

## 지역 농특산물의 베타카로틴 함량 조사

†엄현주 · 강혜정\* · 윤향식 · 권누리\* · 김영호\*\* · 홍성택\*\* · 박진주\*\*\* · 이준수\*\*\*\*

충청북도농업기술원 지방농업연구소, \*충청북도농업기술원 연구원, \*\*충청북도농업기술원 지방농업연구소, \*\*\*국립농업과학원 농식품자원부 농업연구소, \*\*\*\*충북대학교 식품생명공학과 교수

### A Study on Contents of Beta-Carotene in Local Agricultural Products

†Hyun-Ju Eom, Hye Jeong Kang\*, Hyang-Sik Yoon, Nu Ri Kwon\*, Youngho Kim\*\*,  
Seong Taek Hong\*\*, Jinju Park\*\*\* and Joonsoo Lee\*\*\*\*

Associate Researcher, Chungcheongbukdo Agricultural Research and Extension Services, Cheongju 28130, Korea

\*Researcher, Chungcheongbukdo Agricultural Research and Extension Services, Cheongju 28130, Korea

\*\*Senior Researcher, Chungcheongbukdo Agricultural Research and Extension Services, Cheongju 28130, Korea

\*\*\*Associate Researcher, Department of Agro-Food Resources, NAAS, RDA, Wanju 55365, Korea

\*\*\*\*Professor, Dept. of Food Science and Biotechnology, Chungbuk National University, Cheongju 28644, Korea

### Abstract

Beta-carotene is the most prominent member of the group of carotenoids, natural colorants that occur in the human diet. Beta-carotene is also an effective source of vitamin A in both conventional foods and vitamin supplements, and it's generally safe. In this study, we explored the beta-carotene contents in agricultural products widely and specifically grown in Korea. The beta-carotene contents were ranging from 223 to 27,908  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  in leaves, and 0 to 7,588  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  in vegetables. In leaves and vegetables, the amount of beta-carotene was the highest in green tea powder (27,908  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ), followed by pepper (7,588  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ ). In fruits, the beta-carotene content was found to range from 0  $\mu\text{g}/1,011\text{ g}$  to maximum of 293.66  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  (plumcot). However, there beta-carotene was not detected in strawberry. In the case of cereals and specialty crops, the beta-carotene contents were 326  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  for non-glutinous rice, 313  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  for glutinous rice, 57  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  for amaranth and 15  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  for pine nut, respectively. However, the beta-carotene content was not detected in other samples. This study revealed the presence of beta-carotene content in agricultural products specifically grown in Korea for nutritional information and food composition database.

Key words: beta-carotene, agricultural products, HPLC

### 서 론

베타카로틴( $\beta$ -carotene)은 식물에서 발견되는 지용성 천연 색소로서 섭취한 후에 장점막에 존재하는 beta-carotene 15,15'-monooxygenase(BCO1) 효소에 의해 그 중심부분에 이중결합이 분해되어 2분자의 레티놀(vitamin A)로 전환된다(Stutz 등 2015). 따라서 베타카로틴을 비타민 A의 전구체라고도 표현하고 있다. 카로티노이드(carotenoid)의 한 종류인 베타카로틴

은 600종 이상의 카로티노이드 중 대표적인 것으로 그 외에 알파 카로틴(alpha-carotene), 베타 크립토잔틴(beta-cryptoxanthin) 등도 비타민 A의 생물학적 특성을 가지지만, 베타카로틴에 비하여 약 절반 정도의 활성을 지닌다(Shin 등 2013). 인간에게 베타카로틴은 중요한 식물성 공급원으로 결핍이 되면 야맹증이나 안구건조증 등 안구질환을 야기한다(Demmig-Adams & Adams 2013). 또한 생체 내에서 항산화제뿐만 아니라, 면역기능 향상, 심혈관 질환 및 항암 등의 효과가 있는 것으로 보

† Corresponding author: Hyun-Ju Eom, Associate Researcher, Chungcheongbukdo Agricultural Research and Extension Services, Cheongju 28130, Korea. Tel: +82-43-220-5692, Fax: +82-43-220-5679, E-mail: hyunjueom@korea.kr

고되고 있다(Raja 등 2007; Ha 등 2009). 이렇듯 다양한 기능성을 가진 베타카로틴은 당근, 시금치, 호박 등의 녹황색 채소에 다량 존재하며, 인간과 동물에서는 생합성이 이루어지지 않아 식이로써 공급되어야 하는 영양소이다(Hwang 등 2016). 베타카로틴을 다양한 매트릭스(Matrix)에서 분석하기 위하여 일반적으로 직접 검화법(direct saponification)과 용매 추출(solvent extraction)을 병행하며, 근래에는 HPLC를 통하여 정량분석하고 있다(Shin 등 2015).

