

가공 및 외식식품 중 면류 및 제빵류의 레티놀 및 베타카로틴 함량 조사

신정아¹ · 천지연² · 이준수³ · 신기용⁴ · 이순규⁴ · 이기택^{1*}

¹충남대학교 식품공학과, ²순천대학교 식품공학과
³충북대학교 식품공학과, ⁴식품의약품안전처 영양안전정책과

Determination of β -Carotene and Retinol in Korean Noodles and Bread Products

Jung-Ah Shin¹, Ji Yeon Chun², Junsoo Lee³, Ki Yong Shin⁴, Soon Kyu Lee⁴, and Ki-Teak Lee^{1*}

¹Dept. of Food Science and Technology, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

²Dept. of Food Engineering, Suncheon National University, Jeonnam 540-742, Korea

³Dept. of Food Science and Technology, Chungbuk National University, Chungbuk 361-763, Korea

⁴Nutrition Safety Policy Division, Ministry of Food and Drug Safety, Chungbuk 363-700, Korea

ABSTRACT The contents of β -carotene and retinol in processed and restaurant foods, such as Korean noodles, *mandus*, rice cakes and bread products, were quantified by high-performance liquid chromatography (HPLC) with UV/visible and fluorescence detector, respectively. Samples were collected from different local areas (i.e. Gangwon-do, Gyeonggi-do, Gyeongsang-do, Seoul, Jeolla-do, and Chungcheong-do). After homogenization, samples were hydrolyzed by direct alkali saponification; thereafter, fat-soluble components were extracted by a mixture of n-hexane/ethylacetate (85:15, v/v), containing 0.01% butylated hydroxytoluene (BHT). β -carotene and retinol contents in infant formula used as an in-house material for the analytical quality control. Among 14 Korean noodles, high contents of β -carotene were found in *Bibim-Guksu* (average 442.43 $\mu\text{g}/100\text{ g}$) and *Jjolmyeon* (average 301.39 $\mu\text{g}/100\text{ g}$). In 4 Korean *mandus*, the highest contents of β -carotene was determined in *Kimchi-mandu* (average 197.64 $\mu\text{g}/100\text{ g}$), resulting in 33.3 RE of the converted vitamin A. Among 12 Korean rice cakes, *Maeun-Tteokbokki* and *Modm-Chaltteok* contained relatively high content of β -carotene with 205.11 and 41.33 $\mu\text{g}/100\text{ g}$, respectively, while retinol was detected only in *Maeun-Tteokbokki* (1.65~10.45 $\mu\text{g}/100\text{ g}$). In addition, among 8 bread products, 77.3 RE of pastry, 51.2 RE of buttercream-bread, and 41.4 RE of morning roll were found as the contents of the converted vitamin A.

Key words: β -carotene, retinol, retinol equivalent, direct saponification, processed and restaurant foods

서 론

β -Carotene(all-*trans*- β -carotene)은 provitamin A로서 노란색, 주황색 혹은 녹색을 띠는 야채 및 과일류에 다량 존재하는 carotenoid 계열의 천연색소이다. 당근, 시금치, 토마토, 오렌지 등의 식물체에 다량 함유되어 있는 이들은 식물세포를 과도한 빛에너지로부터 보호하는 역할을 하며, 체내에서는 생합성 되지 않기 때문에 식이를 통하여 섭취해야 하는 지용성 비타민이다(1). 이들 β -carotene은 색소 성분으로서 육류나 어류 조직의 발색을 위하여 사료에 첨가되기도 하며, 생체 내에서 항산화제로 작용할 뿐만 아니라 면역기능 증강, 심혈관 질환 및 암 등을 예방하는 효과가 있는 것으로 보고되고 있다(1,2). 또한, β -carotene은 구조적으로 β -ionone ring을 두 개 가지고 있는데, α -carotene

은 β -carotene의 생리활성에 대비하여 50~54% 생리활성을 나타내고 γ -carotene은 42~50%의 생리활성을 나타낸다고 보고되고 있다(3). 한편, 보고에 의하면, 생 당근과 시금치에 함유되어 있는 β -carotene은 생 원료에서 protein과 결합되어 존재하거나 원료에 존재하는 pectin 때문에 생체 이용률이 가공 처리한 원료보다 낮다고 하였다(4,5).

국민의 건강한 식생활을 위하여 가공 및 외식식품에 함유되어 있는 식품영양성분 database 구축을 위한 연구가 필요하다. 미국의 경우 미농무성(USDA)의 Nutrient Data Laboratory(USDA ARS Human Nutrition Research Center)에서 식품성분 DB개발 및 영양성분 자료 수집 및 평가를 통하여 식품성분표(Food Composition & Nutrient Databases)를 제시하고 있다(6). 따라서 우리나라 식생활 특성이 반영된 국가 식품영양성분 자료 구축이 필요하였는데 이의 일환으로 가공 및 외식식품에 함유되어 있는 각종 3대 영양소와 비타민(지용성/수용성), 무기질 등의 영양성분 분석을 실시하였고, 본 논문에서는 그 결과 중에서 지용성 비

Received 8 August 2013; Accepted 10 October 2013

*Corresponding author.

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

타민인 retinol과 β -carotene의 함량 분석을 보고하였다. β -carotene은 주로 식물성 식품에서 공급되며, retinol (vitamin A)은 동물의 간, 달걀노른자, 치즈 등의 동물성 식품에서 얻어지는 지용성 비타민이다. 이러한 vitamin A (retinol)의 활성은 retinol equivalents(RE)로 나타내고 1 RE는 1 μ g의 retinol을 의미하며, 불안정한 흡수와 전환을 때문에 동시에 6 μ g의 β -carotene으로 나타낸다(7,8). 이들 지용성 비타민인 retinol과 β -carotene은 식품 matrix로부터 용매를 이용하여 직접 추출하는 direct solvent extraction 법으로 추출하여 HPLC를 통한 정량분석을 수행할 수 있다. 그러나 이 방법은 식육, 어육, 과일, 채소 등의 식품에 용매가 효율적으로 침투하기 어려울 뿐만 아니라 분석물질의 충분한 회수를 위하여 과량의 용매를 필요로 하며, 추출되는 지용성 성분들 중 대부분을 차지하는 유지(triacylglycerol)들로 인하여 정밀한 정량한계를 얻기 어려우며 낮은 peak 분리능을 나타내는 단점이 있다(7). 따라서 일반적으로 retinol과 β -carotene 정량분석을 위하여 직접 검화(direct saponification)법과 용매추출(solvent extraction)을 병행하여 수행하고 있다(7,9). 이는 식품 matrix를 가지고 직접 검화를 수행함으로써 식품에서 추출한 지용성 성분 중 대부분을 차지하는 유지(triacylglycerol)를 검화를 통하여 제거하고, 미량인 지용성 분석물질(retinol과 β -carotene 등)만을 용매 추출함으로써 분석물질의 정량한계를 낮출 수 있을 뿐만 아니라 HPLC 분석 상에서 높은 피크 분리능을 나타낼 수 있기 때문이다(7). 또한 retinol ester(retinyl palmitate, retinyl acetate 등)들을 검화를 통하여 retinol로 전환함으로써 식품 matrix에 함유되어 있는 retinol의 전량을 정량할 수 있기도 하다(10,11).

