

채소류의 수확 후 원재료 및 데침 처리에 의한 비타민 B₅ 및 B₆ 함량 변화

김기쁨¹ · 안경근¹ · 김경하¹ · 황영선^{1,2} · 강인규³ · 최용민⁴ · 김행란⁴ · 정명근^{1*}

강원대학교 생약자원개발학과¹, 텍사스주립대학교 생물학과², 경북대학교 원예과학과³, 농업과학원 농식품자원부 기능성식품과⁴

Vitamin B₅ and B₆ Contents in Fresh Materials and after Parboiling Treatment in Harvested Vegetables

Gi-Ppeum Kim¹, Kyung-Geun Ahn¹, Gyeong-Ha Kim¹, Young-Sun Hwang^{1,2}, In-Kyu Kang³,
Youngmin Choi⁴, Haeng-Ran Kim⁴, and Myoung-Gun Choung^{1*}

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

²Department of Biology, University of Texas-Arlington, Arlington, TX 76019, USA

³Department of Horticultural Science, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea

⁴Functional Food and Nutrition Division, National Academy of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea

*Corresponding author: cmg7004@kangwon.ac.kr

Abstract

This study was aimed to determine the changes in vitamin B₅ and B₆ contents compared to fresh materials after parboiling treatment of the main vegetables consumed in Korea. The specificity of accuracy and precision for vitamin B₅ and B₆ analysis method were validated using high-performance liquid chromatography (HPLC). The recovery rate of standard reference material (SRM) was excellent, and all analysis was under the control line based on the quality control chart for vitamin B₅ and B₆. The Z-score for vitamin B₆ in food analysis performance assessment scheme (FAPAS) proficiency test was -1.0, confirming reliability of analytical performance. The vitamin B₅ and B₆ contents in a total of 39 fresh materials and parboiled samples were analyzed. The contents of vitamin B₅ and B₆ ranged from 0.000 to 2.462 and from 0.000 to 0.127 mg·100g⁻¹, respectively. The highest contents of vitamin B₅ and B₆ were 2.462 mg·100g⁻¹ in fresh fatsia shoots (stem vegetables), and 0.127 mg·100g⁻¹ in fresh spinach beet (leafy vegetables), respectively. Moreover, the vitamin B₅ and B₆ contents for parboiling treatment in most vegetables were reduced or not detected. In particular, the contents of vitamin B₅ in parboiled fatsia shoots and vitamin B₆ in parboiled yellow potato and spinach beet were decreased 20- and 4-fold compared with fresh material, respectively. These results can be used as important basic data for utilization and processing of various vegetable crops, information for dietary life, management of school meals, and national health for Koreans.

Additional key words: analysis method, HPLC/DAD, HPLC/FLD, soluble vitamins, vegetables

Korean J. Hortic. Sci. Technol. 34(1):172-182, 2016
http://dx.doi.org/10.12972/kjhst.20160001

pISSN : 1226-8763
eISSN : 2465-8588

Received: April 19, 2015

Revised: August 4, 2015

Accepted: August 14, 2015

Copyright©2016 Korean Society for
Horticultural Science.

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(PJ01083803)의
지원에 의해 수행되었음

서 언

최근 식품가공 기술의 발달, 도시화 및 산업화에 의한 가공식품의 소비 증가, 국제 간 교역 활성화에 의한 수입 식품의 대량 유통 등에 따라 소비자는 다양한 식품을 접하게 되었다(Kim, 2006). 한편 유통 식품에 기재된 표시 사항에는 열량, 성분함량, 제조일자, 유효기간, 사용방법 등 여러 종류가 있고, 이 중 영양표시는 영양정보의 전문성 측면에서 특히 중요하며(Sah and Yeo, 2014), 소비자들 역시 영양표시의 중요성을 인지하고, 상품구매 시 영양성분을 중요한 고려 요소 중의 하나로 고려하고 있다(Gruent and Wills, 2007). 이처럼 건강과 영양에 대한 관심이 점차 고조되고 있는 가운데 소비자들은 다양한 가공식품 중에 함유되어 있는 영양성분에 대한 정보를 파악하여 건강증진을 도모하고자 하는 양상이다(Park and Min, 1995). 특히, 소비자들은 건강증진을 위하여 식이섭취 섭취를 통한 건강증진에 관심이 높아 원예작물 중 채소류의 소비가 확대되고 있으나 국내 소비빈도가 높은 채소류에 대한 다양한 영양정보의 제공이 제한적이며, 특히 비타민 B₅(pantothenic acid) 및 B₆(pyridoxine)에 대한 영양정보는 부족한 실정이다.

비타민 B₅는 체내에서 CoA(coenzyme-A)와 ACP(Acyl-carrier protein)의 구성 성분으로 작용한다. CoA는 대사에 가장 중요한 물질 중 하나로 탄수화물, 단백질 및 지질의 중간대사 과정에 필수적인 조효소이다. 즉, 이들 열량 영양소의 합성과 분해, 그리고 에너지 방출에 CoA가 널리 관여한다(Fox, 1984).

한편 혈액의 적혈구는 우리 몸 구석구석까지 산소를 운반하는 역할과 이산화탄소를 회수하는 일을 맡는다. 적혈구는 헤모글로빈이 주성분인데 이 헤모글로빈의 합성에 비타민 B₆가 반드시 필요하며, 최근에는 비타민 B₆가 뇌의 신경세포 간에 정보전달의 교량 역할을 담당하는 신경전달물질인 카테콜아민(catecholamine)이나 감마-아미노부틸산(γ -amino-butyllic acid, GABA)의 합성에 관여하고 있다는 것이 밝혀졌다(Choi, 2009). 또한 비타민 B₆ 결핍 시 피부염, 구증, 구내염, 말초신경염, 소구성 저색소성 빈혈 및 영아기 경련을 유발하기도 한다(Youn, 2005).

