

## 한국 농촌 성인의 혈청 Carotenoids 농도와 이에 영향을 미치는 요인에 관한 연구\*

안 윤 진 · 백 희 영

서울대학교 생활과학대학 식품영양학과

### Levels and Factors Affecting Serum Carotenoids Concentrations of Adults Living in Rural Area of Korea

Ahn, Youn Jhin · Paik, Hee Young

Department of Food and Nutrition, Seoul National University, Seoul, Korea

#### ABSTRACT

Recent researches suggest that carotenoids are important not only as provitamin A but also for prevention of chronic diseases. This study was conducted to determine levels and factors affecting serum levels of lutein+zeaxanthin,  $\beta$ -cryptoxanthin, and  $\beta$ -carotene in 93 adults living in rural area of Korea. Fasting blood samples were collected and serum carotenoid levels were measured by HPLC. Dietary intake was estimated by 24 hour recall method and frequency questionnaire of major food groups. Mean serum concentration of lutein+zeaxanthin was 616.32 nmol/L,  $\beta$ -cryptoxanthin was 857.95nmol/L, and  $\beta$ -carotene was 242.90nmol/L. Serum  $\beta$ -carotene levels in study subjects were very low. Both  $\beta$ -cryptoxanthin and  $\beta$ -carotene were negatively correlated with serum triglyceride and positively correlated with total-cholesterol and LDL-cholesterol. Serum levels of female subjects were significantly higher than males in all carotenoids. For age groups, subjects in their 30's were shown to have the highest concentration of all carotenoids. Lutein+zeaxanthin were lowest in subjects in their 40's while  $\beta$ -cryptoxanthin and  $\beta$ -carotene levels were lowest in subjects in their 60's. The  $\beta$ -carotene levels in non-smokers were significantly higher than in current-smokers and  $\beta$ -cryptoxanthin levels in non-drinkers were significantly higher than in drinkers. Lutein+zeaxanthin levels were significantly higher among subjects consuming more green and yellow vegetables by frequency questionnaire. In conclusion, serum carotenoids were affected by sex, age, serum lipids, smoking, and alcohol intake. Intake of vegetables and fruits could affect serum lutein+zeaxanthin level. This data indicates that compared to other studies, Korean adults in rural areas have high lutein+zeaxanthin concentrations and low  $\beta$ -carotene concentrations in serum. High lutein+zeaxanthin levels may be related to high consumption of vegetables in these subjects. (*Korean J Nutrition* 30(5) : 489~498, 1997)

**KEY WORDS** : lutein + zeaxanthin ·  $\beta$ -cryptoxanthin ·  $\beta$ -carotene · carotenoids.

채택일 : 1997년 4월 9일

\*본 논문은 서울대학교 생활과학대학부설 생활과학연구소의 일부 연구비 지원으로 수행되었음.

## 서 론

Carotenoids는 오래 전부터 비타민 A의 전구체로서 영양학에서 중요시되어 왔으나 그 자체로서의 영양학적 가치는 최근에 와서 관심을 끌게 되었다. 근래 여러 연구에서 carotenoids가 심혈관계 질환이나 암같은 만성 질병에 예방 효과가 있는 것으로 보고되고 있으며<sup>1,2)</sup> 이는 carotenoids가 singlet oxygen이나 free radical의 활성을 낮추어 지질 산화의 개시 단계를 방해하거나 DNA손상을 막아 주는 역할을 하기 때문으로 생각되고 있다. Carotenoids와 질병과의 관계를 살펴본 여러 연구들 중에 몇몇 연구들이 암발생 위험과 혈중 carotenoids농도와 관련이 있음을 보이고 있는데 낮은 수준의 혈청  $\beta$ -carotene과 폐암의 위험도가 관련이 있다는 보고가 있고<sup>3)</sup>, Gey 등<sup>4)</sup>도 혈중  $\beta$ -carotene수준이 낮을수록 여러 암에 대한 relative risk가 높아진다고 보고하였다. Shikany 등<sup>5)</sup>은 결장, 직장의 성종상 용종(adenomatous polyps)에 대해 혈중 lutein+zeaxanthin과  $\beta$ -cryptoxanthin이 예방 효과를 가질 수 있는 가능성을 보고하고 있다. 염 등<sup>6)</sup>은 여러 종류의 암환자의 혈청  $\beta$ -carotene의 농도가 정상인에 비하여 유의적으로 낮다고 보고하였다.

