

조미료류, 채소류, 과일류 등의 농산식품에 함유된 베타카로틴 함량 분석

신정아¹ · 최용민² · 이기택¹

¹충남대학교 식품공학과

²국립농업과학원 농식품자원부 기능성식품과

β -Carotene Content in Selected Agricultural Foods

Jung-Ah Shin¹, Youngmin Choi², and Ki-Teak Lee¹

¹Department of Food Science and Technology, Chungnam National University

²Functional Food & Nutrition, Department Agro-food Resource, National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration

ABSTRACT The content of β -carotene in agricultural foods, such as seasonings, tea, vegetables, cereals, nuts & seeds, oils & fats, and fruits, were quantitatively analyzed using reversed-phase HPLC with an UV/visible detector. Standard reference material (SRM) 2385 was used as a control material to validate measurement of β -carotene in this study. Recovery percentage and relative standard deviation of β -carotene in SRM 2385 were 102% and 1.73%, respectively. Vegetables and tea contained relatively high concentrations of β -carotene (young barley powder, 17,293.95 $\mu\text{g}/100\text{ g}$; raw young barley, 2,755.15 $\mu\text{g}/100\text{ g}$; dried green tea leaves, 13,671.85 $\mu\text{g}/100\text{ g}$; green tea powder, 7,579.04 $\mu\text{g}/100\text{ g}$). Contents of β -carotene in nuts & seeds as well as oils & fats ranged from 11.32 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ in almond products (roasted with salt) to 58.56 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ in perilla seed oil. Among 20 fruits, a high content of β -carotene was found in apricots (raw), which contained 2,280.35 $\mu\text{g}/100\text{ g}$.

Key words: agricultural foods, β -carotene content, standard reference material, fruits, seasonings

서 론

식품에서 베타카로틴(β -carotene)은 항산화능을 보이는 고시형 건강기능식품으로 분류되어 있다. 천연 카로티노이드(carotenoid)의 한 종류인 베타카로틴은 8개의 아이소프렌 단위(isoprene units)로 구성되어 있으며, 비타민 A(retinol)의 전구체로서 당근, 시금치, 호박 등의 녹황색채소와 조류에 다량 함유되어 있다(1). 카로티노이드에는 알파카로틴(α -carotene), 베타카로틴, 감마카로틴(γ -carotene)으로 분류되며, 이 중에서 베타카로틴의 생리활성을 100%로 보았을 때 알파카로틴은 50~54%, 감마카로틴은 42~50%로 베타카로틴보다 낮다고 보고되고 있다(1). 베타카로틴은 지용성 비타민으로 비검화물(unsaponifiable compound)에 속하는 색소성분이다. 주로 야채와 과일류에 존재하면서 노란색, 주황색, 녹황색을 나타낸다. 베타카로틴의 주된 항산화 능력으로는 *in vitro* 실험에서 lipid radical scavenger와 singlet oxygen quencher로서 주된 역할을 하는 것으로 보고되고 있다(2).

농촌진흥청에서 발간한 식품성분표 8개정판에서는 22개의 식품군이 수록되어 있다. 이들 식품군들은 우리나라에서 가장 재배면적이 넓고 생산량이 많은 품종을 선택하여 선정한 후 국내외에서 분석된 인용 자료 및 분석 자료들을 수록하고 있다. 그중에서 비타민 A는 레티놀과 베타카로틴으로 나누었으며, 레티놀과 베타카로틴의 함량을 레티놀 당량(retinol equivalent, RE)으로 표시하였다. 일반적으로 레티놀은 동물성 식품에서 주로 공급되며 베타카로틴은 식물성 식품에서 얻어지게 되는데, 1 RE는 1 μg 의 레티놀을 의미하며 동시에 6 μg 의 베타카로틴으로 나타내고 있다(3). 즉 인체 내에서 레티놀의 흡수율에 비하여 베타카로틴은 불완전한 흡수율과 낮은 레티놀로의 전환율 때문에 1 RE=6 μg 의 베타카로틴이 소요됨을 영양학적으로 환산한 것이다.

본 연구는 식품성분표 개정을 위한 기초 연구로서 국내에서 다 소비되고 있는 농산식품(조미료류 및 과일류 등)에서 베타카로틴 영양성분의 database(DB) 구축을 위한 연구의 일환으로 수행되었다. 다양한 매트릭스(matrix)로 구성된 식품에서 비검화물인 베타카로틴의 함량 분석을 위해서는 일반적으로 직접 검화법(direct saponification)과 용매 추출(solvent extraction)을 병행하며 HPLC를 통하여 정량분석을 수행하고 있다(4). 본 연구에서는 대표성과 신뢰성이 확보된 베타카로틴의 분석품질을 확보하기 위하여 참값을

Received 5 November 2014; Accepted 10 December 2014

Corresponding author: Ki-Teak Lee, Department of Food Science and Technology, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

E-mail: ktleee@cnu.ac.kr, Phone: +82-42-821-6729

알고 있는 표준인증물질(standard reference material, SRM)을 분석함으로써 회수율을 확인한 후 농산식품(조미료류, 차류, 채소류, 곡류, 견과류 및 종실류, 유지류, 과일류)에 함유된 베타카로틴 함량을 조사하였다.