최근 웰빙과 건강에 대한 관심이 높아짐에 따라 지방, 단백질, 탄수화물 등의 3대 영양소 외에 비타민, 미네랄, 파이토케미컬(phytochemical) 등의 미량 영양소가 중요 성분으로 주목 받게 되었고, 이에 따라 미량성분 및 특수성분은 활용도 제고를 위하여 더 세분화된 영양성분표로 분리하여 발간되고 있다(Kim 등 2013; Lee 등 2016). 이에 일환으로 농촌진흥청은 표준 식품성분표 제8개정판을 발간하였고, 2,757종의 식품에 대한 일반성분, 무기성분, 일부 비타민을 수록, 그 뒤 2016년에는 제9개정판을 발간하여 국민이 섭취하는 다소비 식품 3,000점의 43개 영양소 데이터베이스를 제공하고 있다(Choe 등 2001; RDA 2011; RDA 2016).

본 연구에서는 최근 외래 도입종으로 농가에서 재배가 많이 되는 작물과 지리적 표시제 및 지역특화작목을 위주로 선정하여 농산물이 함유되어 있는 베타카로틴의 함량을 분석하였고, 그 결과를 보고하여 향후 국가식품성분표의 발간에 활용하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험 재료

본 시료는 최근 외래 도입종으로 농가에서 재배가 많이 되는 작물과 지리적 표시제 및 지역특화작목을 위주로 선정하였다. 삼채 등을 포함한 잎 및 채소류 20종, 망고와 같은 과일류 13종, 곡류 및 특용작물 12종, 총 45종의 시료는 2015~2017년에 농촌진흥청으로부터 제공받았으며, 실험실 내 분석관리 물질에 사용된 브로콜리와 표고버섯 역시 농촌진흥청으로부터 제공 받았고, 모든 시료는 동결 후 분쇄된 상태를  $-20^{\circ}\text{C}$ 에서 보관하면서 분석하였다. 검량선을 얻기 위한 베타카로틴( $\geq 95\%$  HPLC, 032-17991, Wako Pure Chemical Industries, Ltd., Osaka, Japan)은 표준품을 구입하여 사용하였다. Pyrogallol, dibutyl hydroxyl toluene(BHT), potassium hydroxide, ethanol, magnesium sulfate anhydrous는 일반시약(normal-grade)을 사용하였으며, 정량을 위한 기기분석에서 사용된 n-hexane, ethyl acetate, chloroform, acetonitrile, methanol은 특급시약(HPLC-grade)을 사용하였다.

### 2. 표준용액 조제

베타카로틴의 표준품 10 mg을 50 mL의 chloroform에 녹여 이를 0.625, 1.25, 2.5, 5, 10, 20, 40  $\mu\text{g/mL}$ 의 농도가 되도록 positive displacement pipette(Gilson S.A.S., Villiers LeBel, France)으로 희석하여 조제하였다. 이를 이용하여 외부검량선(external standard curve)들을 수차례 얻었으며, 이때 검량선의 예는 다음과 같다.  $Y=82,157.754X - 85,317.200(R^2=0.999)$ . 여기서 Y는 HPLC 분석 후 얻어진 베타카로틴의 peak area이며, X는 베타카로틴의 농도( $\mu\text{g/mL}$ )를 의미한다. 얻어진 검량선을 이용하여 시료에서의 베타카로틴 농도를 구한 후, 시료량과 추출용매의 희석배수를 감안하여  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 으로 환산하였다. 표준용액은  $-20^{\circ}\text{C}$  이하에서 보관하며 사용하였으며, 분석 시 질소를 이용하여 n-hexane을 제거한 뒤 acetonitrile과 chloroform(6:4, v/v)에 재용해하여 분석에 사용하였다.