Zieegler<sup>7)</sup>는 채소, 과일 섭취가 낮으면 carotenoids의 섭취와 혈중의  $\beta$ -carotene농도가 낮아지며 이는 암 발생 위험을 높인다고 보고하였다. Freudenheim 등<sup>8)</sup>은 폐경전 유방암과 채소, 과일 섭취와의 관계를 연구한 결과, 채소의 섭취가 높은 집단에서 폐경전 유방암의 위험이 감소하는 것으로 나타났으며 이 효과는 채소의  $\beta$ -carotene 및 lutein+zeaxanthin과 관계가 있을 것으로 보인다고 보고하였다. Giovannucci 등<sup>9)</sup>은 전립선암의 위험도와 carotenoids와 retinol 섭취의 관계 연구에서 토마토를 재료로 한 음식이 전립선암의 위험도를 낮추어 줄 수 있다고 하였으며 과일과 채소 섭취의 증가가 암 발생을 낮출 수 있다고 추천하고 있다. 높은 수준의 혈청  $\beta$ -carotene이 남자의 경우 안구 혼탁의 정도를 낮추어 준다는 실험 결과나<sup>10)</sup>, 노화에 따른 안구 반점이나 백내장에 carotenoids가 방지 효과가 있다는 증거 등이 제시되고 있다<sup>11)</sup>. Serum carotenoids농도는 심장 질환과도 관련이 있는 것으로 보고되었으며<sup>14,12,13)</sup>, Street 등<sup>14)</sup>은 낮은 혈청 carotenoids 수준이 심근 경색의 위험을 높인다는 결론을 내렸으며, Gaziano 등<sup>15)</sup>이 채소와 과일의 섭취빈도에 carotene score를 주어 심혈관계 질환에 의한 사망율의 relative risk(RR)를 구해본 결과

높은  $\beta$ -carotene 함량을 가진 '당근과 호박', '샐러드/푸른잎 채소', '브로콜리/아기양배추' 섭취군에서 RR이 낮게 나타났다.

많은 연구가 특히  $\beta$ -carotene에 중심을 맞추고 있는데  $\beta$ -carotene은 여러 carotenoids중 한 가지일 뿐이고 12년간  $\beta$ -carotene 보충제를 복용시킨 결과  $\beta$ -carotene의 보충이 악성 신생물, 심혈관 질환, 기타 다른 질병에 의한 사망율에 영향을 미치지 못했다는 최근의 보고도 있어<sup>16)</sup> 채소나 과일을 섭취하는 사람들에서 나타나는 만성질환의 예방효과는  $\beta$ -carotene뿐 아니라 다른 여러 carotenoids가 관여하는 것으로 생각된다.

식이섭취량 이외에도 흡연이나 알코올의 섭취가 serum carotenoids 농도에 영향을 미친다는 여러 보고가 있다<sup>17,18,19,20)</sup>. Street 등<sup>14)</sup>은  $\beta$ -carotene의 혈청농도를 quintile로 나누었을 때 가장 농도가 높은 그룹에 비해 농도가 낮은 그룹에서 심근경색에 대한 odds ratio가 유의적으로 높아진다고 보고하였고 lutein+zeaxanthin에 대해서도 같은 경향을 보여주었으며 이는 특히 흡연자에서 두드러지게 나타났다. 또 Singh 등<sup>12,13)</sup>은 심근경색과 당뇨병 환자, 흡연자, 심혈관계 질환 환자의 혈청  $\beta$ -carotene농도가 낮게 나타나는 것이 산화적 손상의 영향이 정상인보다 크기 때문이라고 하여 carotenoids의 항산화성 효과를 확인하였다.

채소 및 과일류의 섭취는 혈액의 carotenoids의 농도에 영향을 미치는 것으로 보고되고 있는데<sup>21)</sup> 혈액의 carotenoids는 섭취량을 나타내 주는 지표로 생각되며<sup>22,23)</sup> 계절에 따른 혈액의 carotenoids의 변화가 tocopherol보다 크게 나타나는데 혈액의 농도가 가장 높게 나타나는 달은 채소를 섭취하기가 쉬운 시기였다<sup>24,25)</sup>.

우리나라의 전통적인 식이섭취형태는 채소를 많이 섭취하는 편이며 93년 국민영양조사 보고서<sup>26)</sup>에 의하면 농촌의 일인당 하루 평균 채소의 섭취량은 308.4g, 과일의 섭취량은 88.1g으로 나타났다. 그러나 현재 우리나라에서는 섭취된 식품에 따른 carotenoids의 섭취량을 정확하게 계산하기 어려운 형편이다. 식품성분표에 나와있는 carotene은  $\beta$ -carotene의 함량 뿐이며 그 값도 우리나라에서 분석된 것이 부족하여 외국 자료의 이용이 경우가 많다. 혈액은 carotenoids의 섭취량을 반영하는 것을 고려할 때 혈액의 분석을 통하여 섭취정도를 추정해 볼 수 있을 것으로 생각된다. 이에 본 연구는 우리나라 전통적 식생활형태를 많이 유지하고 있는 농촌 성인을 대상으로 혈청 carotenoids의 농도를 측정하여보고 여러 가지 요인에 따른 혈청 carotenoids의 변화를 살펴보고자 한다.