재료 및 방법

실험재료

농산식품에 함유된 베타카로틴 추출을 위하여 사용된 ethanol과 n-hexane, ethyl acetate는 일반시약(normal-grade)을 사용하였으며, 베타카로틴 정량을 위한 기기분석에 사용된 chloroform, acetonitrile, methanol, dichloromethane은 특급시약(HPLC-grade)을 사용하였다. 검량선 작성에 사용된 베타카로틴 표준물질(032-17991, Wako Pure Chemical Industries, Ltd., Osaka, Japan)은 HPLC 용 분석용으로 순도 95% 이상의 것을 사용하였다.

시료 수집 및 전처리

시료 선정은 식품소비통계 결과 및 국민건강영양조사 결과를 토대로 하여 국민 다빈도 및 다소비 식품을 중심으로 선정하였다. 시료 수집은 우선순위 식품의 주요 재배 산지 및 생산지 분포를 고려하여 농업면적 조사 등의 통계청 자료를 활용하여 시료를 수집하였다. 즉 국가통계포털로부터 최대 생산지의 식품 및 품종을 표집하여 다소비 품목 및 브랜드를 확보(대형마트 진열면적 순)하여 이루어졌다. 농산식품으로서 조미 및 향신료로 첨가되는 조미료류인 겨자가루(mustard powder), 계피가루(cinnamon powder), 고추냉이(와사비)가루(*Horseradish* powder), 고추냉이(와사비)페이스트(*Horseradish* paste), 산초가루(Chinese powder) 5개와 차류인 녹차가루(green tea, powder)와 마른 녹차잎(green tea, leaves, dried) 2개, 채소류인 보리순 가공(가루, 큰알보리)(young barley, powder), 보리순 생것(큰알보리)(young barley, raw) 2개, 곡류인 밀가루 강력분(wheat powder, strong wheat flour), 중력분(wheat powder, medium wheat flour), 박력분(wheat powder, soft wheat flour)의 3개의 시료에서 베타카로틴 함량을 측정하였다. 견과류 및 종실류 6개에는 검은 참깨 마른 것(sesame seed, black sesame, dried), 흰 참깨 마른 것(sesame seed, white sesame, dried), 들깨 마른 것(perilla seed, dried), 아몬드 마른 것(almond, dried), 아몬드 볶은 것(almond, roasted), 아몬드 조미품(almond products, roasted with salt)을 시중에서 구입하였으며, 유지류 2개는 참기름(sesame oil)과 들기름(perilla seed oil)이었다. 과일류에서는 블루베리 생것(blueberry, raw), 사과 껍질 미포함 생것(apple, raw, without skin), 사과 껍질 포함 생것(apple, raw, with skin), 살구 생것(apricot, raw), 키위골드 생것(kiwi, raw, gold), 키위그린 생것(kiwi, raw, green), 파파야미숙 생것(papaya, raw, immaturity), 파파야완숙

생것(papaya, raw, full maturity), 파파야적숙 생것(papaya, raw, optimum maturity), 건포도(grape products, raisin, dried), 포도과즙음료(grape products, fruit juice drink), 포도잼(grape products, jam), 포도통조림(grape products, canned), 거봉 생것(grape, Kyoho(large), raw), 거봉 껍질 포함 생것(grape, Kyoho(large), raw, with skin), 청포도 생것(grape, green variety, raw), 청포도 껍질 포함 생것(grape, green variety, raw, with skin), 캠벨얼리포도 생것(grape, campbell early, raw), 캠벨얼리포도 껍질과 씨 포함 생것(grape, campbell early, raw, with skin and seed), 캠벨얼리포도 껍질 포함 생것(grape, campbell early, raw, with skin)의 20개 시료에서 베타카로틴 함량을 측정 후 비교하였다. 이들 시료의 채취 및 균질화는 국립농업과학원 농식품자원부 기능성식품과(Wanju, Korea)에서 수행하였으며, 균질화된 시료는 -20°C 냉동고에서 보관하여 분석에 사용하였다.