### 3. 추출방법

각각의 균질화된 시료 4 g을 100 mL 용량의 추출관에 첨가하였는데, 이때 시료가 분말일 경우에는 2 g을 사용하였다. 추출관에 6%의 pyrogallol ethanol 용액을 20 mL 첨가한 후 시료와 잘 섞이도록 vortex mixer로 혼합한 후 30초 동안 추출관의 공기를 질소로 치환하였고, 5분 동안 sonication을 수행하였다. 검화를 위하여 60% KOH 용액 8 mL를 추출관에 첨가한 후 질소로 충전해 냉각관을 연결하였다. 다음  $75^{\circ}\text{C}$ , 120 rpm으로 설정되어 있는 shaking water bath(BS-21, Lab Companion, Jeiotech, Daejeon, Korea)에서 50분 동안 검화를 수행하고, 검화를 완료한 후 ice box에서 1시간 동안 추출관을 냉각하였다. 이후 2% NaCl 용액 30 mL를 첨가하였고, 다음 0.01% butylated hydroxytoluene(BHT)을 첨가한 추출용매 n-hexane과 ethyl acetate 혼합용액(85:15, v/v) 20 mL를 추출관에 첨가하고, 1분 동안 vortex mixer로 혼합한 후 방치하여 층분리하였다. 추출용매를 20 mL씩 두 번 더 가하여 추출과정을 반복하였다. 여기서 얻은 상등액을 분리하여 magnesium sulfate anhydrous가 포함된 여과지를 통과하여 수분을 제거한 후 50 mL의 정용병에 옮겼다. 정용한 추출액 50 mL에서 10 mL를 25 mL screw-cap vial에 취하여 질소로 용매를 완전히 제거한 후 acetonitrile(ACN)과 chloroform 혼합용액(60:40, v/v) 1 mL를 가하여 vortex mixer로 혼합하여 용해시켰다. 용해시킨 액을 PTFE 0.45  $\mu\text{m}$  disposable syringe filter(Hydrophobic, DISMIC-13JP, Toyo Roshi Kaisha, Ltd., Tokyo, Japan)로 여과한 후 reversed-phase HPLC 분석을 통하여 베타카로틴의 함량을 정량하였다(Kim 등 2017; Park 등 2018).

### 4. HPLC 조건

베타카로틴의 정량은 자외부흡광검출기(Felxar UV/VIS LC Detector, PerkinElmer, Seoul, Korea)가 장착되어 있는 HPLC

(PerkinElmer, Seoul, Korea)를 이용하여 수행하였다. 분석에 사용된 HPLC는 pump(Flexar Quaternary LC pump, PerkinElmer, Seoul, Korea)와 Ascentis RP-Amide column(5  $\mu$ m, 4.6 $\times$ 150 mm, SUPELCO, Sigma-Aldrich, Spruce MO, USA)을 장착했다. 컬럼(Flexar peltier LC column oven, PerkinElmer, Seoul, Korea)의 온도는 35 $^{\circ}$ C로 유지하였다. 자외부흡광검출기의 파장은 excitation 파장 473nm를 이용하였으며, 유속은 1.0 mL/min이고, 시료의 1회 주입량은 20  $\mu$ L였다. 이동상은 Acetonitrile과 Methanol이 혼합된 용매(acetonitrile: methanol = 7:3, v/v)를 1L 제조하여 degassing하여 사용하였다.

### 5. 분석방법의 검증

본 연구에서 이용된 분석방법을 검증하기 위하여 참값을 알고 있는 표준인증물질(Standard Reference Material: SRM)인 multivitamin/multielement tablets(SRM<sup>®</sup>-3280)를 분석하여 참값 대비 분석치의 회수율(recovery, %)을 구하였다. 또한 분석 관리물질인 브로콜리와 표고버섯 시료를 10회 이상 분석하여 상대표준편차가 10% 이내에 들어가는 7개 분석치를 얻었고, 이들의 평균값을 기준으로 관리 상·하한선(upper and under control line, mean of analyte content $\pm$ 2 $\times$ standard deviation)과 조치 상·하한선(upper and under action line, mean of analyte content $\pm$ 3 $\times$ standard deviation) 기준을 설정하여 시료가 분석되는 전체 기간 동안 지속해서 QC(quality control) 차트를 작성하여 분석품질관리를 위한 지표로 사용하였다. 분석관리차트의 기준 값 설정 이후 검체를 분석할 때마다 분석관리시료를 함께 분석하여 그 값을 차트에 기록하여 분석의 품질을 관리하였다(Shin 등 2015; Park 등 2018; Yoon 등 2019).