이처럼 비타민 B₅ 및 B₆는 우리 몸에 꼭 필요한 영양성분이지만 2000년 이전에 발표된 「한국 1인 1일 영양권장량」이나 「식품성분표」에서는 비타민 A, B₁, B₂, B₃와 비타민 C만이 표기되고 있었으며, 2000년도에 이르러야야 비타민 D, 비타민 E, 비타민 B₆ 및 엽산이 추가되었다(KNS, 2005). 이듬해인 2001년도부터 농촌진흥청에서 편집한 「식품성분표 제6개정판」에 비타민 B₅, B₆, B₁₂, 엽산, 비타민 D, 비타민 E 및 비타민 K 등 7종 비타민의 식품 중 함량을 수록하기 시작하였으며, 「식품성분표 제7개정판(2006)」 및 「식품성분표 제8개정판(2011)」에도 상기 7종 비타민의 함량이 수록되어 있으나(RDA, 2001; 2006; 2011), 다양한 가공식품의 신제품 개발 등 아직 포괄적 비타민 함량에 대한 정보는 부족한 실정이다.

따라서, 본 연구는 국민 식생활 향상 및 건강증진을 위하여 비타민 B₅ 및 B₆의 정량적 분석법을 확립하고, 또한 국내 소비빈도가 높은 채소류 39종을 대상으로 수확 후 원재료 및 간단한 데침 처리 시 비타민 B₅ 및 B₆ 함량의 변화를 정량적으로 평가하고자 하였다.

재료 및 방법

실험 재료

본 연구에 사용된 채소류는 농촌진흥청 농업과학기술원 농식품자원부 기능성식품과에서 농촌진흥청 농산물 생산 및 소비 통계 자료를 중심으로 국내 다소비 주요 채소류 39종(근채류 11종: 마늘, 풋마늘, 도라지, 열무, 순무뿌리, 순무, 당근, 수미감자, 일반감자, 자색감자, 노랑감자. 엽채류 12종: 양배추, 봄동, 아욱, 포항초(시금치), 섬초(시금치), 시금치, 명이나물, 순무잎, 청경채, 깻잎, 근대, 고구마잎. 경채류 9종: 샐러리, 두릅, 참나물, 참두릅, 참죽나물, 마늘쫑, 세발나물, 고구마줄기, 삼채. 과채류 7종: 적색토마토, 적색파망, 청색파망, 적색파프리카, 주황파프리카, 노랑파프리카, 숙과용 호박)을 선정 후, 원재료 및 간단한 데침 조리로 가공한 시료를 제공받아 -20°C의 냉동고에서 보관하면서 분석시료로 사용하였다.

채소류의 데침 조리방법은 엽채류, 근채류 및 경채류의 경우 채소 원재료 1,500g에 물 1,500mL로 조절하여 100°C 끓는 물

에 2분간 데침 조리를 실시하였고, 냉수로 여러 번 행군 후 탈수기로 20초간 탈수를 하였으며, 과채류의 경우 채소 원재료 1,500g에 물 1,500mL로 조절하여 100°C 끓는 물에 5초간 데침 조리를 실시하고 채반에 받혀 30분간 식혀주었다.

비타민 B₅ 및 B₆ 분석에 사용된 시약 중 HPLC용 초순수 증류수 및 acetonitrile은 J. T. Baker (Phillipsburg, NJ, USA)로부터 구입하여 사용하였다. 표준시약의 경우 비타민 B₅는 순도 99% 이상의 D-pantothenic acid hemicalcium salt를, 비타민 B₆는 순도 98% 이상의 Pyridoxine hydrochloride(Sigma-Aldrich, USA)를, 기타 시약은 특급을 사용하였다. 분석법 검증에 사용된 표준참고물질(SRM, Standard reference material)은 미국 NIST (National Institute of Standards and Technology)로부터 1849a(infant/adult nutritional formula)를 구입하여 사용하였다.

채소류 함유 비타민 B₅의 추출 및 전처리

채소류 함유 비타민 B₅의 추출방법은 Woollard et al.(2000)의 방법을 이용하였다. 즉, 균질화 된 검체 약 1-10g을 50mL cap test tube에 넣고 초순수 증류수 20mL를 가하여 충분히 흔든 후, 40°C 조건의 초음파 추출기(JAC 4020, Kodogyeon)로 10분간 추출하였다. 추출용액에 3% 초산 2mL를 첨가하여 다시 충분히 흔들어 준 후 재차 40°C 조건의 초음파 추출기로 10분간 추출하였다. 이후 추출액에 초순수 증류수를 첨가하여 40mL로 정용한 후, 이 추출액을 10분간 원심분리(15,000rpm, 1730MR, Gyrozen)하고, 상정액 2mL를 덜어내어 0.45µm 수용매용 syringe filter(Whatman Inc., Maidstone, UK)로 여과한 후 HPLC/DAD(high performance liquid chromatography/diode array detector) 분석의 시험 용액으로 사용하였다.

채소류 함유 비타민 B₆의 추출 및 전처리

비타민 B₆의 경우 Kim et al.(2014)의 방법을 이용하였다. 즉, 균질화 된 검체 약 1-10g을 50mL cap test tube에 넣고, 50mM CH₃CO₂Na(pH 4.5) 25mL 첨가 후 40°C 조건의 초음파 추출기로 30분간 추출하였다. 추출용액에 초순수 증류수를 첨가하여 40mL로 정용하고, 추출용액을 1차(Whatman No. 1) 및 2차(0.45µm 수용매용 syringe filter) 여과 후 HPLC/FLD(high performance liquid chromatography/fluorometric detector) 분석의 시험용액으로 사용하였다.