식품으로부터 베타카로틴 추출

식품 원재료에 함유된 베타카로틴 성분 추출을 위하여 알칼리 비누화법과 용매 추출을 동시에 수행하였다(4,5). 추출 방법과 기기분석 방법은 전에 보고한 내용과 동일하였다(4). 시료 추출관에 균질화된 시료 3 g과 6% pyrogallol ethanol 용액 10 mL를 첨가하여 잘 혼합되도록 균질화한 후 질소층진 하여 10분 동안 sonication을 수행하였다. 다음 60% KOH 용액 8 mL를 첨가하여 air condenser를 연결한 후 75°C, 100 rpm으로 설정되어 있는 shaking water bath (BS-21, Lab Companion, Ramsey, MN, USA)에서 1시간 동안 검화하였다. 검화 후 냉각한 추출관에 2% NaCl 용액 20 mL를 첨가하고, 항산화제인 0.01% butylated hydroxytoluene(BHT)을 첨가한 추출용매(n-hexane : ethyl acetate, 85:15, v/v) 15 mL로 세 번 반복하여 베타카로틴 성분을 추출하였다. 추출액을 모아서 50 mL로 정용하였다. 정용한 추출액에서 10 mL를 취하여 질소로 용매를 완전히 제거한 후 chloroform 1 mL를 첨가하여 reversed-phase HPLC 분석을 통하여 베타카로틴 함량을 정량하였다. 각 분석시료의 베타카로틴 함량 분석은 두 반복으로 수행되었다.

베타카로틴 함량 분석 및 검량선 작성

베타카로틴 함량을 위한 high performance liquid chromatograph(HPLC, Younglin, Anyang, Korea) 분석 조건 및 검량선 작성은 다음과 같이 수행하였다(4). 분석에 사용된 HPLC는 영린 SP 930D 듀얼 펌프와 UV/Vis 검출기(측정파장: 450 nm) 그리고 ODS 4 μ m(Nova-Pak[®] C18, 150×3.9 mm I.d., Waters, Milford, MA, USA) 칼럼이 장착되어 있었다. 분석을 위한 이동상은 A 용매(acetonitrile : methanol : dichloromethane, 70:20:5, v/v/v)와 B 용매(acetonitrile : methanol : dichloromethane, 70:10:30, v/v/v)를 1 mL/min의 유속으로 기울기 용리(gradient elu-

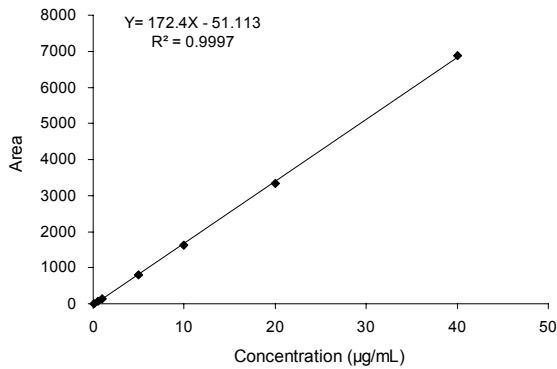


Fig. 1. Calibration curve for quantification of β -carotene in agricultural foods.

tion)로 흘려주었다(4). 위에서 준비한 비검화물질(베타카로틴 등)을 포함하고 있는 추출액 20 μ L를 주입하여 베타카로틴 함량을 정량하였다.

베타카로틴 검량선 작성은 표준품 10 mg을 chloroform에 녹여 stock solution(10 mg/3 mL)을 제조한 후 각각 0.1, 0.5, 1, 5, 10, 20, 40 μ g/mL의 농도가 되도록 working solution을 준비하여 검량선을 작성하였다(Fig. 1). 이때 검량선 식은 $Y=172.4X-51.11(R^2=0.999)$ 이었다. 검량선식에서 X는 베타카로틴의 농도(μ g/mL)를 의미하며, Y는 HPLC 분석한 후 얻어진 각 농도별 베타카로틴의 peak area이다. 각 시료에서의 베타카로틴 농도는 이 검량선을 이용하여 구한 다음 시료 양과 추출용매의 희석배수를 감안하여 μ g/100 g으로 환산하였다.

표준인증물질(SRM) 분석 및 평가방법

분석품질관리를 위하여 참값을 알고 있는 표준인증물질인 slurried spinach(Standard Reference Material[®] 2385)를 분석하여 참값 대비 분석치의 회수율(%)을 구하였다. 또한 검출한계(limit of detection, LOD)와 정량한계(limit of quantification, LOQ)를 signal 대 noise(S/N)에 대한 비에 기초하여 다음과 같이 측정하였다. 우선 공시료 분석에서

얻어진 크로마토그램에서 blank peak area 값을 구하고 평균값을 얻어서 LOQ의 경우 S/N의 비가 10:1인 점을 고려하여 평균값에 10배를 한 후 얻어진 peak area를 위에서 얻은 검량선에 대입하여 농도를 구하였다(6). 여기서 구한 최소 농도를 6회 반복하여 HPLC 분석한 후 적분을 통하여 얻어지는 peak area들 간의 평균값과 표준편차를 구하였다. 그리고 분석한 농도를 포함한 베타카로틴의 표준품을 제조하여 외부 검량선을 작성하여 기울기를 얻어 다음의 식에 대입하여 LOQ를 구하였다. LOD의 경우 S/N의 비를 3.3:1로 계산하여 같은 방법으로 구하였다.