## 결과 및 고찰

### 1. 분석방법의 검증

농특산물에 함유되어 있는 베타카로틴의 신뢰성 있는 분석방법의 검증을 위하여 참값을 알고 있는 표준인증물질인

multivitamin/multielement tablets(SRM<sup>®</sup>-3280)의 베타카로틴 함량을 측정하였고(Table 1), 표준용액과 표준인증물질의 크로마토그램을 비교함으로써 피크의 분리 정도를 확인하였다(Fig. 1). 표준인증물질의 참값은 514  $\mu$ g/g이었고, 분석 결과 480  $\mu$ g/g 으로 RSD 1.27%였으며, 회수율(recovery, %)은 95.5%였다(Table 1). 일반적으로 참값에 대한 분석값 사이의 근접도를 나타내는 정확도(accuracy)의 허용 기준은 회수율 90~110%이며, RSD는 2% 이하이다(KFDA 2011; Shin 등 2015) 따라서 표준인증물질의 베타카로틴 함량 분석 결과, 아주 정확한 결과를 얻었다. 또한, 사용된 분석방법을 검증하기 위해 농촌진흥청으로부터 제공받은 브로콜리와 표고버섯 혼합물을 이용하여 QC 차트를 작성하였고, 기준값을 정하기 위해 시료를 10회 이상 반복 분석하여 평균값을 얻었으며, 이를 기준 값으로 하여 평균값의 상·하위 10%를 관리 상한선 및 하한선(upper and under control line)으로 정하여 분석품질관리를 진행하였다. 모든 분석 데이터가 관리 상한선 및 하한선의 범위 안에 있었으며, 분석이 관리 하에 진행되었음을 확인할 수 있었다(Fig. 2).

### 2. 채소류 및 잎류의 베타카로틴 함량

채소류 및 잎류는 용매추출법을 이용하여 총 20종의 베타카로틴을 분석하였으며, 분석한 농산물은 녹차의 경우, 동결 건조된 것을 분석하였고, 나머지 19종은 생것을 마쇄 후 동결시켰던 것을 사용하였다. Table 2에 분석한 베타카로틴의 함량( $\mu$ g/100 g) 및 표준편차를 나타내었다. 먼저, 9가지 채소 내 베타카로틴의 범위는 0~7,588  $\mu$ g/100 g이었다. 가장 많이 검

Table 1. Accuracy of beta-carotene analysis

CRM	Reference value ( $\mu$ g/g)	Analytical value ( $\mu$ g/g)	Recovery (%)
SRM <sup>®</sup> -3280 <sup>1)</sup>	514 $\pm$ 87	480 $\pm$ 6.1	95.5

<sup>1)</sup> SRM: standard reference material of multivitamin/multielement tablets.

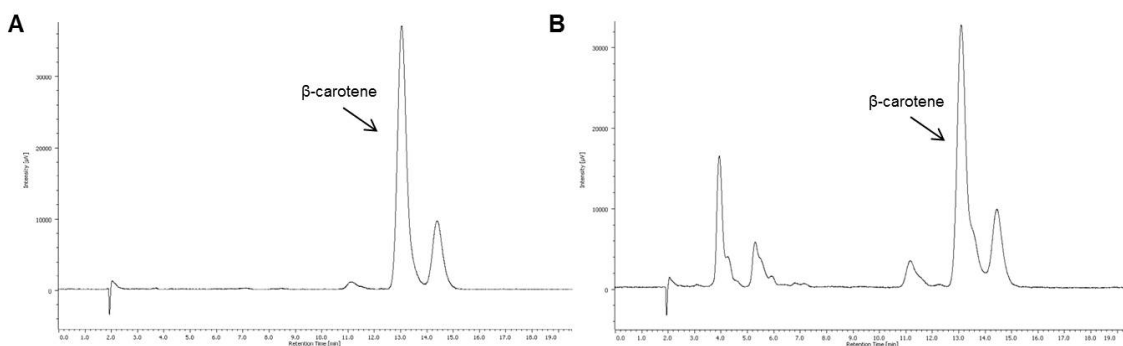


Fig. 1. Analytical HPLC chromatogram of beta-carotene standard (A) and SRM<sup>®</sup>-3280 (B).

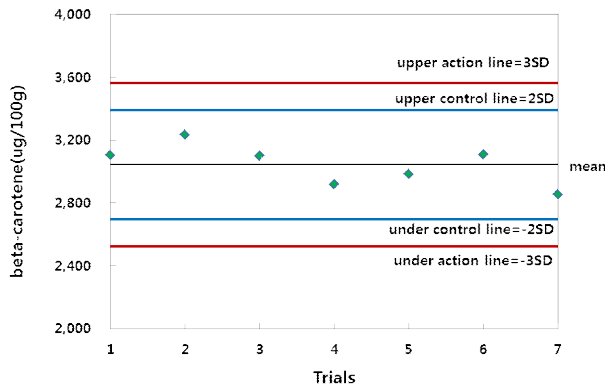


Fig. 2. Quality control charts of beta-carotene. S.D.: standard deviation.