본 연구에서는 각 지역별(강원도, 경기도, 경상도, 서울, 전라도, 충청도)로 채취한 가공 및 외식식품 38종에 함유되어 있는 β -carotene 및 retinol의 함량 분석을 위하여 알칼리를 이용한 직접 검화법과 용매추출법을 병행하여 수행하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에서 시료들로부터 β -carotene과 retinol 추출을 위하여 사용된 ethanol, n-hexane, ethyl acetate는 일반시약(normal-grade)을 사용하였으며, 정량을 위한 기기분석에서 사용된 chloroform, acetonitrile, methanol, dichloromethane은 특급시약(HPLC-grade)을 사용하였다. 검량선을 얻기 위한 β -carotene($\geq 95\%$ HPLC, 032-17991, Wako Pure Chemical Industries, Ltd., Osaka, Japan)과 retinol($\geq 99\%$ HPLC, 95144-250 mg, Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)은 각각 표준품을 구입하여 사용하였다.

시료채취 및 전처리

면류 14종(간짜장, 자장면, 짬뽕, 우동(중국집), 일식우동, 막국수, 비빔국수, 물냉면, 비빔냉면, 열무냉면, 회냉면, 쫄면, 콩국수, 해물칼국수), 만두류 4종(고기만두, 군만두, 김치만두, 물만두), 떡류 12종(꿀떡, 찹쌀떡(팥속), 시루떡(떡집), 약식(떡집), 인절미(떡집), 가래떡, 모듬찰떡, 무지개떡, 백설기, 절편, 증편, 매운 떡볶이), 제빵류 8종(도넛, 찹쌀도넛, 마늘빵(빵집), 버터크림빵(빵집), 모닝빵, 햄&치즈샌드위치, 야채고로케, 페이스트리빵)을 지역별로 채취하여 β -carotene과 retinol 함량을 측정하였다. 이들 시료들의 지역별 수집 및 균질화는 환경대학교 NLS(National Lab System) 센터에서 이루어졌으며, 시료 수거를 위한 지역 선정은 통계청 조사에 따른 인구분포도, 지역 및 사회적 음식의 특성, 외식업체 분포도 등을 고려하여 전국을 6개 권역(강원도, 경기도, 경상도, 서울, 전라도, 충청도)으로 나누고 각 권역에서 다시 3개의 중단위로 나누며, 이들 중단위를 다시 4개의 소단위 지역으로 각각 다시 나누어서 식품을 채취하였다. 4개의 소단위 지역에서 수거한 식품들을 각각 균질기(Robot Coupe R301 Ultra, Robot Coupe, London, UK)로 균질화한 후 균질화된 각 4개의 소단위별 시료들로부터 일정량(150 g)을 취하여 이를 모두 혼합한 후 다시 균질기(Robot Coupe)로 균질화 하였다. 이렇게 최종적으로 균질화된 시료를 각 분석기관에 50 g씩 시료병에 질소 충전하여 밀봉한 후 스티로폼 박스에 아이스팩을 첨가하여 3개 기관에 당일 배송하였다. 배송된 시료는 -20°C 의 냉동고에 저장하여 분석에 사용하였다. 각 기관별로 이들 시료의 β -carotene과 retinol을 교차분석한 후 이를 평균값으로 나타내었다. 세 기관의 결과값 선정 기준은 상대표준편차(relative standard deviation, RSD)와 Q-value를 사용하였다. Q-value는 결과 값들 사이에서 다른 값과 크게 동떨어지는 값을 어떠한 신뢰도를 가지고 삭제하고자 할 때 이용될 수 있는데 다음과 같이 구하였다. $Q\text{-value} = \frac{\text{의심되는 값} - \text{가장 가까운 값}}{\text{가장 큰 수치} - \text{가장 작은 수치}}$ 를 뺀 값. 세 기관의 결과 값들 중에서 상대표준편차가 50% 이하이며, Q-value가 0.94보다 작은 값을 취하였다.

알칼리 비누화법을 이용한 추출법

β -carotene과 retinol의 함량 분석을 위하여 알칼리 비누화법을 수행한 후 동시추출 하였다(11,12). 먼저 100 mL 용량의 추출관에 균질화된 시료 5 g을 첨가하였는데 이때 시료가 분말일 경우, 시료 2 g에 증류수 3 mL를 첨가하여 맞춰준 후 진행하였다. 추출관에 6% pyrogallol ethanol 용액을 10 mL 첨가한 후 시료와 잘 섞이도록 vortex mixer로 혼합한 후 1분 동안 추출관의 공기를 질소로 치환하였고 10분 동안 sonication을 수행하였다. 알칼리 비누화를 위하여 60% KOH 용액 8 mL를 추출관에 첨가한 후 질소로 충전한 후 air condenser를 연결하고 teflon tape을 이용하여 틈새를 밀봉하였다. 다음 75°C , 100 rpm으로 설정되어 있는

shaking water bath(BS-21, Lab companion, Minnesota, USA)에서 1시간 동안 교화를 수행하였고, 교화를 완료한 후 찬물에 추출관을 냉각하였다. 이후 2% NaCl 용액 20 mL를 air condenser 위로부터 첨가하여 추출관에 주입되도록 하였고 1분 동안 방치한 후에 air condenser를 추출관으로부터 분리하여 vortex mixer로 혼합하였다. 다음 0.01% butylated hydroxytoluene(BHT)을 첨가한 추출용매 n-hexane과 ethyl acetate 혼합용액(85:15, v/v) 15 mL를 추출관에 첨가하고 1분 동안 vortex mixer로 혼합한 후 방치하여 층분리 하였다. 여기서 얻은 상등액을 분리하여 anhydrous sodium sulfate가 충전되어 있는 glass pipet을 통과하여 수분을 제거한 후 50 mL의 정용병에 옮겼다. 추출용매를 15 mL씩 두 번 더 반복하여 추출하였으며, 이들 여액을 모두 50 mL의 정용병에 모아서 추출액으로 정용하였다. 정용한 추출액 50 mL에서 10 mL를 25 mL screw-cap vial에 취하여 질소로 용매를 완전히 제거한 후 chloroform 1 mL를 가하여 vortex mixer로 혼합하여 용해시켰다. 용해시킨 액을 PTFE 0.5 µm disposable syringe filter(Hydrophobic, DISMIC-13JP, Toyo Roshi Kaisha, Ltd., Tokyo, Japan)로 여과한 후 각각 reversed-phase HPLC 분석을 통하여 β-carotene과 retinol의 함량을 각각 정량하였다.