HPLC/DAD를 이용한 채소류 함유 비타민 B₅의 함량분석

채소류 함유 비타민 B₅의 HPLC/DAD 분석은 Agilent 1260 infinity HPLC(Wilmington, DE, USA)를 사용하였고, 분석용 칼럼은 YMC-Pack ODS-AM(250×4.6mm I.D.)을 사용하였다. 칼럼온도는 30°C, 이동상 용매는 A용매로 50mM KH₂PO₄(pH 3.5)를, B용매는 acetonitrile을 사용하여 95% A : 5% B (v/v) 용매를 등용매 용리(isocratic elution)를 실시하였고, 분당 유속은 1mL, 검출파장은 200nm로 설정하여 분석을 실시하였다(Table 1). 비타민 B₅의 함량 평가 시 표준용액의 농도별 검량선(0.5-20mg·L⁻¹)을 작성하였으며, 시료농도(X축)와 피크면적(Y축)을 회귀방정식에 적용하여 성분별 표준검량식의 직선성(linearity)을 확인한 결과 R² = 0.999** 이상으로 고도의 직선성을 확인하였고, 기기분석 시 검출한계(LOD) 및 정량한계(LOQ)는 0.4 및 1.3mg·L⁻¹로 조사되었다.

HPLC/FLD를 이용한 채소류 함유 비타민 B₆의 함량분석

채소류 함유 비타민 B₆의 HPLC/FLD 분석은 Agilent 1260 infinity HPLC(Wilmington, DE, USA)를 사용하였고, 분석용 칼럼은 YMC-Pack Pro RS C₁₈(250×4.6mm I.D.) 칼럼을 이용하였다. 칼럼온도는 30°C, 이동상 용매는 A용매로 20mM CH₃CO₂Na(pH 3.6), B용매는 acetonitrile을 사용하여 97% A : 3% B (v/v) 용매를 등용매 용리(isocratic elution)를 실시하였고, 분당 유속은 1mL, 분석 파장은 여기파장 (excitation) 290nm, 방출파장(emission) 396nm 파장에서 분석을 실시하였다 (Table 1). 비타민 B₆의 함량 평가 시 표준용액의 농도별 검량선(0.01-10mg·L⁻¹)을 작성하였으며, 시료농도(X축)와 피크면적

Table 1. HPLC operating conditions for vitamin B₅ and B₆ analysis.

Vitamin B ₅	
Column	YMC-Pack ODS AM (250 mm × 4.6 mm, 5 μm)
Detector	UV detector (200 nm)
Mobile phase	A: 50 mM KH ₂ PO ₄ (pH 3.5), B: Acetonitrile 95% A : 5% B (v/v), isocratic elution
Flow rate	1 mL/min
Injection vol.	20 μL
Column Temp.	30°C
Vitamin B ₆	
Column	YMC-Pack Pro RS C ₁₈ (250 mm × 4.6 mm, 5 μm)
Detector	FL detector (Ex λ = 290 nm, Em λ = 396 nm)
Mobile phase	A: 20mM CH ₃ CO ₂ Na (pH 3.6), B: Acetonitrile 97% A : 3% B (v/v), isocratic elution
Flow rate	1 mL/min
Injection vol.	20 μL
Column Temp.	30°C

(Y 축)을 회귀방정식에 적용하여 성분별 표준 검량식의 직선성(linearity)을 확인한 결과 $R^2 = 0.999^{**}$ 이상으로 고도의 직선성을 확인하였고, 기기분석 시 검출한계(LOD) 및 정량한계(LOQ)는 0.006 및 0.02mg·L⁻¹로 조사되어 미량 함유된 시료들에서도 고감도 분석이 가능할 것으로 판단된다.

비타민 B₅ 및 B₆의 내·외부 분석품질 관리

비타민 B₅ 및 B₆의 분석 시 내부 분석 품질관리(in-house control)의 경우 품질관리도표(quality control chart)를 작성하여 주기적 정도 관리를 실시하였다. 시판 조제 강화 분유에 함유된 비타민 B₅의 정량적 함량을 15회 반복 추출 및 분석 후 비타민 B₅의 reference value를 설정하고, 이를 통계적으로 평가하여 허용한계 95% 수준(2*SD)에서 경고한계를, 허용한계 99.7% 수준(3*SD)에서 조절한계를 설정하여 주기적 정도 관리를 실시하였다. 또한 분석법의 정확성(accuracy) 및 회수율을 검토하기 위하여 표준참고물질(SRM)인 미국 NIST 1849a(infant/adult nutritional formula)를 이용하여 분석방법의 정확성 및 회수율을 검증하였다.

한편 외부 분석품질 관리의 경우 영국 환경식품농림부에서 주관한 국제 분석능력 평가프로그램인 FAPAS(Food Analysis Performance Assessment Scheme) proficiency test 2181에 참여하여 분석방법 및 분석능력의 신뢰도를 검증하였고, FAPAS 프로그램 중 vitamin B₅는 평가 프로그램이 없어 vitamin B₆에 한정하여 참여하였다.

통계처리

통계 분석은 SAS(Statistical Analysis System, V 9.4) 통계프로그램을 사용하였고, 각 채소류의 원재료 및 데침 처리 후 처리 평균간 비교는 Duncan's multiple range test ($p < 0.05$)로 수행하였다.

결과 및 고찰

비타민 B₅ 및 B₆의 내·외부 분석품질 관리

검증된 분석방법일지라도 분석용 칼럼의 종류, 분석기기의 차이 및 실험자의 전문성 등 다양한 분석변수가 작용할 수 있다.