**Table 1.** Characteristics of subjects

	(Mean ± SD)		
	Male(n=62)	Female(n=31)	Total(n=93)
Age(year)	57.31 ± 12.02	57.35 ± 14.37	58.32 ± 13.78
BMI(kg/m <sup>2</sup> )*	23.59 ± 2.42	25.11 ± 3.81	24.09 ± 3.02
Waist Circumference(cm)	84.45 ± 5.57	84.35 ± 10.66	84.42 ± 7.59
Hip Circumference(cm)	95.61 ± 4.27	97.39 ± 8.46	96.20 ± 6.02
Waist/Hip ratio	0.88 ± 0.04	0.87 ± 0.06	0.88 ± 0.05
Height(cm)*	164.61 ± 5.90	152.32 ± 6.34	160.52 ± 8.38
Weight(kg)*	63.95 ± 7.61	58.55 ± 11.09	62.15 ± 9.22
Smoking status			
Non-smoker	17	27	44
Ex-smoker	16	0	16
Current-smoker	29	4	33
Alcohol Intake			
None	14	23	37
Occasionally or Daily	48	8	56
Blood analysis			
Total cholesterol(mg/dl)*	162.47 ± 26.35	182.03 ± 28.29	168.68 ± 28.41
HDL-cholesterol(mg/dl)	37.03 ± 13.62	39.13 ± 11.60	37.73 ± 12.95
LDL-cholesterol(mg/dl)*	89.09 ± 26.95	114.37 ± 27.79	97.52 ± 29.61
Triglyceride(mg/dl)	181.71 ± 130.96	142.65 ± 121.94	168.99 ± 28.41

\*Mean values are significantly different between two sex groups(p<0.05)

## 연구방법

### 1. 대상자

대상자는 경기도 연천군에 거주하는 만 30세 이상의 성인 중 특별한 질병이 있거나 약 또는 영양제를 복용하지 않은 건강한 성인 남녀 93명을 선정하였다. 조사는 1995년 2월에 실시되었으며 설문지를 통하여 음주, 흡연 여부를 질문하였고 신체계측과 혈액지질성분을 분석하였다(Table 1). 분석된 혈청 지질값을 이용하여 LDL 콜레스테롤을 다음의 Fridwald의 식<sup>27)</sup>을 이용하여 계산하였다.

$$\text{LDL-콜레스테롤} = \text{총 콜레스테롤} - (\text{중성지방} / 5 + \text{HDL-콜레스테롤})$$

### 2. 혈청 carotenoids 농도 측정

#### 1) 혈청 시료의 수집 및 보관

대상자들의 공복시 정맥혈을 채취하여 즉시 상온에서 2000rpm으로 15분간 원심분리하였다. 분리된 혈청을 200μl씩 eppendorf tube에 담아 분석전까지 -70℃의 deep freezer에 냉동보관하였다.

#### 2) 시료의 전처리

혈청으로부터의 β-carotene추출 및 분석은 Bieri 등<sup>28)</sup>의 방법에 기초하였다. 냉동 보관한 혈청을 상온에서 해동 후 200μl을 취해 7ml 시험관에 옮긴후 0.5ml ab-

solute alcohol과 0.5ml 2차 증류수를 가하여 vortex mixer로 30초간 섞어주었다. Hexane 1ml를 추출용매로 가하여 2분간 다시 vortex후, 2000rpm에서 10분간 원심분리하였다. Pasteur pipet으로 hexane층만을 취하여 water bath(약 50℃) 안에서 N<sub>2</sub> gas로 hexane을 완전히 휘발시켰다. 여기에 다시 200μl HPLC용매를 가한후 vortex하여 완전히 녹이고 이중 25μl를 HPLC에 주사하여 분석하였다.

### 3) Carotenoids 분석

혈청 carotenoids의 분석은 Arroyave 등<sup>29)</sup>의 방법을 따라 High Performance Liquid Chromatography (HP1090 SeriesII, Hewlett Packard)를 이용하여 정량하였다. 이것은 DR5 Binary solvent delivery system, Auto injector(25μl loop), Diode Array Detector, System controller인 HPLC ChemStation™으로 구성되었다. Column은 Waters μ-Bondapak C18 stainless steel column(30×0.39cm)을 사용했다. HPLC의 이동상은 acetonitrile, dichloromethane, methanol을 각각 70 : 20 : 10(v/v/v)의 비율로 혼합하여 사용하였다. 모든 시약 및 시료는 0.45μm membrane filter를 통과시킨 후 column에 주입하였고 용매의 flow rate는 1.0ml/min, detector wavelength는 β-carotene은 453nm, lutein+zeaxanthin과 β-cryptoxanthin은 450nm였다. β-carotene과 lutein 표준물질은 Sigma Chemical Co. (MO, U.S.A)에서 구입하였고 β-cryptoxanthin과 zea-

xanthin 표준물질은 Hoffmann-La Roche & Co, Ltd.(Basel, Switzerland)에서 기증받았다. 이때 적용한 extinction coefficient( $E_{1cm}^{1\%}$ )는  $\beta$ -carotene은 2,500 ( $\lambda_{max}=451nm$ ),  $\beta$ -cryptoxanthin은 2,380( $\lambda_{max}=452nm$ ), lutein은 2,236( $\lambda_{max}=458nm$ ), zeaxanthin은 2,350( $\lambda_{max}=451nm$ )이었다.