β-carotene 함량 분석

β-carotene의 정량은 UV/Vis 검출기가 장착되어 있는 high performance liquid chromatograph(HPLC, Younglin, Anyang, Korea)를 이용하여 수행하였다. 분석에 사용된 HPLC는 영린 SP 930D 듀얼 펌프와 ODS 4 µm 칼럼(Nova-Pak[®] C18, 150×3.9 mm i.d., Waters, Milford, MA, USA)이 장착되어 있었다. UV/Vis 검출기의 측정파장은 450 nm로 설정하였으며, 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 elution)로 흘려주었다. 초기 용리는 A 용매 100%를 3.5분까지 흘려주었다가 22분까지 B 용매 100%가 되도록 흘려주었으며, 28.5분까지 B 용매 100%를 유지하였다. 다음 30분까지 A 용매 100%가 되도록 흘려주었으며, 40분까지 A 용매 100%를 유지하였다. HPLC 분석을 위하여 β-carotene 분석을 위해 준비된 추출액의 20 µL를 injection 하였다(12).

Retinol 함량 분석

Retinol의 정량은 형광 검출기(fluorescence, 1200 series, Agilent Technologies, Palo Alto, CA, USA)가 장착되어 있는 HPLC(HP 1100 series, Agilent Technologies)를 이용하였다. Fluorescence 검출기는 excitation과 emission 파장이 각각 340 nm와 460 nm로 설정되었으며, 칼럼은 ODS 4 µm(Nova-Pak[®] C18, 150 ×3.9 mm i.d., Waters)를 사용하였다(12). 이동상은 methanol과 H₂O(90:10, v/v)

혼합용액을 등용리(isocratic elution)로 1 mL/min의 유속으로 35분 동안 흘려주었다. HPLC 분석을 위하여 retinol 분석을 위해 준비된 추출액의 5 µL를 injection 하였다.

β-Carotene과 retinol 분석을 위한 검량선 작성

β-Carotene 표준품 10 mg을 3 mL의 chloroform에 녹여 이를 0.1, 0.5, 1, 5, 10, 20, 40 µg/mL의 농도가 되도록 positive displacement pipette(Gilson S.A.S., Villiers Le Bel, France)으로 희석하여 조제하였다. 이를 이용하여 external standard curve(외부검량선)들을 수차례 얻었으며, 이때 검량선 식의 예는 다음과 같다. $Y=190.1X-36.37$ ($R^2=0.999$). 여기서 Y는 HPLC 분석 후 얻어진 β-carotene의 peak area이며, X는 β-carotene의 농도(µg/mL)를 의미한다. 얻어진 검량선을 이용하여 시료에서의 β-carotene 농도를 구한 후, 시료 양과 추출용매의 희석배수를 감안하여 µg/100 g으로 환산하였다. Retinol 검량선 작성을 위하여 retinol 표준품 10 mg을 5 mL의 chloroform에 녹여 stock solution 2 mg/mL를 준비한 후 이를 0.1, 0.5, 1, 5, 10, 20, 40 µg/mL의 농도가 되도록 chemical pipette으로 희석하여 조제하였다. 이렇게 얻어진 external standard curve의 검량선 식의 예는 $Y=282.2X+66.862$ ($R^2=0.999$)이다. 이때 Y는 HPLC 분석 후 얻어진 retinol의 peak area이며, X는 retinol의 농도(µg/mL)를 의미한다. 얻어진 검량선을 이용하여 농도를 구한 후 retinol 함량을 µg/100 g으로 환산하였다. 매회 시료들을 분석할 때마다 일주일 간격으로 분석 품질관리를 위한 in house-material로서 시중에서 구입한 분유를 함께 분석하여 나오는 결과값(β-carotene, retinol)으로 quality control(QC) chart를 작성하여 분석 품질을 관리하였다.

결과 및 고찰

면류 식품에 함유된 β-carotene과 retinol 함량

지역별(강원도, 경기도, 경상도, 서울, 전라도, 충청도)로 채취한 간짜장, 자장면, 짬뽕, 우동(중국집), 일식우동, 막국수, 비빔국수, 물냉면, 비빔냉면, 열무냉면, 회냉면, 쫄면, 콩국수, 해물칼국수에 함유되어 있는 β-carotene과 retinol 함량을 Table 1에 나타내었다. β-carotene 함량은 짬뽕(73.03~338.58 µg/100 g), 막국수(86.44~287.18 µg/100 g), 비빔국수(325.29~606.59 µg/100 g), 비빔냉면(40.56~713.28 µg/100 g), 열무냉면(62.04~299.87 µg/100 g), 회냉면(109.45~543.63 µg/100 g), 쫄면(220.48~528.41 µg/100 g)에서 비교적 높은 함량이 검출되었으며, 간짜장(6.22~49.16 µg/100 g), 자장면(4.39~13.87 µg/100 g), 우동(중국집, 28.42~77.03 µg/100 g), 일식우동(24.44~52.45 µg/100 g), 물냉면(3.51~33.27 µg/100 g), 콩국수(2.33~14.20 µg/100 g), 해물칼국수(8.80~30.77 µg/100 g)에서는 비교적 낮은 수치를 나타내었다. Retinol