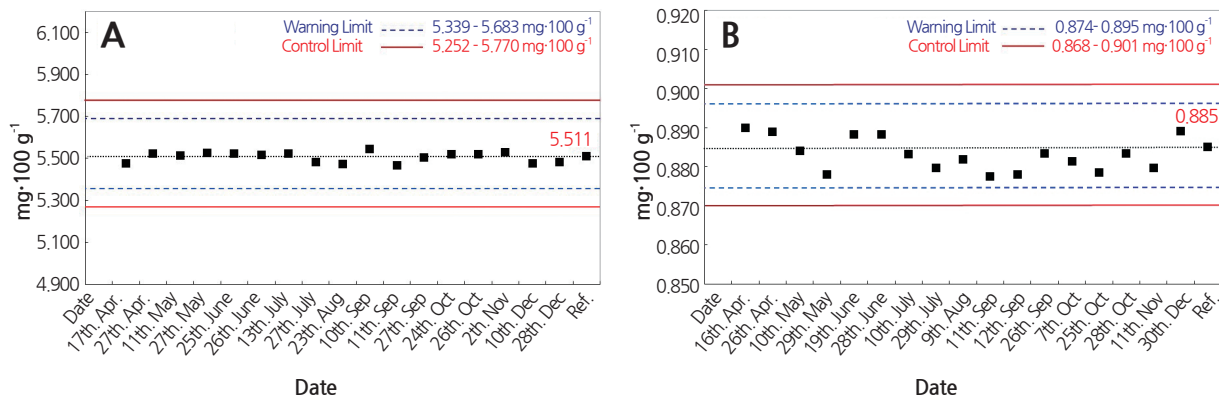


Fig. 1. Quality control charts for vitamin B₅ (A) and B₆ (B) analysis.

Table 2. Recovery and RSD of vitamin B₅ and B₆ contents for SRM (Standard reference material).

Component	Sample	Reference value	Analysis value	Recovery (%)	RSD (%)
		mg·100 g ⁻¹			
Vitamin B ₅	SRM 1849a	6.820 ± 0.190 ^a	6.785 ± 0.055	99.5 ± 0.8	0.79
Vitamin B ₆	(infant formula)	1.346 ± 0.093	1.401 ± 0.016	103.7 ± 0.6	1.14

^aThe values are mean ± SD of 3 replications.

그러므로 다양한 분석변수에 대한 분석 오류를 검토하고자 약 8개월에 걸쳐 비타민 B₅ 및 B₆ 분석의 품질관리도표(quality control chart)를 작성하여 확인하였다.

Vitamin B₅ 및 B₆의 reference value를 설정하기 위해 시판 조제 강화분유를 15회 반복 추출 및 정량 분석하여 vitamin B₅는 5.511mg·100g⁻¹을, vitamin B₆의 경우 0.885mg·100g⁻¹을 reference value로 설정하였다. 설정된 reference value를 이용하여 95% 신뢰수준의 허용한계(2*SD)인 경고한계와 99.7% 신뢰수준의 허용한계(3*SD)인 조절한계를 설정하였다.

설정된 reference value를 기준으로 채소류 함유 비타민 B₅ 및 B₆ 분석 전 내부 분석 품질 관리 시료로 사용된 조제 강화분유를 이용하여 월 2회-3회 주기적 정도 관리를 실시하였고, 그 결과, vitamin B₅ 및 B₆ 두 성분 모두 reference value에 근접하고, 안정적으로 경고한계 범위 내에 진입하는 양상으로 분석시기에 관계없이 신뢰성 있는 정량적 분석이 실시되고 있음을 확인할 수 있었다(Fig. 1).

또한 분석 품질의 정확성 및 회수율 확인을 위해 표준참고물질을 이용하여 정확성 및 회수율을 평가한 결과, 비타민 B₅ 및 B₆ 각각 99.5, 103.7%로 우수한 정확성 및 회수율을 보여(Table 2, Fig. 2, and 3), 추가적 회수율 향상을 위한 보조적 방법이 필요하지 않음을 확인하였다.

한편 본 연구에 사용된 vitamin B₆ 분석법의 신뢰도를 검증하기 위하여 외부 분석품질관리인 FAPAS proficiency test 2181(breakfast cereal)에 참여하여 0.241mg·100g⁻¹의 결과를 도출하였고, 이 결과는 Z-score가 -1.0로 평가되어 FAPAS test의 만족범위(Z ≤ ± 2)를 충족하여 분석 결과의 신뢰성 및 우수한 분석 수행능력을 평가 받았다(Fig. 4).

채소류 중 비타민 B₅ 및 B₆ 함량 평가

한국 다소비 채소류 39종의 원재료 및 데침 조리 후 비타민 B₅의 함량을 정량적으로 평가하였다(Table 3). 비타민 B₅의 경우 근채류 중 마늘(2.167 ± 0.008mg·100g⁻¹)이 가장 높은 함량을, 그리고 검토된 근채류 중 감자를 제외하고는 모두 데침 조리 시 비타민 B₅가 전량 소실되는 양상을 나타내었고, 감자의 경우 소량 감소하는 양상을 나타내었다. 감자 종류 중 일반감자를 제외

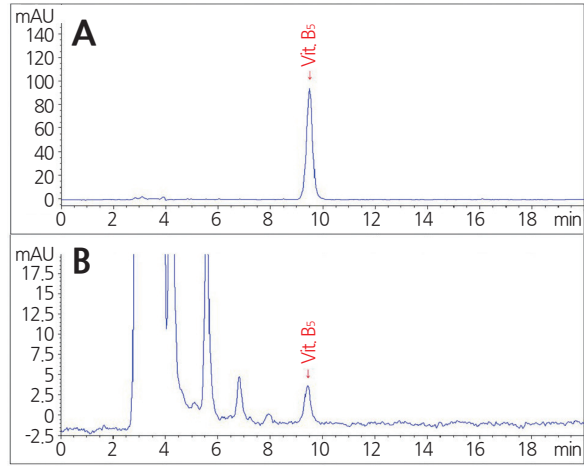


Fig. 2. HPLC chromatograms of vitamin B₅ standard solution (A) and SRM 1849a (B).

