었다(Table 4). 그리고 ‘Maserati’ 품종에서는 굽기 처리(56.90 ± 0.73mg/100g), ‘Boogie’ 품종에서는 microwave 처리(80.11 ± 0.60mg/100g), ‘Cupra’ 품종에서는 굽기(82.19 ± 2.44mg/100g) 및 microwave 처리(81.03 ± 0.03mg/100g)로 조리하였을 때 튀기는 조리방법 다음으로 높은 비타민 C 함량을 나타내었다. 한편, ‘Cupra’ 품종은 원재료의 경우 44.89 ± 0.26mg/100g으로 가장 낮은 비타민 C 함량을 나타내었고, 가장 높은 함량을 나타내었던 튀기기 조리방법과는 약 2.5배 차이를 보였다. 아울러 원재료를 7가지 방법으로 조리했을 때 모두 비타민 C 함량이 증가하는 양상을 나타내었다. ‘Maserati’ 품종의 경우 모든 조리법을 적용할 시 원재료(42.09 ± 0.18mg/100g)보다 비타민 C 함량이 증가하는 경향이었으나, 찌기(42.88 ± 0.41mg/100g)와 삶기(36.94 ± 0.14mg/100g) 처리에서만 원재료와 함량이 유사하거나 낮은 경향을 보여 ‘Cupra’ 품종과 유사한 결과를 보였다. ‘Boogie’ 품종의 경우는 원재료(75.29 ± 1.33mg/100g)보다 튀기기(86.63 ± 0.95mg/100g)와 microwave(80.11 ± 0.60mg/100g), 로스팅(76.42 ± 6.15mg/100g) 처리를 제외하고 볶기, 찌기, 삶기 및 굽기 처리에서 원재료보다 낮은 비타민 C 함량을 나타내었고, 이는 ‘Cupra’와 ‘Maserati’ 품종과는 다른 결과를 보였다.

Hwang et al.(2012)도 고추를 이용하여 비타민 C의 함량을 분석한 결과, 데쳤을 때 비타민 C의 함량 감소폭이 크고, 조리시간이 길어질수록 그 함량이 크게 감소하였고, Chung et al.(2016)도 저수분 조리법 적용 시 수분을 포함하는 조리법보다 비타민 C의 함량이 더 높았다고 하였다. 본 연구에서도 마찬가지로 7가지의 조리방법 중 3종의 색상별 파프리카를 삶았을 때 비타민 C가 가장 낮은 함량을 나타내었다. 본 연구에서 7가지의 조리법을 적용하였을 때 원재료 대비 높은 수준의 비타민 C 함량을 나타내었는데, 이 결과는 일반적으로 비타민 C 함량의 경우 조리 후 함량이 낮아진다는 기존 보고와는 다소 상이한 결과를 보였다(Chun et al., 2005; Chung et al., 2009; Kim et al., 2012; Chung et al., 2016). 따라서 본 결과에서 조리 후 비타민 C의 함량이 증가된 것은 조리과정에 의해 원재료 대비 조리된 파프리카가 더 쉽게 조직의 연질화가 발생하면서 더 용이하게 비타민 C의 용출이 가능했으리라고 추정되었다(Chung et al., 2016). 이러한 추정은 본 연구에서 사용된 비타민 C의 추출방법이 다른 수용성 비타민 추출법과는 달리 단순 교반에 의해서만 추출되었고, 이 과정에서 조리를 거친 이미 연질화된 시료가 원재료 대비 원활한 추출이 진행되었을 것으로 판단되었고, 추후 이 부분에 대한 추가적인 세밀한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

이상의 결과에서 색상이 다른 3품종의 파프리카 원재료 및 조리방법에 따른 수용성 비타민들의 함량 변화를 분석한 결과, 과피가 노란색인 ‘Maserati’ 품종의 원재료에서 비타민 B₁의 함량이, 오렌지색인 ‘Boogie’ 품종의 microwave 처리에서 비타민 B₂의 함량이 가장 높았다. 그리고 비타민 B₃ 및 C의 경우에는 과피가 적색인 ‘Cupra’ 품종에서 굽기와 튀기기 처리에서 가장 높은 함량을 나타내었다.

따라서 본 연구는 파프리카 3품종을 대상으로 신선 및 조리방법에 따른 수용성 비타민들의 함량 변화에 대한 분석자료를 제시함으로써 과채류 식이패턴 변화에 중요한 기초자료로 이용될 수 있을 것으로 판단되었다.

초 록

본 연구는 색상이 다른 ‘Cupra’(적색), ‘Maserati’(노란색), ‘Boogie’(주황색) 품종의 파프리카 원재료 및 조리방법에 따른 수

용성 비타민 B₁, B₂, B₃ 및 C의 함량변화를 고속액체 크로마토그래피(HPLC)를 사용하여 분석하였다. 인증표준물질(CRM)을 이용하여 각 성분의 분석법이 신뢰도 높은 방법임을 검증하였다. 검증된 분석법으로 총 33개 시료의 비타민 B₁, B₂, B₃ 및 C의 함량변화를 분석하였다. 비타민 B₁, B₂, B₃ 및 C 분석함량의 범위는 각각 0-0.13, 0.01-0.12, 0-3.74 및 36.94-115.41mg/100g이었다. 그 결과, 비타민 B₁의 경우 ‘Maserati’ 품종의 원재료에서 0.13 ± 0.05mg/100g으로, 비타민 B₂는 ‘Boogie’ 품종의 microwave 처리에서 0.12mg/100g으로, 비타민 B₃와 C는 각각 ‘Cupra’ 품종의 굵기 처리에서 3.74 ± 0.49mg/100g으로, 튀기기 처리에서 115.41 ± 0.47mg/100g으로 가장 높은 함량을 나타내었다. 그리고 비타민 B₁은 ‘Cupra’와 ‘Maserati’ 품종에서 원재료를 제외한 모든 처리구에서 그 함량이 전혀 검출되지 않았다.