Table 1. β -Carotene and retinol contents in Korean noodle

Noodles	Sampling region	β -Carotene ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	Retinol ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	Noodles	Sampling region	β -Carotene ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	Retinol ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)
<i>Ganjajang</i>	Gangwon-do	12.11	ND	<i>Mul-Naengmyeon</i>	Gangwon-do	4.33	0.95
	Gyeonggi-do	6.22	ND		Gyeonggi-do	13.48	0.57
	Gyeongsang-do	30.61	0.52		Gyeongsang-do	33.27	3.69
	Seoul	7.94	0.84		Seoul	3.51	ND
	Jeolla-do	49.16	ND		Jeolla-do	9.58	1.11
	Chungcheong-do	17.48	ND		Chungcheong-do	10.33	ND
	Maximum	49.16	0.84		Maximum	33.27	3.69
Minimum	6.22	ND	Minimum	3.51	ND		
<i>Jajangmyeon</i>	Gangwon-do	5.10	ND	<i>Bibim-Naengmyeon</i>	Gangwon-do	124.35	2.09
	Gyeonggi-do	4.39	ND		Gyeonggi-do	499.81	2.51
	Gyeongsang-do	6.42	ND		Gyeongsang-do	271.41	8.92
	Seoul	13.84	0.78		Seoul	40.56	4.10
	Jeolla-do	11.76	ND		Jeolla-do	64.93	7.71
	Chungcheong-do	13.87	ND		Chungcheong-do	713.28	7.96
	Maximum	13.87	0.78		Maximum	713.28	8.92
Minimum	4.39	ND	Minimum	40.56	2.09		
<i>Jjamppong</i>	Gangwon-do	338.58	ND	<i>Yeolmu-Naengmyeon</i>	Gangwon-do	62.04	7.27
	Gyeonggi-do	246.87	ND		Gyeonggi-do	299.87	11.21
	Gyeongsang-do	274.35	ND		Gyeongsang-do	127.47	4.70
	Seoul	73.03	ND		Seoul	83.52	ND
	Jeolla-do	102.35	ND		Jeolla-do	110.72	ND
	Chungcheong-do	276.95	ND		Chungcheong-do	271.76	8.79
	Maximum	338.58	ND		Maximum	299.87	11.21
Minimum	73.03	ND	Minimum	62.04	ND		
<i>Chinese Udon</i>	Gangwon-do	64.87	ND	<i>Hwe-Naengmyeon</i>	Gangwon-do	149.19	19.22
	Gyeonggi-do	58.65	ND		Gyeonggi-do	472.80	ND
	Gyeongsang-do	40.78	ND		Gyeongsang-do	245.61	7.06
	Seoul	28.42	ND		Seoul	168.99	3.51
	Jeolla-do	77.03	ND		Jeolla-do	109.45	7.45
	Chungcheong-do	70.93	ND		Chungcheong-do	543.63	34.60
	Maximum	77.03	0.06		Maximum	543.63	34.60
Minimum	28.42	ND	Minimum	109.45	3.51		
<i>Japanese Udon</i>	Gangwon-do	33.71	0.20	<i>Jjolmyeon</i>	Gangwon-do	242.75	5.38
	Gyeonggi-do	48.33	0.05		Gyeonggi-do	528.41	2.51
	Gyeongsang-do	36.00	ND		Gyeongsang-do	220.48	2.15
	Seoul	52.45	ND		Seoul	262.24	7.31
	Jeolla-do	24.44	0.64		Jeolla-do	274.17	6.14
	Chungcheong-do	25.66	0.00		Chungcheong-do	280.30	13.39
	Maximum	52.45	0.64		Maximum	528.41	13.39
Minimum	24.44	ND	Minimum	220.48	2.15		
<i>Makguksu</i>	Gangwon-do	88.41	ND	<i>Kongguksu</i>	Gangwon-do	14.20	3.56
	Gyeonggi-do	286.12	2.60		Gyeonggi-do	13.66	0.58
	Gyeongsang-do	156.59	9.31		Gyeongsang-do	2.33	0.84
	Seoul	144.79	ND		Seoul	8.23	ND
	Jeolla-do	86.44	1.83		Jeolla-do	2.39	0.33
	Chungcheong-do	287.18	2.28		Chungcheong-do	10.91	1.88
	Maximum	287.18	9.31		Maximum	14.20	3.56
Minimum	86.44	ND	Minimum	2.33	ND		
<i>Bibim-Guksu</i>	Gangwon-do	384.47	0.91	<i>Haemul-Kalguksu</i>	Gangwon-do	15.36	2.34
	Gyeonggi-do	397.55	0.04		Gyeonggi-do	16.48	0.34
	Gyeongsang-do	606.59	6.28		Gyeongsang-do	17.86	1.52
	Seoul	325.29	6.14		Seoul	11.08	0.21
	Jeolla-do	553.91	2.22		Jeolla-do	8.80	ND
	Chungcheong-do	386.74	6.88		Chungcheong-do	30.77	ND
	Maximum	606.59	6.88		Maximum	30.77	2.34
Minimum	325.29	0.04	Minimum	8.80	ND		

ND: not detected.

함량은 회냉면과 쫄면에서 각각 3.51~34.60 µg/100 g과 2.15~13.39 µg/100 g이었으며, 대부분의 면류에서는 미량이거나 혹은 검출되지 않았다. 농촌진흥청 식품영양가표에 의하면 건면 혹은 생면의 경우, β-carotene과 retinol을 함유하고 있지 않기 때문에 면류 식품에 함유되어 있는 β-carotene의 경우, 면류로부터가 아닌 면류 식품에 첨가된 양념 및 각종 부재료들에 의해 함유하게 된 것으로 사료된다(13). β-carotene 함량은 비빔국수에서 평균 442.43 µg/100 g와 쫄면에서 평균 301.39 µg/100 g으로 검출되며 가장 높은 함량을 나타내었다. 한국영양학회의 한국인 영양섭취기준에 따르면, 비타민 A(µgRE)의 1일 영양소 기준치는 700 µgRE이다(14). 이들 식품에 함유되어 있는 β-carotene 함량은 retinol 1 RE가 6 µg의 β-carotene임을 감안할 때, 73.7 RE 혹은 50.2 RE로서 하루 필요한 비타민 A(µgRE)의 7~11%에 해당하는 함량이 된다(7,8). 면류 식품 중에서 비빔국수와 회냉면, 쫄면, 비빔냉면이 각각 77.5 RE와 61.3 RE, 56.4 RE, 53.2 RE의 비타민 A(µgRE)를 함유하며 높은 수치를 나타내었다. Fig. 1에서는 면류 및 만두류 식품에 함유되어 있는 β-carotene 및 retinol 함량의 평균값을 종합적으로 비교한 결과를 나타내었다. 비빔국수, 쫄면, 비

빔냉면, 회냉면 순으로 β-carotene 함량이 높게 나타났으며, 전반적으로 retinol 함량은 미미한 수준이었다.

만두류 식품에 함유된 β-carotene과 retinol 함량

강원도, 경기도, 경상도, 서울, 전라도, 충청도에서 지역별로 채취한 고기만두, 군만두, 김치만두, 물만두에 함유되어 있는 β-carotene과 retinol 함량을 Table 2에 나타내었다. β-carotene 함량은 김치만두(113.68~294.77 µg/100 g), 고기만두(67.50~174.45 µg/100 g), 물만두(47.42~94.17 µg/100 g), 군만두(23.93~97.22 µg/100 g) 순으로 김치만두에서 평균 197.64 µg/100 g으로 가장 높은 함량을 나타내었다. Retinol의 경우 물만두에서는 검출되지 않았으며, 일부 고기만두(0.00~2.84 µg/100 g), 군만두(0.00~1.64 µg/100 g), 김치만두(0.00~1.20 µg/100 g)에서 미량 검출되었다. 농촌진흥청 식품영양·기능성정보에 따르면, 김치만두에 β-carotene 함량은 198 µg/100 g이며 retinol 함량은 0 µg/100 g, 비타민 A(RE) 함량은 33 RE로 보고하였는데, 본 결과에서는 비타민 A(RE)는 33.3 RE로서 이들 결과와 유사한 수치를 나타내었다(15).