Table 2. The content of beta-carotene in vegetables and leaves (unit:  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ )

Sample	Contents
Pepper(Cheongyang)	7,588.38 $\pm$ 762.76
Garlic	ND
Melon ( <i>Cucumis melo</i> L.)	ND
Onion	ND
Potato	ND
Watermelon	783.33 $\pm$ 103.95
Watermelon, mini	1,089.91 $\pm$ 138.57
Mini Paprika(Raon Orange)	181.17 $\pm$ 42.13
Tomato	2,573.73 $\pm$ 479.85
Samchae ( <i>Allium hookeri</i> , leaves)	2,987.99 $\pm$ 202.63
Ssukbujaengi ( <i>Aster yomena</i> )	1,717.53 $\pm$ 203.92
<i>Moringa oleifera</i> Lam. (Drumstick leaves)	1,557.86 $\pm$ 408.91
Green tea powder	27,908.06 $\pm$ 3,701.48
Hansan ramie, leaves	3,136.36 $\pm$ 143.67
Gat (Mustard green)	2,721.43 $\pm$ 480.76
Myeongwolcho ( <i>Gynura procumbens</i> )	223.85 $\pm$ 14.29
Gondeure( <i>Cirsium setidens</i> )	3,479.48 $\pm$ 161.19
Kkaetip (Perilla)	1,883.76 $\pm$ 320.87
Gomchwi ( <i>Ligularia fischeri</i> )	1,196.62 $\pm$ 65.83
Gugija ( <i>Lycium chinense</i> Miller), leaves	5,339.07 $\pm$ 872.30

All values represent mean $\pm$ S.D.

출된 것은 고추(pepper, Cheongyang)로 100 g 중 7,588  $\mu\text{g}$ 으로 나타났으며, 마늘(garlic), 멜론(green melon), 양파(onion) 및 감자(potato) 등에서는 검출되지 않았다. 고추의 경우, 미국농무부(USDA 2016)의 데이터에 여러 가지 형태로 분석되어있는데, 100 g 중 붉은 생고추에는 1,642  $\mu\text{g}$ , 녹색 생고추에는 671  $\mu\text{g}$  및 붉은 고춧가루에는 14,844  $\mu\text{g}$ 으로 보고하였다. 일

본 문부성의 데이터(MEXT 2015)에는 매운 생고추의 베타카로틴 함량이 6,600  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 으로 검출되어 고추의 색깔별, 나라별, 품종별 다양한 수치를 나타냈으며, 고추는 베타카로틴 함량이 대체적으로 높은 야채류 중 하나이다. 양파, 감자 등은 미국농무부(USDA 2016), 일본 문부성의 데이터(MEXT 2015) 및 Nauman Ahamad 등(2007)에서도 검출되지 않았다.

수박(watermelon)의 경우, 일반 수박은 783  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  검출되었고, 미니수박(watermelon, mini)의 경우, 1,089  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 으로 검출되어 다른 잎류보다는 다소 낮지만 과실채소류에서는 높은 베타카로틴 함량을 나타냈다. 미국 농무부(USDA 2016)의 데이터에는 303  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ , 일본 문부성의 데이터(MEXT 2015)에는 830  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 으로 나타나 수박은 베타카로틴을 다량 함유한 것으로 나타났다. 멜론(melon)의 경우, 본 연구에서 분석한 초록 멜론은 베타카로틴이 검출되지 않았지만, 미국 농무부(USDA 2016)의 데이터에는 일반 초록 멜론의 경우, 30  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 으로 적은 양이 검출되었고, 칸탈로프(cantalope)의 경우에는 2,020  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 으로 다량이 검출되어 베타카로틴의 좋은 급원식품이라 할 수 있다. 본 연구의 파프리카(paprika)는 오렌지색의 신품종 미니 파프리카(paprika, mini)로써 181  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 이 검출되었다. 농촌진흥청 데이터베이스의 자료(Park 등 2018)에선 파프리카의 품종 및 색깔별로 30~2,644  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 으로 분석되어 파프리카의 품종별, 색깔별 그 함량이 차이가 굉장히 컸다. 토마토(tomato, Dotaerang)의 경우 2,573  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 으로 본 연구에서 다소 높게 검출이 되었고, 일본 문부성의 데이터(MEXT 2015)에는 540  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ , 농촌진흥청 데이터베이스의 자료(Park 등 2018)에선 토마토 품종별 380~714  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 으로 본 연구의 결과보다 다소 낮은 함량이 검출되었다. 하지만, Nauman Ahamad 등(2007)의 연구에서는 100 g 중 1,610  $\mu\text{g}$ 이 검출되어 토마토의 경우도 품종별, 나라별 다양한 분석치가 나타났다.