추가 주요어 : 분석법, HPLC/DAD, HPLC/FLD, 조리원료, 비타민

Literature Cited

- Ahn MS (1999) A study on the changes in physico-chemical properties of vegetables by Korean traditional cooking methods. Korean J Diet Cult 14:177-188
- Bhandari SR, Bashyal U, Lee YS (2016) Variations in proximate nutrients, phytochemicals, and antioxidant activity of field-cultivated red pepper fruits at different harvest times. Horticult Environ Biotechnol 57:493-503
- Cho SH, Kang GH, Seong PN, Park KM, Kim YC, Park BY, Kang SM (2014) Effect of thawing method on water-soluble nutritional components and quality properties of Hanwoo beef. Ann Anim Resour Sci 25:56-65. doi:10.12718/AARS.2014.25.1.56
- Chun HK, Ahn TH, Hong JJ (2005) Effect of blanching time on changes in vitamin and mineral contents in leafy vegetables treated by pesticides. Korean J Food Cook Sci 21:75-83
- Chung JY, Kim CS (2009) Antioxidant activities of domestic garlic (*Allium sativum* L.) stems and garlic bulbs according to cooking methods. J Korean Soc Food Sci Nutr 38:188-194. doi:10.3746/jkfn.2009.38.2.188
- Chung HK, Yoon KS, Woo NRY (2016) Effects of cooking method on the vitamin and mineral contents in frequently used vegetables. Korean J Food Cook Sci 32:270-278. doi:10.9724/kfcs.2016.32.3.270
- Hong JE, Kim MR, Cheon SH, Chai JY, Park ER, Mun CS, Gwak IS, Kim OH, Lee KH (2009) Determination of niacin in infant formula by solid-phase clean-up and HPLC with photodiode array detector. J Korean Soc Food Sci Nutr 38:359-363. doi:10.3746/jkfn.2009.38.3.359
- Hwang IG, Shin YJ, Lee S, Yoo SM (2012) Effect of different cooking methods on the antioxidant properties of red pepper (*Capsicum annuum* L.). Prev Nutr Food Sci 17:286-292. doi:10.3746/pnf.2012.17.4.286
- Jeong CH, Ko WH, Cho JR, Ahn CG, Shim KH (2006) Chemical components of Korean paprika according to cultivars. Korean J Food Preserv 13:43-49
- Kim BC, Hwang JY, Wu HJ, Lee SM, Cho HY, Yoo YM, Shin HH, Cho EK (2012) Quality changes of vegetables by different cooking methods. Korean J Culinary Res 18:40-53
- Kim GP, Hwang YS, Choung MG (2017) Analysis of water soluble vitamin B₁, B₂ and B₃ contents in Korea traditional holiday foods. J Korean Soc Food Sci Nutr 46:944-951
- Kim GP, Lee JW, Ahn KG, Hwang YS, Choi YM, Chun JY, Chang WS, Choung MG (2014) Differential responses of B vitamins in black soybean seeds. Food Chem 153:101-108. doi:10.1016/j.foodchem.2013.12.047
- Kim JS, Shim IS, Kim IS, Kim MJ (2010) Changes of cysteine, glutathione and ascorbic acid content in Chinese cabbage, head lettuce and spinach by the growth stage. Korean J Horticult Sci Technol 28:186-191
- Kim MH, Jang HL, Yoon KY (2012) Changes in physico-chemical properties of Haetsun vegetables by blanching. J Korean Soc Food Sci Nutr 41:647-654. doi:10.3746/jkfn.2012.41.5.647
- Kim SW, Kim JG, Kim SK, Choi SY, You UY, Lee SC (2014) Antioxidant and tyrosinase inhibitory activities of different parts from different cultivar paprika. J Basic Sci 31:33-44
- Lee JH, Lee J, Whang J, Nam JS, Lee JS, Kim SM, Han HK, Choi Y, Kim SN, Kim HR (2016) Changes in nutritional components of the northern and southern types garlic by different heat treatments. Korean J Food Cook Sci 32:245-252. doi:10.9724/kfcs.2016.32.3.245
- Lee SM, Kim JS, An CG, Park JS, Kim SN (2016) Assessment of paprika quality by instrumental parameters and sensory attributes. J East Asian Soc. Dietary Life 26:34-43. doi:10.17495/easdl.2016.2.26.1.34
- Lee SO, Lee SK, Kyung SH, Park KD, Kang HG, Park JS (2002) A study on detection of residual solvent, ethoxyquin and color stability in oleoresin paprika extracts. J Korean Soc Agric Chem Biotechnol 45:77-83
- MFDS (2011) Korea food code: 1,2,2,3 vitamin B2. Ministry of Food and Drug Safety, Seoul, Korea, 10:76-78
- MFDS (2015) Manual of National Laboratory System for food and nutritional components. Ministry of Food and Drug Safety, Seoul, Korea, pp 92-97, 104-108
- Park MY, Lee GS, Park SJ (2010) Power food-super food. Green Happiness, Gyeonggi, Korea, p 360
- Selman JD (1993) Vitamin retention during blanching of vegetables. Food Chem 49:137-147. doi:10.1016/0308-8146(94)90150-3