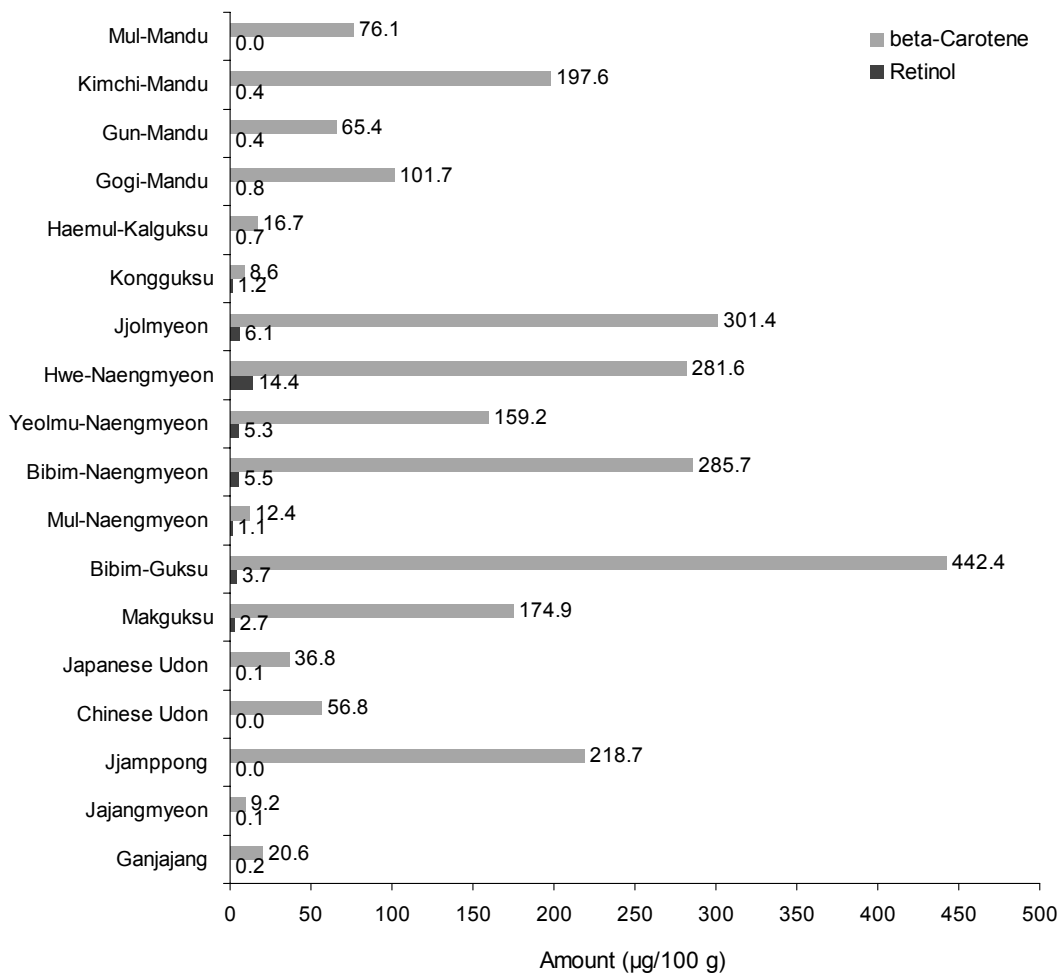


Fig. 1. Average contents (µg/100 g) of β-carotene and retinol in Korean noodle and Mandu.

Table 2. β -Carotene and retinol contents in Korean *Mandu*

<i>Mandus</i>	Sampling region	β -Carotene ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	Retinol ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	<i>Mandus</i>	Sampling region	β -Carotene ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	Retinol ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)
<i>Gogi-Mandu</i>	Gangwon-do	82.11	ND	<i>Kimchi-Mandu</i>	Gangwon-do	211.05	0.63
	Gyeonggi-do	88.42	ND		Gyeonggi-do	294.77	ND
	Gyeongsang-do	108.82	ND		Gyeongsang-do	113.68	ND
	Seoul	67.50	2.16		Seoul	211.57	1.20
	Jeolla-do	174.45	2.84		Jeolla-do	136.24	0.33
	Chungcheong-do	88.83	ND		Chungcheong-do	218.52	ND
	Maximum	174.45	2.84		Maximum	294.77	1.20
Minimum	67.50	ND	Minimum	113.68	ND		
<i>Gun-Mandu</i>	Gangwon-do	59.69	ND	<i>Mul-Mandu</i>	Gangwon-do	94.17	ND
	Gyeonggi-do	33.52	ND		Gyeonggi-do	65.06	ND
	Gyeongsang-do	23.93	0.69		Gyeongsang-do	81.11	ND
	Seoul	81.48	1.64		Seoul	47.42	ND
	Jeolla-do	96.46	ND		Jeolla-do	86.20	ND
	Chungcheong-do	97.22	ND		Chungcheong-do	82.41	ND
	Maximum	97.22	1.64		Maximum	94.17	ND
Minimum	23.93	ND	Minimum	47.42	ND		

ND: not detected.

떡류 식품에 함유된 β -carotene과 retinol 함량

6개의 지역별로 채취한 꿀떡, 찹쌀떡(팥속), 시루떡(떡집), 약식(떡집), 인절미(떡집), 가래떡, 모듬찰떡, 무지개떡, 백설기, 절편, 증편, 매운 떡볶이에 함유되어 있는 β -carotene과 retinol 함량을 Table 3에 나타내었다. β -Carotene 함량은 매운 떡볶이(140.77~286.37 $\mu\text{g}/100\text{ g}$), 모듬찰떡(22.10~66.17 $\mu\text{g}/100\text{ g}$), 절편(0.00~33.39 $\mu\text{g}/100\text{ g}$), 무지개떡(4.12~21.15 $\mu\text{g}/100\text{ g}$), 꿀떡(3.70~8.02 $\mu\text{g}/100\text{ g}$), 시루떡(떡집, 0.00~4.90 $\mu\text{g}/100\text{ g}$) 순으로 매운 떡볶이와 모듬찰떡에서 각각 평균 205.11 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 과 41.33 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 으로 높은 함량을 나타내었다. 높은 함량을 보인 매운 떡볶이의 경우, 부재료로 들어가는 고추장의 원료인 건고추 (*Capsicum annuum* L)에 함유된 베타카로틴(27.735 $\mu\text{g}/100\text{ g}$)에서 기인한 것으로 사료된다(8). 이외의 찹쌀떡(팥속), 약식(떡집), 인절미(떡집), 가래떡, 백설기, 증편에서는 β -carotene이 미량이거나 검출되지 않았다. Retinol의 경우, 매운 떡볶이에서 1.65~10.45 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 으로 검출되었고 이외의 떡류 식품에서는 미량이거나 검출되지 않았다. 농촌진흥청 식품영양·기능성정보에 의하면, 가래떡, 백설기, 인절미에서는 비타민 A(μgRE)가 0 μgRE 이었으며, 이는 이번 결과와 유사한 수치를 나타내었다(13). 매운 떡볶이와 모듬찰떡의 경우, 비타민 A(μgRE)의 함량은 각각 39.67 RE와 6.89 RE로 환산하였다. 이는 하루 필요한 비타민 A(μgRE)의 1~6%에 해당하는 함량이 된다. Fig. 2에서는 떡류 및 제빵류 식품에 함유되어 있는 β -carotene 및 retinol 함량의 평균값을 종합적으로 비교한 결과를 나타내었다. 매운 떡볶이에서 가장 높은 β -carotene을 함유하고 있었으며, 대부분의 떡류에서는 낮은 β -carotene과 retinol 함량을 나타내었다.