정량한계=10×반응의 표준편차/검량선의 기울기

검출한계=3.3×반응의 표준편차/검량선의 기울기

분석 결과는 분석반복 간의 표준편차(standard deviation, SD)와 상대표준편차(relative standard deviation, RSD)로 비교하였다. 본 실험에서 LOD와 LOQ는 각각 3.32μ g/100 g과 10.72μ g/100 g이었다.

결과 및 고찰

분석 QC를 위한 표준인증물질 분석 결과

농산식품에 함유되어 있는 베타카로틴의 신뢰성 있는 DB 확보를 위한 분석법 검증에 위하여 참값을 알고 있는 표준인증물질인 slurried spinach(SRM 2385)의 베타카로틴 함량을 측정하였다(Fig. 2). 표준인증물질의 참값은 $1,920 \mu$ g/100 g이었고 분석 결과 $1,963 \mu$ g/100 g으로 RSD 1.73%였으며, 회수율(recovery, %)은 102%였다(Table 1). 일반적으로 참값에 대한 분석값 사이의 근접도를 나타내는 정확도(accuracy)의 허용 기준은 회수율 90~110%이며, RSD는 2% 이하이다(6). 따라서 표준인증물질의 베타카로틴 함량 분석 결과 아주 양호한 결과를 얻었다.

조미료류, 차류, 채소류, 곡류에 함유된 베타카로틴 함량

식품에서 조미료류 5개(겨자가루, 계피가루, 고추냉이가루(와사비), 고추냉이페이스트(와사비), 산초가루)와 차류 2

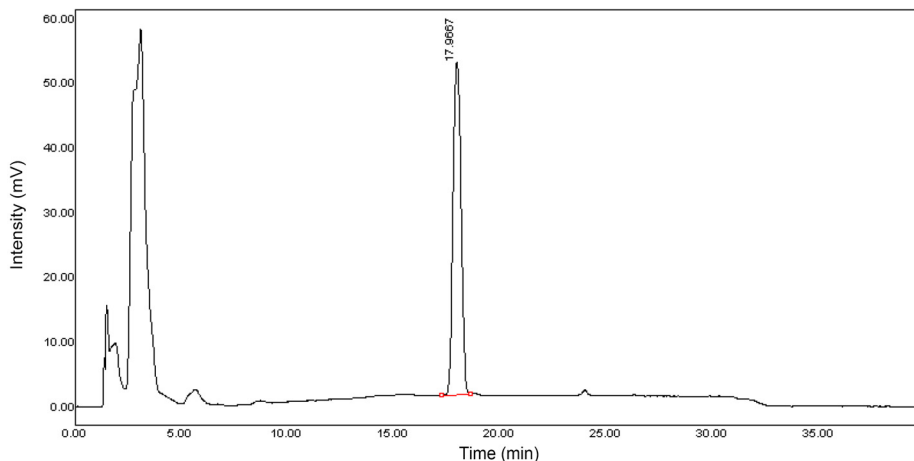


Fig. 2. HPLC chromatogram of β -carotene of slurried spinach (standard reference materials).

Table 1. Recovery of β -carotene of standard reference material 2385 (slurried spinach)

Slurried spinach	β -Carotene ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)
Certified concentration value	1,920 \pm 290
Analysis value	1,963 \pm 34
RSD (%) ¹⁾	1.73
Recovery (%)	102

Values represent mean \pm standard deviation.

¹⁾RSD: relative standard deviation.

개(녹차가루, 마른 녹차잎), 채소류 2개(보리순 가공(가루, 큰알보리), 보리순 생것(큰알보리)), 곡류 3개(밀가루강력분, 밀가루중력분, 밀가루박력분)에서 베타카로틴 함량을 측정하였다(Table 2). Table 2에서는 분석한 베타카로틴의 함량($\mu\text{g}/100\text{ g}$) 및 표준편차, 상대표준편차, 환산한 μgRE 를 나타내었다.