### 3. 식이섭취조사

24시간 회상법을 이용하여 면접을 통하여 조사 하루 전날에 섭취한 음식명과 음식에 사용된 재료명을 분량과 함께 기록하였다. 섭취 분량의 정확한 추정을 위해 실물크기의 식품 모형과 사진 및 국그릇, 밥그릇 등을 이용하였다. 각 재료를 조리전 가식부의 양으로 환산하여 식품영양가표<sup>30)</sup>를 참고로 각 대상자의 영양소 섭취량을 계산하였다.  $\beta$ -carotene의 경우에는 우리나라에 분석된 것이 없는 실정으므로 식품영양가표에 외국에서 분석된 수치<sup>31) 32),33),34)</sup>와 김영남 등<sup>35)</sup>이 분석한 식품을 참고하여 보완하였으며 몇 가지 식품들은 비타민 A의 수치로부터 환산하여 계산하였다.  $\beta$ -carotene 외의 다른 carotenoids는 계산하지 않았다. 또한 24시간 회상법으로 인한 평상식에 대한 정보 부족을 보완하기 위하여 녹황색 채소류, 과일류, 해조류의 지난 1년간 섭취한 빈도를 '각 군별로 거의 매일', '주 4~6회', '주 1~3회', '월 1회 정도' 그리고 '거의 없다'로 구분하여 함께 조사하였다.

### 4. 자료분석

대상자들의 혈청분석 결과는 각 carotenoids별로 평균과 표준편차를 구했으며 유의성 검증은 t-test, ANOVA를 이용했으며 유의적인 경우 Duncan multiple comparison test를 하였다.  $\beta$ -cryptoxanthin,  $\beta$ -carotene의 혈청 농도는 log척도로 변환시켜 자료의 정규성을 확인한 후 사용하였다. Lutein+Zeaxanthin,  $\beta$ -cryptoxanthin,  $\beta$ -carotene 혈청 농도와 혈청 지질농도, 영양소섭취와의 상관관계를 살펴보기 위해 Pearson 상관계수를 구하였다. 모든 통계처리는 SAS(Statistical An-

alysis System)<sup>36)</sup>를 이용하여 계산하였다.

## 결과 및 고찰

각 혈청 지질과 carotenoids와의 상관관계가 Table 2에 나타나 있다. Lutein+zeaxanthin은 각 혈청 지질과 유의적인 상관관계를 보이지 않지만,  $\beta$ -cryptoxanthin과  $\beta$ -carotene은 TG와 유의적인 음의 상관관계를 보이고 총 콜레스테롤, LDL-콜레스테롤과 유의적인 양의 상관관계가 있었으며( $p<0.05$ ), 각 carotenoids끼리도 유의적인 상관관계를 보인다( $p<0.0001$ ). Bolton-smith 등<sup>20)</sup>의 연구에 의하면 남자 450명을 대상으로 항산화비타민의 섭취와 생화학적 지표를 비교한 결과 총 cholesterol은 carotene과는 양의 상관계수를 보이고, TG는 음의 상관관계를 보이며 비흡연자의 상관정도가 본 연구와 비슷하였다. 혈청 지질중 LDL-콜레스테롤의 농도와 각 carotenoids가 관계가 깊게 나타나 다른 분석에 LDL-콜레스테롤의 농도를 보정하여 계산하였다.

Table 3에 각 carotenoids의 농도와 남녀별 carotenoids의 농도를 제시하였다.  $\beta$ -carotene은 이 등<sup>37)</sup>이 여대생을 대상으로 조사한 혈청  $\beta$ -carotene 농도인 39.8 $\mu$ g/dl(740.28nmol/L)이나 염<sup>6)</sup>의 연구에서 암환자와 비교하기 위해 측정된 정상인의 혈중  $\beta$ -carotene 46.88 $\mu$ g/dl(871.96nmol/L)보다 매우 낮은 것으로 나타났다. 외국의 연구와 비교해 보면 Brady 등<sup>38)</sup>의 결과와 비교하여 볼 때 lutein+zeaxanthin은 약 2배가 넘게,  $\beta$ -cryptoxanthin은 약 4.7배정도 높은 것으로 나타났으며,  $\beta$ -carotene은 오히려 더 낮게 나타났다. Street 등<sup>10)</sup>의 심근경색환자들과 비교한 정상인의 carotenoids농도를 살펴보면 정상인의 lutein+zeaxanthin은 17.5 $\mu$ g/dl(308nmol/L)로 본 실험결과보다 낮게 나타났으나  $\beta$ -carotene농도는 20.6 $\mu$ g/dl(383.16nmol/L)로 본 실험결과보다 높게 나타났다. 다른 연구들과 다르게 나타나는 다른 혈청 농도의 차이는 연구 대상의 특성중에서

**Table 2.** Pearson correlation coefficients of serum carotenoids with serum lipids

	Triglyceride <sup>+</sup>	Total cholesterol	HDL cholesterol <sup>+</sup>	LDL cholesterol	Lutein+ Zeaxanthin	$\beta$ -cryptoxanthin <sup>+</sup>	$\beta$ -carotene <sup>+</sup>
Triglyceride <sup>+</sup>	1.0000	0.2169*	-0.5073***	-0.3770***	-0.1375	-0.2613*	-0.2213*
Total cholesterol		1.0000	0.1039	0.6700***	0.1034	0.2532*	0.2343*
HDL cholesterol <sup>+</sup>			1.0000	0.0937	0.1806	0.1521	0.0210
LDL cholesterol				1.0000	0.1752	0.4273***	0.3740***
Lutein+ Zeaxanthin					1.0000	0.5912***	0.4583***
$\beta$ -cryptoxanthin <sup>+</sup>						1.0000	0.6588***
$\beta$ -carotene <sup>+</sup>							1.0000