제빵류 식품에 함유된 β -carotene과 retinol 함량

6개의 지역별로 채취한 도넛, 찹쌀도넛, 마늘빵(빵집), 버터크림빵(빵집), 모닝빵, 햄&치즈샌드위치, 야채고로케, 페이스트리빵에 함유되어 있는 β -carotene과 retinol 함량을 Table 4에 나타내었다. β -Carotene 함량은 야채고로케(110.43~192.29 $\mu\text{g}/100\text{ g}$), 햄&치즈샌드위치(33.07~116.57 $\mu\text{g}/100\text{ g}$), 페이스트리빵(33.69~104.87 $\mu\text{g}/100\text{ g}$), 마늘빵(빵집, 33.88~81.21 $\mu\text{g}/100\text{ g}$), 버터크림빵(빵집, 31.61~85.84 $\mu\text{g}/100\text{ g}$), 도넛(12.43~34.02 $\mu\text{g}/100\text{ g}$), 모닝빵(16.68~29.06 $\mu\text{g}/100\text{ g}$), 찹쌀도넛(0.00~19.09 $\mu\text{g}/100\text{ g}$)의 순으로 검출되었다. 특히 야채고로케와 햄&치즈샌드위치, 페이스트리빵에서 각각 평균 143.23 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 과 79.54 $\mu\text{g}/100\text{ g}$, 76.76 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 으로 높게 검출되었다. Retinol의 경우, 페이스트리빵(35.78~95.81 $\mu\text{g}/100\text{ g}$), 버터크림빵(빵집, 31.10~54.93 $\mu\text{g}/100\text{ g}$), 모닝빵(25.17~57.03 $\mu\text{g}/100\text{ g}$), 마늘빵(빵집, 16.78~49.93 $\mu\text{g}/100\text{ g}$), 햄&치즈샌드위치(5.00~39.98 $\mu\text{g}/100\text{ g}$), 도넛(12.35~30.84 $\mu\text{g}/100\text{ g}$), 야채고로케(8.13~28.75 $\mu\text{g}/100\text{ g}$), 찹쌀도넛(0.00~2.79 $\mu\text{g}/100\text{ g}$)으로 검출되었다. 페이스트리빵 평균 retinol 64.51 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 과 버터크림빵(빵집) 평균 retinol 43.26 $\mu\text{g}/100\text{ g}$, 모닝빵 평균 retinol 37.77 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 으로 검출되며 제빵류 중에서는 가장 높은 retinol 함량을 나타내었다. 또한, 비타민 A(μgRE)의 함량은 제빵류 중에서 페이스트리빵과 버터크림빵(빵집), 모닝빵들이 각각 77.3 RE와 51.2 RE, 41.4 RE를 나타내며 가장 높은 함량을 보였다. 도넛과 마늘빵의 비타민 A(μgRE)는 각각 27.6 RE와 35.8 RE를 나타내었다. 제빵류 식품에 함유되어 있는 β -carotene 및 retinol 함량의 평균값을 종합적으로 비교한 결과(Fig. 2), 면류, 만두류, 떡류 식품에서보다 비교적 높은 retinol 함량을 보였다. 이는 제빵류에 들어가는 동물성 식품

Table 3. β -Carotene and retinol contents in Korean rice cakes

Rice cakes	Sampling region	β -Carotene ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	Retinol ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	Rice cakes	Sampling region	β -Carotene ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	Retinol ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)
<i>Kkul-Tteok</i>	Gangwon-do	8.02	2.44	<i>Modm-Chaltteok</i>	Gangwon-do	57.93	ND
	Gyeonggi-do	5.98	ND		Gyeonggi-do	22.10	ND
	Gyeongsang-do	3.70	0.80		Gyeongsang-do	23.02	ND
	Seoul	6.09	ND		Seoul	66.17	ND
	Jeolla-do	6.04	0.38		Jeolla-do	52.39	ND
	Chungcheong-do	6.20	0.54		Chungcheong-do	26.38	ND
	Maximum	8.02	2.44		Maximum	66.17	ND
Minimum	3.70	ND	Minimum	22.10	ND		
<i>Chapssal-Tteok</i>	Gangwon-do	ND	ND	<i>Mujigae-Tteok</i>	Gangwon-do	21.15	ND
	Gyeonggi-do	ND	ND		Gyeonggi-do	14.50	ND
	Gyeongsang-do	ND	ND		Gyeongsang-do	4.12	ND
	Seoul	ND	ND		Seoul	7.46	ND
	Jeolla-do	ND	ND		Jeolla-do	20.84	ND
	Chungcheong-do	ND	ND		Chungcheong-do	12.04	ND
	Maximum	ND	ND		Maximum	21.15	ND
Minimum	ND	ND	Minimum	4.12	ND		
<i>Siru-Tteok</i>	Gangwon-do	ND	ND	<i>Baekseolgi</i>	Gangwon-do	ND	ND
	Gyeonggi-do	0.03	ND		Gyeonggi-do	ND	ND
	Gyeongsang-do	ND	ND		Gyeongsang-do	ND	ND
	Seoul	2.79	ND		Seoul	ND	ND
	Jeolla-do	4.90	ND		Jeolla-do	ND	ND
	Chungcheong-do	ND	ND		Chungcheong-do	ND	ND
	Maximum	4.90	ND		Maximum	ND	ND
Minimum	ND	ND	Minimum	ND	ND		
<i>Yaksik</i>	Gangwon-do	ND	ND	<i>Jeolpyeon</i>	Gangwon-do	15.35	ND
	Gyeonggi-do	0.01	ND		Gyeonggi-do	ND	ND
	Gyeongsang-do	ND	ND		Gyeongsang-do	ND	ND
	Seoul	0.40	ND		Seoul	33.18	ND
	Jeolla-do	ND	ND		Jeolla-do	17.04	ND
	Chungcheong-do	ND	ND		Chungcheong-do	33.39	ND
	Maximum	0.40	ND		Maximum	33.39	ND
Minimum	ND	ND	Minimum	ND	ND		
<i>Injeolmi</i>	Gangwon-do	0.81	ND	<i>Jeungpyeon</i>	Gangwon-do	ND	ND
	Gyeonggi-do	ND	ND		Gyeonggi-do	ND	ND
	Gyeongsang-do	ND	0.12		Gyeongsang-do	ND	ND
	Seoul	1.82	ND		Seoul	ND	ND
	Jeolla-do	ND	ND		Jeolla-do	ND	ND
	Chungcheong-do	ND	ND		Chungcheong-do	ND	ND
	Maximum	1.82	0.12		Maximum	ND	ND
Minimum	ND	ND	Minimum	ND	ND		
<i>Garae-Tteok</i>	Gangwon-do	ND	ND	<i>Maeun-Tteokbokki</i>	Gangwon-do	233.87	7.10
	Gyeonggi-do	ND	ND		Gyeonggi-do	149.95	6.59
	Gyeongsang-do	ND	ND		Gyeongsang-do	196.36	4.11
	Seoul	ND	ND		Seoul	286.37	3.01
	Jeolla-do	ND	ND		Jeolla-do	223.36	10.45
	Chungcheong-do	ND	ND		Chungcheong-do	140.77	1.65
	Maximum	ND	ND		Maximum	286.37	10.45
Minimum	ND	ND	Minimum	140.77	1.65		