전반적으로 양호한 RSD를 나타내었으며 채소류와 차류에서 비교적 높은 베타카로틴 함량이 검출되었다. 보리순가루 17,293.95 $\mu\text{g}/100\text{ g}$, 보리순 생것 2,755.15 $\mu\text{g}/100\text{ g}$, 녹차가루 7,579.04 $\mu\text{g}/100\text{ g}$, 마른 녹차잎 13,671.85 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 으로 베타카로틴 함량을 나타내었다. 한국영양학회의 한국인 영양섭취기준에 따르면 비타민 A(μgRE)의 1일 영양소 기준치는 700 μgRE 로 보고되고 있다(7). 베타카로틴 함량이 비타민 A 1 RE에 대하여 6 μg 임을 감안할 때 보리순가루와 보리순 생것, 녹차가루, 마른 녹차잎의 환산한 RE는 각각 2,882.33 μgRE , 459.19 μgRE , 1,263.17 μgRE , 2,278.64 μgRE 를 나타낸다. 식품성분표 8개정판에 의하면 보리순가루의 베타카로틴 함량은 1,310 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 으로 농진청(연구보고서)의 2006년 자료에 준한 수치이다. 이번에 분석한 수치는 제시된 수치보다 높은 경향을 보였다. 이는 보리순의 재배지역 및 품종에 따른 차이뿐만 아니라 가공법의 기술적 차이로 인하여 높은 수치를 나타낸 것으로 사료된다. 보리순 생것의 경우 농진청의 1983년 자료를 인용한 수치로서 5,511 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 이 보고되고 있는데 본 연구에서는 보고

된 수치보다 낮은 수치를 나타내었다. 녹차가루의 경우 식품성분표에서는 농진청의 1995년 자료에 준한 21,000 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 이었고 본 실험에서는 낮은 경향을 나타내었다. 이러한 결과들은 시료의 재배지역 차이에 따른 함량 변화를 나타낸 것으로 사료된다.

마른 녹차잎의 경우 농진청의 1998년도와 2009년도 자료에 준한 수치로 13,176 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 이었고 본 실험에서의 결과와 유사한 수치를 나타내었다. 조미료류에서는 고추냉이가루 126.61 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ (21.10 μgRE), 산초가루 80.13 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ (13.36 μgRE), 겨자가루 44.59 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ (7.43 μgRE), 계피가루 32.77 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ (5.46 μgRE), 고추냉이페이스트 11.36 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ (1.89 μgRE) 순으로 베타카로틴 함량이 검출되었다. 식품성분표 8개정판에 의하면 고추냉이가루의 베타카로틴 함량은 농진청(연구보고서) 1998년 자료에 준하는 수치로서 6 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 이었으며, 고추냉이페이스트의 경우 식품의약품안전처(식약처, 한국식품성분표) 1996년 자료에 준하는 수치인 8 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 이었다. 식품성분표에 보고된 산초가루의 베타카로틴 함량은 2010년 일본의 자료에 준하는 수치로서 수치가 애매하거나 측정되지 않은 결과를 보고하였다. 본 연구에서 측정된 산초가루의 수치는 이보다 높은 결과를 나타내었다. 식품성분표 8개정판에서 겨자가루의 경우 식약처 1996년도 자료(한국식품성분표)에 준하는 수치로서 42 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 이 등록되어 있으며, 이는 이번에 분석한 결과와 유사한 수치를 나타내었다. 계피가루의 경우 농진청 2003년 자료를 응용한 수치로서 trace로 보고되고 있다.

곡류인 밀가루 강력분과 중력분, 박력분에서는 식품성분표에 제시된 바와 같이 베타카로틴 함량이 검출되지 않았다(8).

견과류 및 종실류, 유지류에 함유된 베타카로틴 함량

농산식품에서 견과류 및 종실류 6개(검은 참깨 마른 것, 흰 참깨 마른 것, 들깨 마른 것, 아몬드 마른 것, 아몬드 볶은

Table 2. β -Carotene contents of seasonings, teas, vegetables, and cereals

Description	Food group	Vitamin A			
		β -Carotene contents ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)			μgRE
		Mean	SD ¹⁾	RSD ²⁾	
Mustard powder	Seasonings	44.59	1.96	4.40	7.43
Cinnamon powder	Seasonings	32.77	1.85	5.65	5.46
Horseradish powder (wasabi)	Seasonings	126.61	1.07	0.84	21.10
Horseradish paste (wasabi)	Seasonings	11.36	0.62	5.48	1.89
Chinese powder	Seasonings	80.13	4.97	6.20	13.36
Green tea, powder	Teas	7,579.04	222.61	2.94	1,263.17
Green tea, leaves, dried	Teas	13,671.85	625.84	4.58	2,278.64
Young barley, powder	Vegetables	17,293.95	151.58	0.88	2,882.33
Young barley, raw	Vegetables	2,755.15	207.08	7.52	459.19
Wheat powder, strong wheat flour	Cereals	ND ³⁾	—	—	ND
Wheat powder, soft wheat flour	Cereals	ND	—	—	ND
Wheat powder, medium wheat flour	Cereals	ND	—	—	ND

¹⁾SD: standard deviation. ²⁾RSD: relative standard deviation (%). ³⁾ND: not detected.