\* $p<0.05$ , \*\* $p<0.01$ , \*\*\* $p<0.0001$ , <sup>+</sup>log transformed

도 섭취하는 식이에서의 차이가 가장 크게 기여를 할 것으로 생각된다. 남녀별로 살펴보면 모든 종류에서 여자의 혈청 carotenoids가 높게 나타났다. 이러한 성별에 따른 혈청 carotenoids의 차이는 나이, LDL-콜레스테롤에 보정을 한 결과에서도 역시 여자의 혈청 carotenoids 수준이 더 높은 것으로 나타났다. 이러한 경향은 Brady 등<sup>38)</sup>의 연구에서도 나타났으며 정<sup>39)</sup>이 농촌성인을 대상으로 한 환자-대조군 연구결과 대조군에서 역시 여자의 혈청 β-carotene의 농도(671.46nmol/L)가 남자(444.54nmol/L)보다 유의적으로 높게 나타났으며 환자군에서는 유의적인 차이를 보이지는 않았다. Olmedilla 등<sup>25)</sup>이 25~59세의 성인을 대상으로 한 연구결과에서도 역시 β-cryptoxanthin, β-carotene 모두 여자가 남자보다 혈청농도가 높게 나타났으나 lutein+zeaxanthin은 유의적 차이가 없었다. Street 등<sup>14)</sup>의 연구결과로는 β-carotene은 여자의 혈청농도가 유의적으로 남자보다 높았으며, lutein+zeaxanthin은 차이가 없었다. 본 연구에서 β-carotene의 농도는 Brady의 결과에 비하여 남자에서는 더 낮게 나타났으나, 여자에서는 더 높게 나타나 평균 혈청 β-carotene의 농도가 낮은 것은 남자의 농도가 낮기 때문임을 알 수 있었다. 본 연구에 나타난 성별에 따른 carotenoids농도의 차이는 여러 연구에서 일치하는 결과를 보이고 있고 lutein+zeaxanthin에서 성별의 영향이 다소 약하게 나타나는

것 역시 일치하는 결과라 할 수 있다.

연령별로 각 carotenoids수준을 비교하여 보았다 (Table 4). Lutein+zeaxanthin, β-cryptoxanthin, β-carotene 모두 가장 젊은 연령층에서 가장 혈중 농도가 높았으며 lutein+zeaxanthin은 40대에서 가장 낮게 나타났고 β-cryptoxanthin과 β-carotene은 60대에서 가장 낮게 나타났는데 연령, LDL-콜레스테롤에 보정한 결과도 유의적이었다(p<0.05). Street 등<sup>14)</sup>의 연구결과에서는 lutein의 혈청 농도가 40대와 50대가 20~30대보다 높게 나타났다. 또 Buiatti 등<sup>21)</sup>의 연구에서는 남자의 40대가 β-cryptoxanthin과 β-carotene이 가장 낮은 수준을 나타냈고 60대에서 가장 높게 나타나는 결과를 보였고 여자는 30대보다 40대 이상에서 높게 나타났다. 연령에 따른 혈청수준의 차이가 연구마다 일정하게 나타나지 않았다.

흡연여부에 따른 혈청 carotenoids의 농도는 Table 5에 제시된 바와 같이 현재 흡연자에서 가장 낮게 나타났는데 β-carotene의 경우 비 흡연자가 현재 흡연자보다 약 2배정도 높았으나 β-cryptoxanthin은 현재 흡연자나 담배를 피웠던 경험이 있는 사람 모두와 비 흡연자는 크게 차이가 났으며 lutein+zeaxanthin의 경우는 세 그룹 모두 차이가 나타나지 않았다. 이를 성별, 연령, LDL-콜레스테롤에 보정한 결과 β-carotene만이 유의적인 차이를 보였다. 이는 흡연자의 carotenoids의 농도

**Table 3.** Comparison of serum carotenoids concentration by sex

Carotenoids	(nmol/L)		
	Male(n=62)	Female(n=31)	Total(n=93)
Lutein+Zeaxanthin <sup>†</sup>	572.28±237.63	704.42±280.18	616.32±258.77
β-cryptoxanthin <sup>***‡</sup>	644.40±401.70	1285.04±764.39	857.95±624.27
β-carotene <sup>**‡</sup>	176.26±157.32	376.16±223.53	242.90±204.16

<sup>†</sup>Mean values are significantly different after adjusting for age and triglyceride(+ : 0.05 < p < 0.1).