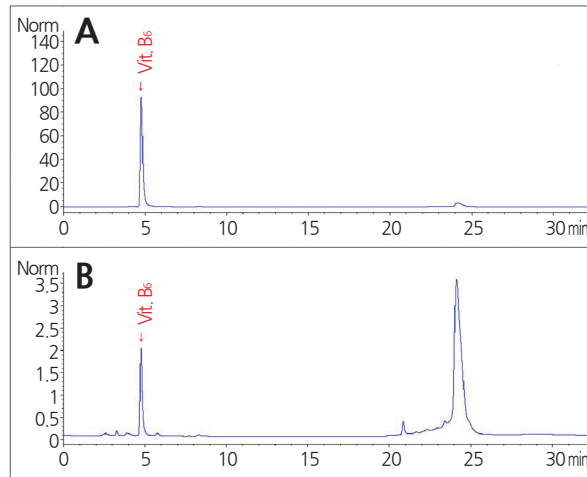


Fig. 3. HPLC chromatograms of vitamin B₆ standard solution (A) and SRM 1849a (B).

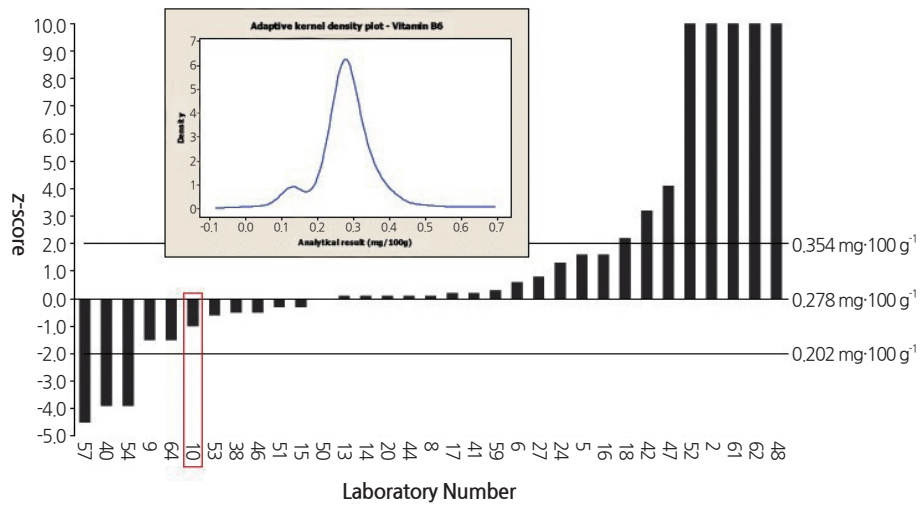


Fig. 4. Result of FAPAS proficiency test 2181 (breakfast cereal) for vitamin B₆ (as pyridoxine).

Table 3. Comparison on vitamin B₅ contents in vegetables.

Classification	Vegetable (Cultivar)	Raw material		Parboiled material	
		Mean	S.D.	Mean	S.D.
Root vegetable	Platycodon (Etteum)	ND ^z		ND	
	Whole green garlic (Namdo)	0.099 g	0.005	ND	
	Garlic clove (Namdo)	2.167 a	0.008	ND	
	Young radish (Cheongdabok)	0.256 e	0.015	ND	
	Turnip root (Ganghwa)	0.451 b	0.023	ND	
	Turnip whole (Ganghwa)	0.251 e	0.023	ND	
	Carrot (Sinheukjeon)	0.186 f	0.000	ND	
	Potato (Superior)	0.110 g	0.004	0.063	0.004
	Potato (Dejima)	0.348 c	0.030	ND	
	Purple potato (Bora)	0.336 c	0.019	0.465	0.020
	Yellow potato (Rose)	0.293 d	0.010	0.253	0.016
	Cabbage (Copenhagen market)	0.484 f	0.011	ND	
	Spring cabbage (Native species)	0.212 h	0.001	0.076	0.003
	Curled mallow (Chima)	ND		ND	
Leafy vegetable	Pohangcho spinach (Native species)	1.743 a	0.010	0.419	0.020
	Seomcho spinach (Native species)	0.515 e	0.006	0.511	0.020
	Spinach (Indian)	1.530 b	0.004	ND	
	Wild leek greens (Unknown)	0.781 d	0.005	ND	
	Turnip leaf (Ganghwa)	0.512 e	0.001	ND	
	Bok-choy (Unknown)	ND		ND	
	Perilla leaf (Unknown)	0.255 g	0.004	0.063	0.002
	Spinach beet (Unknown)	0.183 i	0.000	0.183	0.000
	Sweet potato leaf (Juhwangmi)	0.846 c	0.029	0.172	0.002
	Celery (Unknown)	ND		ND	
	Udo (Native species)	ND		ND	
	Fatsia shoots (Native species)	2.462 a	0.058	0.128	0.007
	Anise greens (Unknown)	0.194 d	0.006	0.059	0.005
	Toona greens (Unknown)	1.702 b	0.032	1.302	0.029
Stem vegetable	Garlic scape (Namdo)	0.176 d	0.004	ND	
	Lesser sea-spurrey greens (Unknown)	0.067 e	0.000	ND	
	Sweet potato vine (Juhwangmi)	0.175 d	0.002	ND	
	Hooker chives (Unknown)	0.340 c	0.002	0.143	0.004
	Red tomato (Unknown)	0.070 d	0.001	0.121	0.004
	Red sweet pepper (Unknown)	0.292 b	0.016	0.226	0.013
	Green sweet pepper (New wave)	ND		ND	
	Red paprika (Cupra)	ND		ND	
	Orange paprika (Calgary)	0.188 c	0.014	ND	
	Yellow paprika (Romeca)	ND		ND	
	Pumpkin (Native species)	0.363 a	0.006	0.351	0.004

^zNot detected.