ND: not detected.

인 우유 및 버터에서 기인하는 것으로 예측된다.

요 약

본 연구에서는 6개의 지역(강원도, 경기도, 경상도, 서울, 전

라도, 충청도)에서 채취한 가공 및 외식식품 38종에 함유되어 있는 β -carotene 및 retinol의 함량을 조사하였다. 이들 지용성 비타민들은 알칼리를 이용한 직접 검화법과 용매추출법을 병행하여 수행하였다. 면류 식품 14종 중에서 β -carotene 함량은 비빔국수와 쫄면에서 각각 평균 442.43

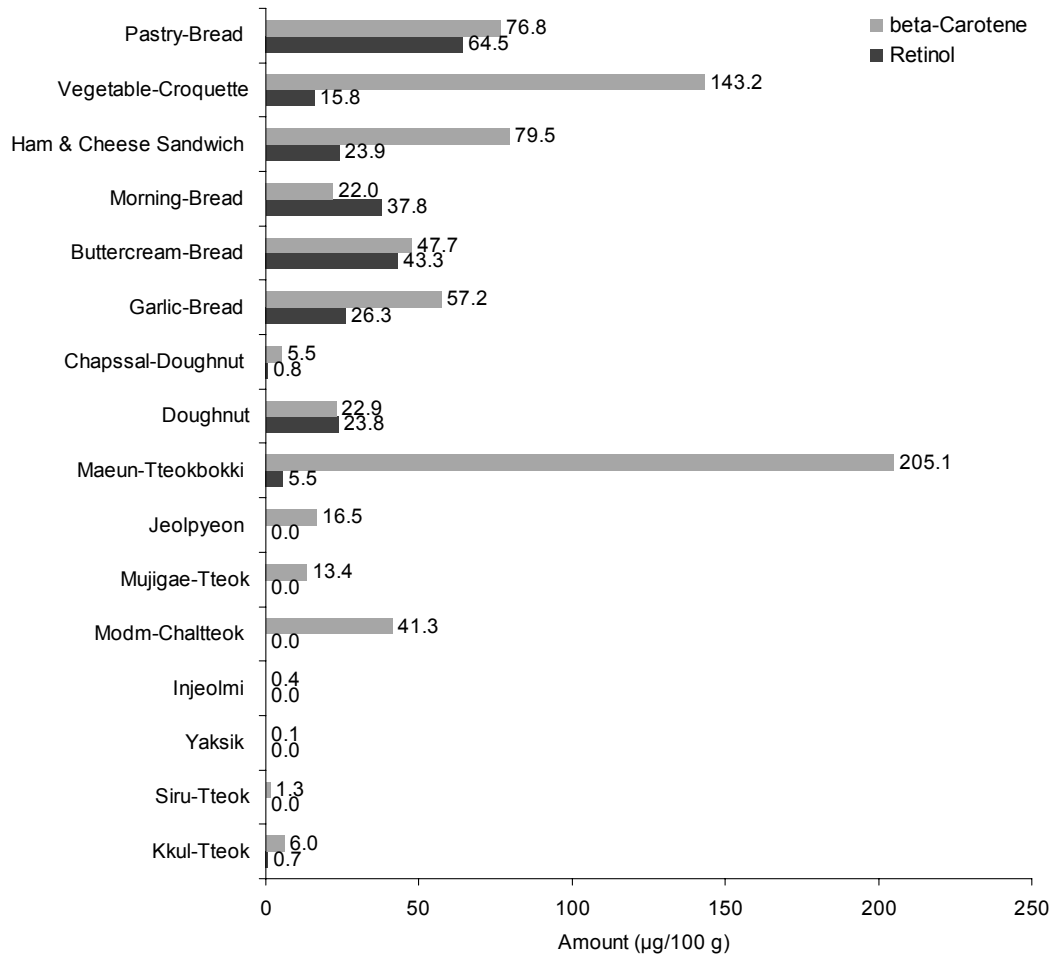


Fig. 2. Average contents ($\mu\text{g}/100\text{ g}$) of β -carotene and retinol in Korean rice cakes and bread products.

$\mu\text{g}/100\text{ g}$ 과 $301.39\ \mu\text{g}/100\text{ g}$ 이 검출되며 가장 높은 함량을 나타내었다. 비타민 A(μgRE) 함량은 비빔국수와 회냉면, 쫄면, 비빔냉면이 각각 77.5 RE와 61.3 RE, 56.4 RE, 53.2 RE이었다. 만두류 식품 4종에서는 김치만두에서 β -carotene $197.64\ \mu\text{g}/100\text{ g}$ 으로 가장 높게 검출되었으며, 비타민 A(μgRE) 함량은 33.3 RE이었다. 떡류 제품 12종에서는 매운 떡볶이와 모듬찰떡에서 β -carotene 함량이 각각 평균 $205.11\ \mu\text{g}/100\text{ g}$ 과 $41.33\ \mu\text{g}/100\text{ g}$ 으로 검출되었으며, retinol은 매운 떡볶이($1.65\sim 10.45\ \mu\text{g}/100\text{ g}$)에서만 검출되었다. 매운 떡볶이와 모듬찰떡의 경우, 비타민 A(μgRE)의 함량은 각각 39.67 RE와 6.89 RE로 환산하였다. 이는 하루 필요한 비타민 A($700\ \mu\text{gRE}$)의 1~6%에 해당하는 함량이다. 제빵류 8종에서는 β -carotene 함량이 야채고로케($110.43\sim 192.29\ \mu\text{g}/100\text{ g}$), 햄&치즈샌드위치($33.07\sim 116.57\ \mu\text{g}/100\text{ g}$), 페이스트리빵($33.69\sim 104.87\ \mu\text{g}/100\text{ g}$), 마늘빵(빵집, $33.88\sim 81.21\ \mu\text{g}/100\text{ g}$), 버터크림빵(빵집, $31.61\sim 85.84\ \mu\text{g}/100\text{ g}$)에서 높게 검출되었다. 비타민 A(μgRE)의 함량은 제빵류 중에서 페이스트리빵과 버터크림빵(빵집), 모닝빵들이 각각 77.3 RE와 51.2 RE, 41.4 RE를

나타내며 가장 높은 함량을 보였다.