<sup>‡</sup>Mean values are significantly different after adjusting for age and LDL-cholesterol(\*\*p < 0.001, \*\*\*p < 0.0001)

**Table 4.** Comparison of serum carotenoids concentration by age

Carotenoids	Age	(nmol/L)				
		<39 (n=9)	40-49 (n=13)	50-59 (n=22)	60-69 (n=29)	>70 (n=20)
Lutein+Zeaxanthin <sup>†</sup>		840.0±202.1 <sup>a</sup>	536.7±280.6 <sup>b</sup>	670.7±280.7 <sup>ab</sup>	585.9±248.4 <sup>b</sup>	551.7±205.0 <sup>b</sup>
β-cryptoxanthin <sup>‡</sup>		1335.7±973.5 <sup>a</sup>	796.2±827.2 <sup>ab</sup>	788.4±498.5 <sup>b</sup>	739.5±475.0 <sup>b</sup>	922.3±545.4 <sup>b</sup>
β-carotene <sup>‡</sup>		364.0±294.1 <sup>a</sup>	258.4±274.9 <sup>ab</sup>	241.1±175.8 <sup>ab</sup>	178.5±154.5 <sup>b</sup>	273.6±184.1 <sup>ab</sup>

<sup>†</sup>Mean values are significantly different after adjusting for sex and triglyceride(p < 0.05)

<sup>‡</sup>Mean values are significantly different after adjusting for sex and LDL-cholesterol(p < 0.05)

**Table 5.** Comparison of serum carotenoids concentration by smoking status

Carotenoids	(nmol/L)		
	None(n=44)	Ex-smoker(n=16)	Current-smoker(n=33)
Lutein+zeaxanthin	639.14±258.54	646.44±210.51	571.30±280.46
β-cryptoxanthin <sup>‡</sup>	1061.97±713.27 <sup>a</sup>	678.33±288.10 <sup>b</sup>	673.01±537.81 <sup>b</sup>
β-carotene <sup>‡</sup>	308.68±228.01 <sup>a</sup>	237.05±162.40 <sup>ab</sup>	158.03±155.61 <sup>b</sup>

<sup>‡</sup>Mean values are significantly different after adjusting for sex, age and LDL-cholesterol(p < 0.05)

가 비 흡연자보다 낮다는 Bolton-smith 등<sup>20)</sup>의 연구결과와 일치하는 결과이다<sup>20)</sup>. Pamuk의 연구에서는 비흡연자가 흡연자보다 β-cryptoxanthin의 혈청농도가 유의적으로 높지만 β-carotene의 혈청 농도는 크게 차이나지 않았으며 lutein+zeaxanthin의 농도는 차이가 나타나지 않아<sup>16)</sup>. 본 연구결과와 유사하게 나타났으나, 흡연자들 내에서의 비교에서는 β-carotene과 β-cryptoxanthin이 흡연량에 따른 차이가 유의적으로 나타났다. 또 Brady 등<sup>38)</sup>의 흡연과 혈청 carotenoids의 관계를 연구한 논문에서는 세 carotenoids모두 흡연자와 비흡연자의 유의적 차이를 보였다. Handelman 등<sup>17)</sup>이 in vitro로 실험한 담배연기에 의한 carotenoids의 파괴 정도는 β-carotene이 가장 빨리 파괴되었고 lutein+zeaxanthin과 β-cryptoxanthin은 같은 정도였다. 이 결과가 혈청에서 나타나는 차이와 다른 것은 체내의 다른 항산화제에 의한 효과일 수도 있다고 하였다. 본 연구에서 하루에 피우는 담배의 양에 따른 혈청농도의 차이는 나타나지 않았다(데이터 제시 안함).

알코올 섭취에 따른 carotenoids 농도차이는 Table 6에 제시된 바와 같이 술을 마시는 사람과 마시지 않는 사람에서 lutein+zeaxanthin의 농도에 별 차이가 없었으나 β-cryptoxanthin은 마시지 않는 사람이 유의적으로(p<0.05) 높게 나타났고 β-carotene 역시 마시지 않는 사람이 약간 높게 나타났으나(0.05<p<0.1), 이것을 연령, 성별, LDL-콜레스테롤에 보정한 결과 유의적 차이가 나타나지 않았다. Forman 등<sup>19)</sup>에 의해 실시된 알코올 섭취에 따른 carotenoids농도 비교에서 β-carotene은 오히려 알콜 섭취상태에서 유의적으로 더 높은 농도를 나타내었으나 lutein+zeaxanthin과 β-cryptoxanthin은 알코올을 섭취하지 않은 상태에서 높은 농도를 나타내었다. 그러나 본 연구와 달리 lutein+zeaxanthin은 유의적인 차이를 보였으나 β-cryptoxanthin은 유의적인 차이를 나타내지 않았다.

Scott 등<sup>23)</sup>의 연구에서는 BMI와 혈장 β-carotene이 역의 상관관계를 가지는 것으로 나타났으나 본 연구의

대상자에서는 BMI quartile에 따라 carotenoids의 농도에 유의적 차이가 나타나지 않았으며 이는 남녀별로 구분하여 비교하여 보아도 마찬가지였다(데이터 제시 안함).