^{a-i}Mean with different letters are significantly different by Duncan's multiple range test at $p < 0.05$.

한 자색, 노랑, 수미감자의 경우 데침 조리 후 비타민 B₅가 소량이라도 존재하였으나, 일반 감자의 경우에는 비타민 B₅가 모두 소실되었다.

한편, 순무($0.251 \pm 0.023\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$)와 열무($0.256 \pm 0.015\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$)는 비타민 B₅의 함량 면에서 유의적인 차이가 인정되

지 않았으며, Lee(2004)에 의하면 순무 뿌리가 비타민 B₁, B₂, E 및 엽산의 함량이 순무보다 1.3~3.6배 높다고 보고하였는데, 본 실험에서도 순무 뿌리($0.451 \pm 0.023\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$)가 순무($0.25 \pm 0.023\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$)보다 약 2배 정도 높은 함량이 검출되어 순무보다 순무 뿌리 섭취 시 더 많은 양의 비타민 B₅를 섭취할 수 있는 것으로 확인되었다. 근채류 중 도라지에서는 비타민 B₅가 전혀 검출되지 않았고, 풋마늘, 마늘, 당근, 순무, 열무의 경우 원재료에서는 모두 비타민 B₅가 존재하였으나, 데침 조리 시 모두 소실되는 것으로 조사되었다.

엽채류 중에서는 경상북도 포항에서 재배되는 재래종 시금치인 포항초($1.743 \pm 0.020\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$)가 가장 높은 함량을 나타내었으며, 데침 조리 시 비타민 B₅ 함량이 $0.419 \pm 0.010\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ 으로 약 1/4 수준으로 감소되는 양상을 나타내었다. Park et al.(1994)은 포항초가 다른 시금치와 비교하였을 때 높은 비타민 C 함량을 나타내었다고 보고하였으며, 조리 시간에 따라 함량이 감소하며, 시금치를 고온에서 단시간 가열하는 것이 비타민 C 함량 보존 면에서 가장 좋다고 보고한 바 있다. 한편 일반 시금치가 $1.530 \pm 0.004\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ 의 함량을 나타내었으며, 포항초 다음으로 높은 함량을 나타내었다. 한편 비타민이 풍부하다고 알려져 있고, 비금시금치로 불려지는 섬초의 경우 $0.515 \pm 0.006\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ 으로 원재료 시금치 중에서는 가장 낮은 함량을 나타내었으나, 기타 시금치들과 다른 양상으로 데침 조리 후에도 함량 손실이 거의 발생되지 않았다. 섬초는 잎이 두꺼운 특성 때문에 다른 시금치와 달리 데침 조리 시 조직 파괴에 의한 함량 손실이 감소되었을 가능성을 추측해 볼 수 있다.

경채류의 비타민 B₅ 함량은 참두릅이 $2.462 \pm 0.058\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ 으로 가장 높은 함량을 나타내었으나, 데침 조리 후의 함량이 1/20 수준으로 감소되었고, 참죽나물, 마늘쭉, 고구마줄기 등은 모두 데침 조리 시 거의 전량이 소실되는 등 전반적으로 데침 조리 시 함량이 감소하는 양상을 나타내었다.

과채류 중 토마토($0.070 \pm 0.001\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$)는 데침 조리 시 오히려 비타민 B₅ 함량이 증가하는 양상을 나타내었는데, 이는 토마토를 고온에 저장할수록 비타민 C 함량이 증가한다(Kim et al., 2010)는 연구내용과 유사한 양상으로 추후 체계적 검토가 요구된다. 한편 피망 중 적색피망에서만 비타민 B₅가 검출되었고, 파프리카 중에서는 주황색 파프리카에서만 비타민 B₅가 검출되었다.

국내 다소비 채소류 39종의 비타민 B₆ 함량 분석 결과는 Table 4와 같다. 비타민 B₆의 경우 데침 조리 시 약 30~45%의 함량 손실이 야기된다는 선행 연구의 결과(Woo, 2002)와 같이, 거의 대부분의 채소류에서 데침 조리 시 함량적 손실이 발생하거나 전량 소실되는 양상을 나타내었다. 특히 엽채류나 경채류의 경우, 청경채와 근대를 제외한 모든 채소류에서 데침 조리 시 비타민 B₆가 전혀 검출되지 않았다.

근채류 중 순무($0.020 \pm 0.001\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$)의 경우 비타민 B₅와 마찬가지로 순무 뿌리($0.036 \pm 0.001\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$)에서 비타민 B₆의 함량이 높게 조사되었으며, 감자의 경우 일반감자($0.022 \pm 0.000\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$)가 가장 높은 함량을 나타내었고, 자색감자($0.005 \pm 0.001\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$)가 가장 낮은 함량을 나타내었다.

과채류 중 토마토의 경우 데침 조리를 하여도 함량에 거의 변화가 발생되지 않았다. 파프리카의 경우 적색 파프리카를 제외한 기타색상의 파프리카는 모두 조리 시 비타민 B₆가 소실되었으며, 파프리카 중에서는 적색 파프리카($0.008 \pm 0.000\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$)가 가장 높은 함량을 나타내었다.