11종의 잎류 내 베타카로틴의 범위는 223~27,908  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 으로 다소 높은 함량이 검출되었고, 가장 높은 값을 나타낸 것은 녹차가루(green tea powder)로 27,908  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 이었고, 다음으로 구기자잎(Gugija, *Lycium chinense* Miller) 5,339  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ , 곤드레(Gondeure, *Cirsium setidens*) 3,479  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 으로 비교적 높은 분석값을 보였고, 명월초(Myongwolcho, *Gynura procumbens*)가 223  $\mu\text{g}/100\text{ g}$  가장 낮은 함량을 나타냈다. 잎류에 대한 데이터는 많이 부족한 실정으로 그 중 모링가(Drumstick, *Moringa oleifera* Lam.)는 본 연구에서 1,557  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 이 검출되었지만, 일본 문부성의 데이터(MEXT 2015)에서는 4,208  $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 으로 다소 큰 차이가 나타났다. 깻잎 풍년(perilla, Pungnyoun)의 경우도 본 연구에서는 100 g 중 1,883  $\mu\text{g}$  검출되었고, 일본 데이터는 11,000  $\mu\text{g}$ 으로 약 5.8배 가량 차이가 났다. 곰취(Gomchwi, *Ligularia fischeri*)에 존재하는 베타카로

틴은 1,196 µg/100 g 검출되었고, 그 외 다른 연구(Hwang 등 2016)에서는 3,834 µg/100 g으로 나타났다. 미국 농림부의 데이터는 잎류의 데이터가 다소 부족하였고, 특히 베타카로틴에 대한 데이터가 없고 비타민 A만 분석이 되어 있어 비교분석하는데 다소 어려운 점이 있었다.

### 3. 과일류의 베타카로틴 함량

과일류의 베타카로틴 함량은 용매추출법을 이용하여 총 13종을 분석하였으며, 분석결과는 Table 3에 나타내었다. 과일류의 베타카로틴 함량 범위는 0~1,011 µg/100 g으로 분석되었다. 플럼코트(Plumcot)에서 1,011 µg/100 g으로 가장 높은 수치를 보였으며, 아로니아(Aronia) 486 µg/100 g, 망고(Mango) 278 µg/100 g, 패션푸르트(Passion fruit) 228 µg/100 g으로 다른 과일들과 비교해서 비교적 높은 함량을 보였다. 오미자(Omija, *Schizandra chinensis*), 사과(apple, Fuji), 키위(kiwi, Gold), 포도(grape, M.B.A), 산수유(Sansuyu, *Cornus officinalis*)에서는 미량 검출되었고, 딸기(strawberry)에서는 검출되지 않았다. 미국 농무부의 식품성분표(USDA 2016)에 의하면 대부분 본 연구에서 분석한 수치와 다소 차이가 났으며, 일반적으로 본 데이터보다 더 높은 수치를 나타냈다. 먼저, 망고 데이터의 경우 640 µg/100 g, 아로니아는 데이터가 업데이트 되지 않았고, 사과는 여러 가지 종류에 대해 0~59 µg/100 g, 키위의 경우 14~52 µg/100 g으로 본 연구와 비슷하거나 다소 높게 측정되었다. 망고의 경우, 일본 문부성의 데이터(MEXT 2015)에도 610 µg/100 g 검출되어 미국의 데이터와 유사하게 나타났다. 아로니아 역시 일본 데이터에 아직 업데이트가 되지 않았

고, 사과는 33 µg/100 g, 그린키위는 66 µg/100 g, 노란색 키위는 38 µg/100 g으로 본 연구보다는 높게 측정되었으나, 사과와 그린키위 자체는 베타카로틴이 많은 과일류는 아니다.

하지만 감의 경우는 나라마다 많은 차이를 나타냈는데, 본 연구에서 분석한 감(persimmon, Daebong)은 45 µg/100 g, 미국의 경우 374 µg/100 g, 일본의 경우 160 µg/100 g으로 검출 함량에 차이가 많이 나타났다.

그 외 과일류는 주로 미국 농무부(USDA 2016) 데이터와 비교했을 때, 체리(cherry)가 452 µg/100 g, 블랙베리(blackberry)가 128 µg/100 g으로 본 연구와 유사하였고, 패션푸르트는 419 µg/100 g으로 본 연구결과의 약 2배 정도 높게 검출되었다. 포도는 38~59 µg/100 g으로 다양하였고, 딸기의 경우 14~27 µg/100 g 검출되었다고 보고하였다. 본 실험의 결과와 국내외 다른 식품성분표 자료들 간의 분석 값 차이가 있었는데, 이러한 결과들은 시료의 재배지역, 품종 및 재배시기 차이에 따른 함량 변화를 나타낸 것으로 판단된다.