Table 3. β -Carotene contents of nuts, seeds, and oils

Description	Food group	Vitamin A			
		β -Carotene contents ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)			μgRE
		Mean	SD ¹⁾	RSD ²⁾	
Sesame seed, black sesame, dried	Nuts and seeds	41.27	3.87	9.38	6.88
Sesame seed, white sesame, dried	Nuts and seeds	25.36	2.45	9.68	4.23
Perilla seed, dried	Nuts and seeds	33.06	1.38	4.19	5.51
Almond, dried	Nuts and seeds	17.21	0.86	5.00	2.87
Almond, roasted	Nuts and seeds	15.06	0.57	3.76	2.51
Almond products, roasted with salt	Nuts and seeds	11.32	0.19	1.70	1.89
Sesame oil	Oils and fats	11.41	1.01	8.81	1.90
Perilla seed oil	Oils and fats	58.56	4.81	8.21	9.76

¹⁾SD: standard deviation. ²⁾RSD: relative standard deviation (%).

것, 아몬드 조미품)와 유지류 2개(참기름, 들기름)에서 분석한 베타카로틴 함량을 Table 3에 나타내었다. Table 3에서는 분석한 베타카로틴의 함량($\mu\text{g}/100\text{ g}$) 및 표준편차, 상대 표준편차, 환산한 μgRE 를 나타내었다. 베타카로틴 함량 분석 결과 검은 참깨 마른 것 41.27 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ (6.88 μgRE), 들깨 마른 것 33.06 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ (5.51 μgRE), 흰 참깨 마른 것 25.36 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ (4.23 μgRE) 순으로 베타카로틴 함량이 검출되었다. 식품성분표 8개정판에 의하면 검은 참깨 마른 것과 흰 참깨 마른 것의 베타카로틴 함량은 농진청(연구보고서) 1996년도와 2006년도 자료에 준하는 수치로서 각각 15 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 과 13 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 이었다. 들깨 마른 것의 경우 농진청(연구보고서) 1999년도와 2009년도 자료에 준하는 수치로서 함량이 미량으로 존재하는 trace로 보고되고 있다. 이러한 결과들은 시료의 재배지역 차이에 따른 함량 변화 및 현 분석법이 과거 분석법에 비하여 정량한계 및 분석법이 개선되어 결과값이 차이가 나는 것으로 사료된다.

아몬드 마른 것과 아몬드 볶은 것, 아몬드 조미품에서 베타카로틴 함량은 각각 17.21 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ (2.87 μgRE)과 15.06 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ (2.51 μgRE), 11.32 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ (1.89 μgRE)이었다. 식품성분표 8개정판에 따르면 아몬드 조미품은 농진청의 2001년도 자료를 인용하여 0 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 으로 보고되고 있으며, 아몬드 마른 것은 일본(일본 식품표준성분표)의 2010년도 자료에 준하여 수치가 애매하거나 측정되지 않았다고 보고하고 있다. 아몬드 볶은 것의 경우는 식품성분표에 등록되어 있지 않았다. 미국 USDA Agricultural Research Service(ARS) National Nutrient Database에 의하면 아몬드 볶은 것(nuts, almonds; dry roasted, with salt added)과 아몬드 조미품(nuts, almonds; dry roasted, without salt added)의 베타카로틴 함량은 동일하게 1 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 으로 보고하고 있다(9).

유지류인 참기름과 들기름에 함유된 베타카로틴의 분석 결과 각각 들기름 58.56 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ (9.76 μgRE)과 참기름 11.41 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ (1.90 μgRE)이었다. 식품성분표 8개정판에 따르면 들기름에서 베타카로틴 함량은 그 수치가 애매하거나 측정되지 않았다고 표시되어 있고 참기름의 경우 농진청(연구사업보고서)의 2010년 자료에 준하여 13 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 으로

로 보고되어 있다. 이는 이번에 분석한 수치와 유사한 결과이다.