본 연구결과에 따르면 대부분의 국내 다소비 채소류에서 데침 처리 시 원재료 대비 비타민 B₅ 및 B₆의 함량이 감소하였으며, 이는 Selman(1993)의 보고와 같이 데치는 과정에서 수용성 비타민이 일부 조리수로 용출되고 열에 의해 파괴되었기 때문인 것으로 판단된다. Kim et al.(2014) 역시 열에 민감한 수용성 비타민 성분은 식품의 데침 처리 시 가열에 의한 조직 파괴와 연화에 의해 조리수로 수용성 비타민 성분이 용출 되므로 수용성 비타민 함량이 감소한 것으로 판단된다고 보고한 바 있으며, Kim et al.(2012)은 당근, Hwang et al.(2012)은 고추를 재료로 사용하여 비타민 C의 함량을 분석한 결과, 데침 처리 시 원재료 대비 비타민 C의 함량 감소폭이 크고 조리시간이 길어질수록 크게 감소한다고 보고하였다.

또한, 비타민 B₆의 경우 가열과 알카리 조건에서 쉽게 파괴되므로 열처리 과정에서 식품 중 비타민 B₆의 함량이 감소되며(Namgoong et al., 2006), 비타민 B₅ 역시 열에 불안정하여 가열 시 열분해가 일어나는 것으로 보고된 바 있다(Heldman, 2006).

Table 4. Comparison on vitamin B₆ contents in vegetables.

Classification	Vegetable (Cultivar)	Raw material		Parboiled material	
		Mean	S.D.	Mean	S.D.
Root vegetable	Platycodon (Etteum)	0.009 h	0.000	0.013	0.000
	Whole green garlic (Namdo)	0.012 f	0.000	0.007	0.000
	Garlic clove (Namdo)	0.075 a	0.000	ND ^z	
	Young radish (Cheongdabok)	0.010 hg	0.000	ND	
	Turnip root (Ganghwa)	0.036 b	0.001	0.021	0.001
	Turnip whole (Ganghwa)	0.020 d	0.001	0.035	0.000
	Carrot (Sinheukjeon)	0.011 f	0.001	0.017	0.000
	Potato (Superior)	0.017 e	0.000	ND	
	Potato (Dejima)	0.022 c	0.000	ND	
	Purple potato (Bora)	0.005 i	0.001	ND	
Leafy vegetable	Yellow potato (Rose)	0.012 f	0.001	0.003	0.001
	Cabbage (Copenhagen market)	0.002 g	0.000	ND	
	Spring cabbage (Native species)	0.016 e	0.000	ND	
	Curled mallow (Chima)	0.013 ef	0.000	ND	
	Pohangcho spinach (Native species)	0.011 f	0.000	ND	
	Seomcho spinach (Native species)	0.015 e	0.000	ND	
	Spinach (Indian)	0.050 c	0.001	ND	
	Wild leek greens (Unknown)	0.096 b	0.001	ND	
	Turnip Leaf (Ganghwa)	0.014 ef	0.001	ND	
	Bok-choy (Unknown)	0.026 d	0.000	0.028	0.001
Stem vegetable	Perilla leaf (Unknown)	0.014 ef	0.000	ND	
	Spinach beet (Unknown)	0.127 a	0.005	0.034	0.000
	Sweet potato leaf (Juhwangmi)	0.029 d	0.001	ND	
	Celery (Unknown)	0.001 f	0.000	ND	
	Udo (Native species)	0.009 e	0.000	ND	
	Fatsia shoots (Native species)	0.031 c	0.000	ND	
	Anise greens (Unknown)	ND		ND	
	Toona greens (Unknown)	ND		ND	
	Garlic scape (Namdo)	0.053 a	0.001	ND	
	Lesser sea-spurrey greens (Unknown)	0.029 d	0.000	ND	
Fruit vegetable	Sweet potato vine (Juhwangmi)	ND		ND	
	Hooker chives (Unknown)	0.046 b	0.000	ND	
	Red tomato (Unknown)	0.031 a	0.000	0.030	0.001
	Red sweet pepper (Unknown)	0.006 d	0.000	0.007	0.000
	Green sweet pepper (New wave)	0.007 d	0.000	ND	
	Red paprika (Cupra)	0.008 c	0.000	0.008	0.000
	Orange paprika (Calgary)	0.006 d	0.000	ND	
	Yellow paprika (Romeca)	0.006 d	0.000	ND	
	Pumpkin (Native species)	0.009 b	0.000	ND	

^zNot detected.

^{a-i}Mean with different letters are significantly different by Duncan's multiple range test at $p < 0.05$.

아울러 Jang et al.(1998) 및 Somsu et al.(2008)에 의해 대부분의 채소류는 원재료가 조리한 상태보다 높은 함량의 비타민이 검출된다고 보고한 바 있으며, 이는 본 연구의 결과와 유사한 양상임을 확인할 수 있다.

이상 채소류의 수확 후 원재료 및 데침 처리에 의한비타민 B₅ 및 B₆ 함량 변화에 대한 본 연구의 결과는 향후 채소류의 이용

및 가공, 국민 식생활 정보 및 학교 조리 급식 등 영양적 부분과 국민 건강을 위한 중요한 기초자료로 이용될 수 있을 것이다.