### 4. 곡류 및 기타 농산물의 베타카로틴 함량

곡류 및 기타 농산물의 베타카로틴 함량은 용매추출법을 이용하여 곡류 및 잡곡류 7종, 특수작물 3종 및 버섯 2종을 분석하였다(Table 4). 곡류 및 잡곡류의 베타카로틴 함량 범위는 0~325 µg/100 g이었고, 멥쌀(non-glutinous rice, Black Rice) 325 µg/100 g, 찰쌀(glutinous rice, Black Rice) 312 µg/100 g, 아마란스 57 µg/100 g 및 잣 15 µg/100 g으로 검출되었고, 나머지 8종은 불검출되었다. 아마란스(Amaranth, yellow)의 경우, 미국 농무부(USDA 2016)는 업데이트가 되지 않았고, 문부성의 데이터(MEXT 2015)의 경우 2 µg/100 g으로 검출되어

Table 3. The content of beta-carotene in fruits

(unit: µg/100 g)

Sample	Contents
Mango	278.26±35.25
Aronia ( <i>Aronia melanocarpa</i> )	486.54±34.71
Omija ( <i>Schizandra chinensis</i> )	21.00±1.70
Apple (Fuji)	3.26±0.37
Kiwi (Gold)	7.29±1.34
Persimmon (Daebong)	45.09±3.14
Cherry	72.36±15.07
Blackberry ( <i>Rubus fruticosus</i> L.)	100.17±5.69
Passion fruit	228.15±7.62
Grape (MBA)	7.82±0.24
Sansuyu ( <i>Cornus officinalis</i> )	30.00±5.74
Strawberry	ND
Plumcot	1,011.00±135.31

All values represent mean±S.D.

Table 4. The content of beta-carotene in cereals and specialty things

(unit: µg/100 g)

Sample	Contents
Amaranth, yellow	57.326±1.19
Non-glutinous rice (Black Rice)	325.95±14.65
Glutinous rice (Black Rice)	312.60±21.82
Baeksuo ( <i>Cynanchum wilfordii</i> Radix, dried)	ND
Balloon flower ( <i>Platycodon grandiflorum</i> , dried)	ND
Yam ( <i>Dioscorea opposita</i> , raw)	ND
Buckwheat	ND
Soybean	ND
Oyster mushroom	ND
Tree ear	ND
Waxy corn	ND
Pine nut	14.65±1.73

All values represent mean±S.D.

국내 생산 품종이 약 30배 높게 검출되었다. 대두(soybean)의 경우 미국 식품성분표에 12 µg/100 g으로 소량 함유하고 있었고, 메밀(buckwheat)의 경우 미국 및 일본 식품성분표에 검출되지 않는다고 보고하여 본 데이터와 동일하였다. 잣(pine nut)의 경우, 본 연구에서 14 µg/100 g으로 소량 검출되었으나, 일본 식품성분표에서는 검출되지 않는다고 보고하여 상이한 결과가 나타났다.

특용작물인 백수오(Baeksuo), 도라지(balloon flower) 및 마(yam) 등은 베타카로틴이 검출되지 않았는데, 다른 연구의 결과(Hwang 등 2016)에서는 도라지에 6 µg/100 g 소량 검출된다고 보고하였다. 마지막으로 느타리버섯(oyster mushroom) 및 목이버섯(tree ear)에서는 본 연구에서 베타카로틴이 불검출된다고 보고하였고, Nauman Ahamad 등(2007)의 연구에서 버섯류에는 없다고 하였지만, 미국 식품성분표에 느타리버섯에서 29 µg/100 g 검출된다고 하여 본 연구와 상이한 결과를 나타냈다.

## 요약 및 결론

본 연구는 국내에서 많이 재배되는 농산물 중 외래 도입종, 지역특화작목 및 특수하게 재배되는 농산식품 자원(잎 및 채소류 20종, 과일류 13종, 곡류 및 특용작물 12종) 총 45종을 선정하여 베타카로틴의 함량을 분석하여 기초데이터를 마련하고, 실험에 사용한 분석법을 검증하여 결과의 신뢰도를 확보하고자 하였다.

먼저, 9가지 채소 내 베타카로틴의 범위는 0~7,588 µg/100 g이었고, 가장 많이 검출된 것은 고추로 100 g 중 7,588 µg으로 나타났으며, 마늘, 펠론(초록), 양파 및 감자 등에는 검출되지 않았다. 11종의 잎류 내 베타카로틴의 범위는 223~27,908 µg/100 g으로 다소 높은 함량이 검출되었고, 가장 높은 값을 나타낸 것은 녹차가루로 27,908 µg/100 g이었고, 다음으로 구기자잎 5,339 µg/100 g, 곤그레 3,479 µg/100 g으로 비교적 높은 분석값을 보였다. 과일류의 베타카로틴 함량 범위는 0~1,011 µg/100 g으로 분석되었다. 플럼코트에서 1,011 µg/100 g으로 가장 높은 수치를 보였으며, 아로니아 486 µg/100 g, 망고 278 µg/100 g, 패션푸르트 228 µg/100 g으로 다른 과일들과 비교해서 비교적 높은 함량을 보였다. 오미자, 사과, 키위, 포도, 산수유에서는 미량 검출되었고, 딸기에서는 검출되지 않았다. 곡류 및 잡곡류의 베타카로틴 함량 범위는 0~325 µg/100 g이었고, 멥쌀(흑미) 325 µg/100 g, 찰쌀(흑미) 312 µg/100 g, 아마란스 57 µg/100 g 및 잣 15 µg/100 g으로 검출되었고, 나머지 8종은 불검출되었다. 따라서 본 연구에서는 국내에서 많이 재배되거나 특수하게 재배되는 농식품 자원을 선정하여 함유되어 있는 베타카로틴의 함량을 분석하여 우리나라