과일류에 함유된 베타카로틴 함량

과실류 20개(블루베리 생것, 사과 껍질 미포함 생것, 사과 껍질 포함 생것, 살구 생것, 키위골드 생것, 키위그린 생것, 파파야미숙 생것, 파파야완숙 생것, 파파야적숙 생것, 건포도, 포도과즙음료, 포도잼, 포도통조림, 거봉 생것, 거봉 껍질 포함 생것, 청포도 생것, 청포도 껍질 포함 생것, 캠벨엘리포도 생것, 캠벨엘리포도 껍질과 씨 포함 생것, 캠벨엘리포도 껍질 포함 생것)에서 분석한 베타카로틴의 함량($\mu\text{g}/100\text{ g}$) 및 표준편차, 상대표준편차, 환산한 μgRE 를 Table 4에 나타내었다. 블루베리 생것의 베타카로틴 함량은 26.37 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ (4.39 μgRE)이었으며, 식품성분표 8개정판에 의하면 32 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 으로 보고되고 있다. 이 수치는 USDA NRS National Nutrient Database 2011년 자료와 농진청(연구사업보고서) 2009년의 자료를 인용한 수치로서 본 분석 결과와 유사하였다. 사과 껍질 미포함 생것과 사과 껍질 포함 생것의 베타카로틴 함량은 각각 10.17 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ (1.70 μgRE)과 32.04 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ (5.34 μgRE)으로 측정되어 껍질을 포함한 경우 더 높은 함량을 나타내었다. 미국 USDA NRS National Nutrient Database에 의하면 사과 껍질 미포함 생것과 사과 껍질 포함 생것의 베타카로틴 함량은 각각 17 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 과 27 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 이었다. 이러한 결과는 껍질을 포함한 경우 더 높은 수치를 나타내었던 본 결과와 유사한 경향이였다(9). 살구 생것의 베타카로틴 함량은 2,280.35 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ (380.06 μgRE)으로 측정되었으며, USDA NRS National Nutrient Database에 의하면 1,094 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 으로 제시하고 있다(9). 또한 식품성분표 8개정판에서는 살구 생것의 베타카로틴 함량을 1,784 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 으로 제시하였다. 이러한 결과는 본 결과와 유사한 경향을 보여주고 있다. 키위골드 생것과 키위그린 생것의 베타카로틴 함량은 각각 45.78 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ (7.63 μgRE)과 83.60 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ (13.93 μgRE)으로 분석되었으며, 이러한 수치는 미국 USDA NRS National Nutrient Database에서 보고된 키위골드 생것 43 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 및 키위그린 생것 52 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 과 유사한 경향을

Table 4. β -Carotene contents of fruits

Description	Vitamin A			
	β -Carotene contents ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)			μgRE
	Mean	SD ¹⁾	RSD ²⁾	
Blueberry, raw	26.37	3.28	12.43	4.39
Apple, raw, without skin	10.17	0.57	5.60	1.70
Apple, raw, with skin	32.04	1.71	5.33	5.34
Apricot, raw	2,280.35	20.06	0.88	380.06
Kiwi, raw, gold	45.78	2.32	5.08	7.63
Kiwi, raw, green	83.60	0.90	1.08	13.93
Papaya, raw, immaturity	10.70	0.88	8.24	1.78
Papaya, raw, full maturity	242.57	13.53	5.58	40.43
Papaya, raw, optimum maturity	162.70	6.28	3.86	27.12
Grape products, raisin, dried	4.33	0.23	5.25	0.72
Grape products, fruit juice drink	12.27	1.03	8.40	2.05
Grape products, jam	48.54	1.94	4.00	8.09
Grape products, canned	21.35	1.21	5.66	3.56
Grape, Kyoho (large), raw	25.56	1.37	5.34	4.26
Grape, Kyoho (large), raw, with skin	62.73	0.62	1.00	10.46
Grape, green variety, raw	19.40	1.45	7.47	3.23
Grape, green variety, raw, with skin	45.79	3.15	6.88	7.63
Grape, campbell early, raw	38.70	1.21	3.12	6.45
Grape, campbell early, raw, with skin and seed	67.08	1.18	1.76	11.18
Grape, campbell early, raw, with skin	71.58	2.35	3.28	11.93

¹⁾SD: standard deviation. ²⁾RSD: relative standard deviation.

나타내었다(9).

과과야미숙 생것과 과과야완숙 생것, 과과야적숙 생것의 베타카로틴 함량 분석 결과 각각 10.70 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ (1.78 μgRE)과 242.57 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ (40.43 μgRE), 162.70 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ (27.12 μgRE)이었다. 미국 USDA NRS National Nutrient Database에 따르면 과과야 생것의 베타카로틴 함량은 274 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 으로 제시하고 있는데, 이 함량은 과과야완숙의 베타카로틴 함량과 유사한 수치를 나타내었다(9). 본 결과에서는 과과야의 숙성단계가 지날수록 높은 베타카로틴 함량을 보였다. 건포도와 포도과즙음료, 포도잼, 포도통조림의 베타카로틴 함량 분석 결과 각각 4.33 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ (0.72 μgRE)과 12.27 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ (2.05 μgRE), 48.54 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ (8.09 μgRE), 21.35 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ (3.56 μgRE)을 나타내었다. 거봉 생것과 거봉 껍질 포함 생것, 청포도 생것, 청포도 껍질 포함 생것의 베타카로틴 함량 분석 결과 각각 25.56 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ (4.26 μgRE)과 62.73 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ (10.46 μgRE), 19.40 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ (3.23 μgRE), 45.79 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ (7.63 μgRE)을 나타내었다. 대체로 껍질을 포함하고 있을 때 더 높은 베타카로틴 함량이 검출되었으며, 청포도 생것의 경우 식품성분표 8개정판에서 제시한 수치(11 $\mu\text{g}/100\text{ g}$)와 유사하였다. 마지막으로 캠벨얼리포도 생것, 캠벨얼리포도 껍질과 씨 포함 생것, 캠벨얼리포도 껍질 포함 생것의 베타카로틴 함량 분석 결과 각각 38.70 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ (6.45 μgRE)과 67.08 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ (11.18 μgRE), 71.58 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ (11.93 μgRE)으로 측정되었다. 마찬가지로 껍질을 포함하고 있는 경우 좀 더 높은 베타카로틴 함량을 나타내었다. 식품성분표 8개정판에 따르면 캠벨얼리포도 생것의 베타카로틴 함량은 9 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 으