성별, 나이, BMI, 혈중 총 콜레스테롤, 혈중 중성지방, HDL-콜레스테롤, LDL-콜레스테롤, 흡연여부, 음주여부 등을 중회귀분석의 독립변수로 하여 혈청 carotenoids에 영향을 주는 변수를 알아보았을때 성별이 세 carotenoids에 모두 영향을 주는 변수임을 알 수 있었

**Table 6.** Comparison of serum carotenoids concentration by drinking (nmol/L)

Carotenoids	Alcohol intake	
	None (n=37)	Occasional or Daily(n=56)
Lutein + zeaxanthin	660.07 ± 248.46	587.42 ± 263.56
β-cryptoxanthin**	1058.48 ± 731.68	725.45 ± 506.50
β-carotene	290.05 ± 199.46	211.74 ± 202.96

Mean values are significantly different(\*\*p<0.05) After adjusting for sex, age and triglyceride(LDL-cholesterol), there is no significant difference

**Table 7.** Estimated parameter of multiple regression model

Carotenoids	Variable	Parameter estimate	p
Lutein + zeaxanthin	Intercept	782.22	0.0001
	Age	-4.65	0.0236
	Sex	118.98	0.0319
	TG	-0.34	0.0942
β-cryptoxanthin	Intercept	614.98	0.0644
	Age	-7.18	0.1074
	Sex	605.61	0.0001
	TG	-0.91	0.0439
β-carotene	Intercept	470.14	0.0196
	Sex	-3.12	0.0285
	LDL-cholesterol	122.61	0.0101
	Age	-47.91	0.0401
	BMI	-13.59	0.0323
	Smoking	2.11	0.0021

**Table 8.** Intake of major nutrients obtained by 24hr recall

Nutrient	Male(n=62)	Female(n=31)	Total(n=93)
Energy (kcal)***	1806.84 ± 577.40	1328.32 ± 506.63	1647.33 ± 596.82
Protein (g)**	67.75 ± 46.74	45.85 ± 25.25	60.45 ± 42.00
Fat (g)*	31.91 ± 24.97	21.89 ± 16.96	28.57 ± 24.47
Carbohydrate (g)	260.86 ± 86.72	224.49 ± 77.04	248.74 ± 84.97
P (mg)**	876.67 ± 453.08	653.33 ± 326.64	802.22 ± 426.74
Vit A (R.E.)	242.22 ± 311.70	797.33 ± 3580.42	427.26 ± 2076.99
β-carotene (μg)	1246.77 ± 1367.54	1155.05 ± 1290.61	1216.20 ± 1336.06
Vit C (mg)	46.04 ± 27.91	55.35 ± 57.60	49.14 ± 40.22

Mean values are significantly different(\*p<0.05, \*\*p<0.01, \*\*\*p<0.0001)

다(Table 7). 이 결과와 Table 2의 결과에 따라 lutein+zeaxanthin은 연령, 성별 그리고 혈청 triglyceride에,  $\beta$ -cryptoxanthin,  $\beta$ -carotene은 연령과 성별, LDL-콜레스테롤에 보정하여 각 결과들의 차이를 확인하였다.

Table 8에는 24시간 회상법을 통하여 구한 대상자들의 영양소 섭취량을 제시하였다. 에너지, 단백질, 지방, 인에서 남녀간에 섭취량이 차이가 나는 것을 알 수 있다. Table 9~11에 식품섭취량에 따른 혈청 carotenoids의 양을 비교하여 보았다. 채소류의 섭취무게에 따라 lutein+zeaxanthin의 혈청농도가 다르게 나타나는 것을 알 수 있었으나 과일이나 해조류의 섭취무게에 따른 차이는 나타나지 않았다. 각 영양소의 섭취량을 낮은 것부터

티 높은 순으로 quartile로 나누어 혈중 carotenoids의 차이를 살펴보았다(Table 12). Lutein+Zeaxanthin의 경우 칼슘과 비타민 C의 섭취량에 따라 혈중 농도가 차이를 보이는데 성별, 연령, LDL-콜레스테롤에 대해 보정을 한 결과 칼슘의 2분위에 해당하는 양을 섭취한 사람과 비타민 C의 1분위에 해당하는 양을 섭취한 사람에서 가장 높은 lutein+zeaxanthin의 혈중 농도를 나타냈다.  $\beta$ -cryptoxanthin은 비타민 B<sub>2</sub>, niacin의 섭취수준이 1분위에 해당하는 사람의 혈청농도가 가장 높았고  $\beta$ -carotene은 비타민 E의 섭취수준이 1분위에 해당하는 사람의 혈청농도가 가장 높게 나타났다. 식품군별로 섭취빈도를 조사하여 빈도에 따른 혈청 carotenoids의 양을 비교하여 본 결과 역시 녹황색 채소류와 과

**Table 9.** Comparison of serum carotenoids concentration by amounts of vegetables intake from 24hr recall survey (nmol/L)

Vegetable intake(g)	<94 (n=23)	94-175 (n=23)	175-249.6 (n=21)	≥249.6 (n=26)
Lutein+Zeaxanthin <sup>†</sup>	522.08±166.28 <sup>b</sup>	588.48±263.73 <sup>b</sup>	713.91±188.01 <sup>a</sup>	623.95±329.27 <sup>b</sup>
$\beta$ -cryptoxanthin	867.63±518.26	802.08±623.75	789.72±424.57	849.21±645.33
$\beta$ -carotene	250.57±215.45	228.02±168.30	264.78±206.90	210.95±204.04