초 록

국내 다소비 채소류 39종에 대해 원재료 및 데침 조리 시 함유된 수용성 비타민 B₅ 및 B₆의 함량변화를 자외부 흡광 검출기 (HPLC/DAD) 및 형광검출기(HPLC/FLD)로 분리 검출하였다. 각 성분의 분석법을 밸리데이션하여 신뢰도 높은 분석법임을 확인한 후 조제분유를 이용하여 내부 분석품질을 관리하였고, 비타민 B₆의 경우에는 국제 정도 관리를 통하여 정밀한 분석 수행능력을 평가 받았다. 검증된 분석법으로 채소류 39종의 원재료 및 데침 조리 시 비타민 B₅ 및 B₆ 함량 변화를 분석한 결과, 비타민 B₅의 경우 근채류에서는 마늘, 엽채류에서는 포항초, 경채류는 두릅, 과채류의 숙과용 호박이 각각의 분류에서 가장 높은 함량을 나타내었으며, 그 중 경채류인 두릅(2.462mg·100g⁻¹)이 가장 높은 함량을 나타내었다. 비타민 B₆의 경우에는 근채류에서 마늘, 엽채류에서는 근대, 경채류는 마늘쭀, 과채류의 적색토마토가 각각의 분류에서 가장 높은 함량을 나타내었고, 그 중 엽채류의 근대(0.127mg·100g⁻¹)가 가장 높은 함량으로 평가되었다. 대부분의 채소류에서 데침 처리 시 원재료에 비해 B₅ 및 B₆의 함량이 감소하거나 검출되지 않는 양상을 나타내었으며, 특히 비타민 B₅는 두릅, 비타민 B₆는 노란감자 및 근대에서 각각 약 20 배 및 4배 대폭 감소하는 경향을 나타내었다. 이 결과는 채소작물의 이용 및 가공, 국민 식생활 정보 및 학교 조리 급식 등 영양적 부분과 국민 건강을 위한 중요한 기초자료로 이용될 수 있을 것이다.

추가주요어: 분석법, HPLC/DAD, HPLC/FLD, 수용성 비타민, 채소

Literature Cited

- Choi, C.U. 2009. Easy to know vitamin story. Food J. p. 98-104.
- Fox, H.M. 1984. Handbook of vitamins-nutritional, biochemical and clinical aspects, p. 437-457. In: L.J. Machlin (ed.). Marcel Dekker Inc.
- Grunert, K.G. and J.M. Wills. 2007. A review of European research on consumer response to nutrition information on food labels. J. Public Health 15:385-399.
- Heldman, D.R. and D.B. Lund. 2006. Handbook of engineering. Taylor & Francis Group. p. 189.
- Hwang, I.G., Shin, Y.J., Lee, S and Yoo, S.M. 2012. Effect of different cooking methods on the antioxidant properties of red papper (*Capsicum annuum* L.). Prev. Nutr. food sci. 17:286-292.
- Jang, M.S., M.J. Seo, and N.Y. Kim. 1998. Changes of the vitamin B₁, B₂, C and mineral content of daily vegetables by cooking methods in quantity food preparation. Dankook University Faculty Research Papers 32: 141-157.
- Kim, G.P., J.W. Lee, K.G. Ahn, Y.S. Hwang, Y.M. Choi, J.Y. Chun, W.S. Chang, and M.G. Choung. 2014. Differential responses of B vitamins in black soybean seeds. Food Chem. 153:101-108.
- Kim, J.H., J.R. Gu, G.H. Kim, S.R. Choi, and J.Y. Yang. 2010. Effect of storage temperature on the quality of tomato. Korean J. Food Nutr. 39:428-433.
- Kim, K.I., Hwang, I.G., Yoo, S.M., Min, S.G and Choi, M.J. 2014. Effects of various pretreatment methods on physicochemical and nutritional properties of carrot. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 43:1881-1888.
- Kim, M.H., Jang, H.L and Yoon, K.Y. 2012. Changes in physicochemical properties of *Haetsum* vegetables by blanching. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 41:647-654.
- Kim, Y.S. 2006. Consumer ability about nutrition labeling system and strategic framework for improvement of the system. Korea Consumption Cult. Assoc. 9(4):45-66.
- Lee, S.D. 2004. Components and Food of Turnip. J. Health Sci. Med. Technol. 30(2):77-81.
- Namgoong, S., K.D. Kim, and J.S. Kim. 2006. Health functional food. Kwangmoonkag. p. 98.
- Park, H.R. and Y.H. Min. 1995. A basic research for the adoption and implementation of nutrition labeling: with a reference to the consumer awareness. J. Korean Soc. Food Cult. 10:155-166.
- Park, S.S., M.S. Jang, and K.H. Lee. 1994. Effect of blanching condition on the chemical composition of the spinach grown in winter greenhouse. J. Korean Soc. Food Nutr. 23:62-67.
- Rural Development Administration. 2001. Food composition table. The 6th revision.
- Rural Development Administration. 2006. Food composition table. The 7th revision.
- Rural Development Administration. 2011. Food composition table. The 8th revision.

- Sah, J.Y. and J.S. Yeo. 2014. Efficacy and accuracy of consumer responses for four different nutrition label formats. *Consumer policy and education review* 10(4):217-245.
- Selman, J.D. 1993. Vitamin retention during blanching of vegetables. *Food Chem.* 49:137-147.
- Somsub, W., R. Kongkachuichai, P. Sungpuag, and R. Charoensiri. 2008. Effects of three conventional cooking methods on vitamin C, tannin, myo-inositol phosphates contents in selected thai vegetables. *J. Food Compos. Anal.* 21:187-197.
- The Korean Nutrition Society. 2005. Dietary reference intakes for Koreans.
- Woo, S.J. 2002. Vitamins and environmental factor. Korea University. p. 28-30.
- Woollard, D.C., H.E. Indyk, and S.K. Christiansen. 2000. The analysis of pantothenic acid in milk and infant formulas by HPLC. *Food Chem.* 69:201-208.
- Youn, H.S. 2005. New nutritional concepts of vitamins and minerals. *Korean J. pediatr.* 48:1295-1309.