로 보고되고 있다. 이러한 수치는 농진청(연구사업보고서)의 2010년 자료를 인용한 수치이다. 본 연구에서 분석된 시료들과 식품성분표 상의 시료들 간의 결과값들은 재배지역 및 품종 차이에서 차이가 날 수 있으며, 과거 분석법에 비하여 개선된 현 분석법으로 인하여 낮은 정량한계를 나타내어 trace 수준 대신에 수치로서 결과값들을 제시할 수 있었던 것으로 사료된다.

요 약

본 연구는 식품성분표 개정을 위한 기초연구로서 농산식품인 조미료류 5개, 차류 2개, 채소류 2개, 곡류 3개, 견과류 및 종실류 6개, 유지류 2개, 과일류 20개에 함유되어 있는 기능성 영양성분 중 하나인 베타카로틴 함량을 분석하였다. 대표성과 신뢰성이 확보된 베타카로틴의 분석물질인 slurried spinach(SRM 2385)의 베타카로틴 함량을 측정하여 결과 RSD 1.73%였으며, 회수율은 102%로 아주 양호한 결과를 얻었다. 농산식품 분석 결과 채소류와 차류에서 비교적 높은 베타카로틴 함량이 검출되었다. 보리순가루 17,293.95 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ (2,882.33 μgRE), 보리순 생것 2,755.15 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ (459.19 μgRE), 녹차가루 7,579.04 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ (1,263.17 μgRE), 마른 녹차잎 13,671.85 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ (2,278.64 μgRE)으로 베타카로틴 함량이 비교적 높았다. 견과류 및 종실류의 베타카로틴 함량 분석 결과 검은 참깨 마른 것 41.27 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ (6.88 μgRE), 들깨 마른 것 33.06 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ (5.51 μgRE), 흰 참깨 마른 것 25.36 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ (4.23 μgRE) 순으로

베타카로틴 함량이 검출되었다. 유지류의 베타카로틴 함량 분석 결과 들기름 58.56 µg/100 g(9.76 µgRE)과 참기름 11.41 µg/100 g(1.90 µgRE)으로 측정되었다. 과일류 20개에서는 살구 생것 2,280.35 µg/100 g(380.06 µgRE)과 파파야완숙 생것 242.57 µg/100 g(40.43 µgRE), 파파야적숙 생것 162.70 µg/100 g(27.12 µgRE)으로 비교적 높은 베타카로틴 함량을 나타내었다. 거봉 생것, 청포도 생것, 캠벨얼리포도 생것의 경우 껍질을 포함하였을 때 베타카로틴 함량이 높게 측정되었다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ00959306)의 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

REFERENCES

1. Bauernfeind JC. 1972. Carotenoid vitamin A precursors and analogs in foods and feeds. *J Agric Food Chem* 20: 456-473.
2. Grune T, Lietz G, Palou A, Ross AC, Stahl W, Tang G, Thurnham D, Yin SA, Biesalski HK. 2010. β -Carotene is an important vitamin A source for humans. *J Nutr* 140: 2268S-2285S.
3. Eitenmiller RR, Landen WO. 1998. *Vitamin analysis for the health and food sciences*. CRC Press, New York, NY, USA. p 3-75.
4. Shin JA, Chun JY, Lee J, Shin KY, Lee SK, Lee KT. 2013. Determination of β -carotene and retinol in Korean noodles and bread products. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42: 1949-1957.
5. De Vries JW, Silvera KR. 2002. Determination of vitamins A (retinol) and E (alpha-tocopherol) in foods by liquid chromatography: collaborative study. *J AOAC Int* 85: 424-434.
6. Korea Food and Drug Administration. 2011. *NLS Standard Operating Procedure Analytical Methods*. Korea Food and Drug Administration, Osong, Korea. p 5-27.
7. The Korean Nutrition Society. 2010. *Dietary Reference Intakes for Koreans*. 1st ed. The Korean Nutrition Society, Seoul, Korea. p 149-165.
8. National Academy of Agricultural Science. 2011. *Food Composition Table*. 8th ed. Rural Development Administration National Academy of Agricultural Science, Wanju, Korea.
9. USDA. 2014. United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service, National Nutrient Database for Standard Reference Release 27. Software v.2.0b. The National Agricultural Library. <http://ndb.nal.usda.gov/>.