감사의 글

본 연구는 2009~2010년도 식품의약품안전청 국가 식품영양성분 자료구축사업 일환으로 수행되었으며 이에 감사드립니다. 또한 데이터 생산에 참여한 NLS 소속 연구원들께도 감사드립니다.

REFERENCES

1. Ha JL, Bae JS, Park MK, Kim YU, Ha SH, Bae JM, Back K, Lee CH, Lee SW, Ahn MJ. 2009. Quantitative analysis of carotenoids in carrot cultivars produced in Korea. *J Env Sci* 18: 1135-1141.
2. Raja R, Hemaiswarya S, Rengasamy R. 2007. Exploitation of *Dunaliella* for β -carotene production. *Appl Microbiol Biotechnol* 74: 517-523.
3. Bauernfeind JC. 1972. Carotenoid vitamin A precursors and analogs in foods and feeds. *J Agric Food Chem* 20: 456-473.
4. Dietz JM, Sri Kantha S, Erdman JW Jr. 1988. Reversed phase HPLC analysis of α - and β -carotene from selected raw and

Table 4. β -Carotene and retinol contents in Korean bread products

Bread products	Sampling region	β -Carotene ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	Retinol ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	Bread products	Sampling region	β -Carotene ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	Retinol ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)
Doughnut	Gangwon-do	22.97	12.35	Morning bread	Gangwon-do	22.65	36.71
	Gyeonggi-do	12.88	30.84		Gyeonggi-do	16.95	25.17
	Gyeongsang-do	23.16	21.76		Gyeongsang-do	28.87	57.03
	Seoul	32.09	28.27		Seoul	17.81	37.21
	Jeolla-do	34.02	26.12		Jeolla-do	16.68	26.59
	Chungcheong-do	12.43	23.51		Chungcheong-do	29.06	43.88
	Maximum	34.02	30.84		Maximum	29.06	57.03
Minimum	12.43	12.35	Minimum	16.68	25.17		
Chapssal-doughnut	Gangwon-do	ND	ND	Ham & cheese sandwich	Gangwon-do	49.56	33.39
	Gyeonggi-do	0.41	2.03		Gyeonggi-do	116.57	5.00
	Gyeongsang-do	11.17	ND		Gyeongsang-do	101.68	37.24
	Seoul	2.13	2.79		Seoul	79.15	39.98
	Jeolla-do	19.09	ND		Jeolla-do	97.21	12.78
	Chungcheong-do	ND	ND		Chungcheong-do	33.07	14.97
	Maximum	19.09	2.79		Maximum	116.57	39.98
Minimum	ND	ND	Minimum	33.07	5.00		
Garlic bread	Gangwon-do	79.10	17.76	Vegetable croquette	Gangwon-do	157.81	12.01
	Gyeonggi-do	60.16	16.78		Gyeonggi-do	110.43	8.13
	Gyeongsang-do	39.62	17.67		Gyeongsang-do	125.36	28.75
	Seoul	33.88	22.39		Seoul	162.97	23.20
	Jeolla-do	49.23	49.93		Jeolla-do	192.29	13.11
	Chungcheong-do	81.21	33.12		Chungcheong-do	110.56	9.81
	Maximum	81.21	49.93		Maximum	192.29	28.75
Minimum	33.88	16.78	Minimum	110.43	8.13		
Buttercream bread	Gangwon-do	54.79	41.93	Pastry bread	Gangwon-do	76.21	76.21
	Gyeonggi-do	31.61	43.75		Gyeonggi-do	92.27	95.81
	Gyeongsang-do	39.30	38.37		Gyeongsang-do	33.69	40.15
	Seoul	37.52	54.93		Seoul	104.87	75.18
	Jeolla-do	85.84	49.47		Jeolla-do	67.84	63.94
	Chungcheong-do	36.86	31.10		Chungcheong-do	85.66	35.78
	Maximum	85.84	54.93		Maximum	104.87	95.81
Minimum	31.61	31.10	Minimum	33.69	35.78		

ND: not detected.

- cooked vegetables. *Pant Foods Hum Nutr* 38: 333-341.
- Rock CL, Lovalvo JL, Emenhiser C, Ruffin MT, Flatt SW, Schwartz SJ. 1998. Bioavailability of β -carotene is lower in raw than in processed carrots and spinach in women. *J Nutr* 128: 913-916.
 - Choe JS, Chun HK, Park HJ. 2001. International comparison of food composition table. *Korean J Commun Living Sci* 12: 119-135.
 - Eitenmiller RR, Landen WO. 1998. *Vitamin analysis for the health and food sciences*. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA. p 3-75.
 - Rural Development Administration National Academy of Agricultural Science. 2011. *Food Component Table*. 8th Revision. Suwon, Korea. p 14, 121.
 - Sungpuag P, Tangchitpianvit S, Cittchang U, Wasantwisut E. 1999. Retinol and beta carotene content of indigenous raw and home-prepared foods in Northeast Thailand. *Food Chem* 64: 163-167.
 - Hite DA. 2003. Determination of retinyl palmitate (vitamin A) in fortified fluid milk by liquid chromatography: collaborative study. *J AOAC Int* 86: 375-385.
 - 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.
 - Korea Food and Drug Administration. 2012. *NLS Standard Operating Procedure Analytical Methods*. Osong, Korea. p 99-111.
 - Rural Development Administration National Academy of Agricultural Science. 2009. Food Nutrient Data Base by portions commonly used. <http://koreanfood.rda.go.kr/fct/FctFoodSrch.aspx?qPage=1&SikGun=0&SikName=%bb%fd%b8%e9&nut=>.
 - The Korean Nutrition Society. 2010. *Dietary Reference Intakes for Koreans*. 1st Revision. Seoul, Korea. p 149-165.
 - Rural Development Administration National Academy of Agricultural Science. 2011. National Standard Nutrient Database. 8th revision. Agricultural Food Information System. <http://koreanfood.rda.go.kr/fct/FctFoodSrch.aspx?qPage=1&SikGun=0&SikName=%b1%e8%4%a1%b8%b8%b5%ce&nut=>.