라의 베타카로틴 함량 기초 데이터를 마련하였다. 또한 결과를 보고하여 향후 국가식품성분표의 발간에 활용하고자 한다.

## 감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 AGENDA 연구사업(ATIS 과제번호 PJ01342704)의 지원에 의해 이루어진 것임.

## References

- Choe JS, Chun HK, Park HJ. 2001. International comparison of food composition table. *Korean J Community Living Sci* 12:119-135
- Demmig-Adams B, Adams RB. 2013. Eye nutrition in context: mechanisms, implementation, and future directions. *Nutrients* 5:2483-2501
- Ha JL, Bae JS, Park MK, Kim YU, Ha SH, Bae JM, Back KW, Lee CH, Lee SW, Ahn MJ. 2009. Quantitative analysis of carotenoids in carrot cultivars produced in Korea. *J Environ Sci Int* 18:1135-1141
- Hwang KH, Shin JA, Lee KT. 2016. True retention and β-carotene contents in 22 blanched vegetables. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 45:990-995
- Kim HY, Kim H, Chun J, Chung H. 2017. Changes in β-carotene, vitamin E, and folate compositions and retention rates of pepper and paprika by color and cooking method. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 46:713-720
- Kim JY, Park SR, Shin JA, Chun JY, Lee J, Yeon JY, Lee WY, Lee KT. 2013. β-Carotene and retinol contents in bap, guk (tang) and jjigae of eat-out Korean foods. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42:1958-1965
- Korea Food and Drug Administration [KFDA]. 2011. NLS standard operating procedure analytical methods. pp.5-27. Korea Food and Drug Administration
- Lee AR, Kim JH, Park JH, Kim Y, Hong EY, Kim HR, Choi Y, Lee J, Eom HJ. 2016. A study on contents of vitamin K<sub>1</sub> in local agricultural products. *Korean J Food Nutr* 29:301-306
- Ministry of Education, Culture, Science, and Technology [MEXT] 2015. Standard tables of food composition in Japan. 7<sup>th</sup> ed. Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, Japan
- Nauman Ahamad M, Saleemullah M, Shah HU, Khalil IA,

- Saljoqi AUR. 2007. Determination of beta carotene content in fresh vegetables using high performance liquid chromatography. *Sarhad J Agric* 23:767-770
- Park SH, Song W, Chun J. 2018. Analyses of cholesterol, retinol,  $\beta$ -carotene, and vitamin E contents in regional food of South Korea. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 47: 429-439
- Raja R, Hemaiswarya S, Rengasamy R. 2007. Exploitation of *dunaliella* for  $\beta$ -carotene production. *Appl Microbiol Biotechnol* 74:517-523
- Rural Development Administration [RDA]. 1991. Food Composition Table. 4<sup>th</sup> ed. pp.1-295. Korea
- Rural Development Administration [RDA]. 2011. Food Composition Table. 8<sup>th</sup> ed. pp.1-636. Korea
- Rural Development Administration [RDA]. 2016. Food Composition Table. 9<sup>th</sup> ed. pp.1-593. Korea
- Shin JA, Choi Y, Lee KT. 2015.  $\beta$ -Carotene content in selected agricultural foods. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 44:418-424
- Shin JA, Chun JY, Lee J, Shin KY, Lee SK, Lee KT. 2013. Determination of  $\beta$ -carotene and retinol in Korean noodles and bread products. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42: 1949-1957
- Stutz H, Bresgen N, Eck PM. 2015. Analytical tools for the analysis of  $\beta$ -carotene and its degradation products. *Free Radic Res* 49:650-680
- U.S. Department of Agriculture. 2016. National nutrient database for standard reference release 28. Available from: <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/search/list> [cited April 10 2016]
- Yoon J, Chung H, Kim Y. 2019. Analysis of selected water-soluble vitamin B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, and B<sub>12</sub> contents in Namul (wild greens) consumed in Korea. *Korean J Food Nutr* 32:61-68

---

Received 20 June, 2019

Revised 04 July, 2019

Accepted 25 July, 2019