<sup>†</sup>Mean values are significantly different after adjusting for sex, age and triglyceride(p<0.05)

**Table 10.** Comparison of serum carotenoids concentration by amount of fruits intake from 24hr recall survey (nmol/L)

Fruit intake(g)	0 (n=57)	0-120 (n=13)	≥120 (n=23)
Lutein+Zeaxanthin	590.87±251.93	631.64±222.00	670.75±294.41
$\beta$ -cryptoxanthin	823.48±628.11	754.17±409.05	1002.03±709.26
$\beta$ -carotene	226.16±196.27	255.34±196.27	277.34±230.39

There is no significant difference among groups

**Table 11.** Comparison of serum carotenoids concentration by amount of seaweeds intake from 24hr recall survey (nmol/L)

Seaweeds intake(g)	0 (n=63)	0-6 (n=20)	≥6 (n=10)
Lutein+Zeaxanthin	642.62±268.47	535.96±237.13	611.39±223.70
$\beta$ -cryptoxanthin	932.72±652.76	718.63±589.12	665.50±438.52
$\beta$ -carotene	255.13±202.27	198.34±229.38	254.91±165.91

There is no significant difference among the groups

**Table 12.** Comparison of serum carotenoids concentrations by nutrient intake quartile of 24hr recall survey (nmol/L)

		1st quartile	2nd quartile	3rd quartile	4th quartile
Lutein+zeaxanthin <sup>†</sup>	Ca	521.77±193.13 <sup>b</sup>	609.86±348.10 <sup>a</sup>	644.65±247.63 <sup>ab</sup>	681.40±222.24 <sup>ab</sup>
	Vit C	746.59±333.64 <sup>a</sup>	595.36±82.18 <sup>ab</sup>	570.53±88.41 <sup>b</sup>	659.60±195.64 <sup>ab</sup>
$\beta$ -cryptoxanthin <sup>†</sup>	Vit B <sub>2</sub>	1128.9±779.0 <sup>a</sup>	717.4±464.9 <sup>b</sup>	873.9±743.3 <sup>ab</sup>	702.1±359.1 <sup>b</sup>
	Niacin	1097.0±752.4 <sup>a</sup>	771.6±376.9 <sup>ab</sup>	923.1±803.2 <sup>ab</sup>	641.9±384.8 <sup>b</sup>
$\beta$ -carotene <sup>†</sup>	Vit E	336.6±250.0 <sup>a</sup>	218.1±135.2 <sup>b</sup>	219.6±245.3 <sup>b</sup>	218.0±175.7 <sup>b</sup>

<sup>†</sup>Mean values with same superscript are not significantly different after adjusting for sex, age and triglyceride among the different frequency group of each food group(p<0.05)

<sup>†</sup>Mean values with same superscript are not significantly different after adjusting for sex, age and LDL-cholesterol among the different frequency group of each food group(p<0.05)

**Table 13.** Comparison of serum carotenoids concentration by food frequency of intake

Food group	Frequency	Lutein + Zeaxanthin <sup>†</sup>	β-cryptoxanthin <sup>‡</sup>	β-carotene <sup>‡</sup>
Green and yellow vegetables	≥ 4/wk.(n=23)	718.45±300.51 <sup>a</sup>	941.39±670.59	256.12±167.22
	1~3/wk(n=39)	608.40±258.17 <sup>ab</sup>	815.72±620.51	270.63±230.24
	< 1/mo.(n=31)	550.52±205.30 <sup>b</sup>	849.18±608.20	198.19±192.26
Fruits	≥ 4/wk.(n=40)	570.30±239.37 <sup>b</sup>	865.29±600.21	267.82±216.38
	1~3/wk(n=36)	664.29±254.61 <sup>a</sup>	879.88±663.06	229.57±204.17
	< 1/mo.(n=17)	623.04±305.03 <sup>b</sup>	794.25±628.86	212.47±177.23
Seaweeds	≥ 4/wk.(n=34)	680.68±266.49	918.15±642.91	276.49±202.46
	1~3/wk(n=40)	588.65±224.09	847.55±511.61	240.54±203.81
	1/mo.(n=19)	559.43±300.51	772.13±807.54	187.73±206.21

<sup>†</sup>Mean values with same superscript are not significantly different after adjusting for sex, age and triglyceride among the different frequency group of each food group(p<0.05)

<sup>‡</sup>Mean values with same superscript are not significantly different after adjusting for sex, age and LDL-cholesterol among the different frequency group of each food group(p<0.05)

일류를 섭취하는 빈도에 따라 각각 lutein+zeaxanthin의 혈청농도가 차이가 나는 것으로 나타났다(Table 13). Freudenheim 등<sup>21)</sup>은 폐경전 여성들의 유방암에 대한 연구 결과 정상시의 채소의 섭취가 유방암에 강한 예방효과와 관계가 있고, 과일의 섭취는 채소보다는 약한 관련성을 보인다는 결론을 내리고 이에 관련된 영양소로 lutein+zeaxanthin과 β-carotene을 제안하였다.

## 요약 및 결론

본 연구의 결과 혈청 carotenoids는 성별, 연령에 영향을 받고 흡연이나 알코올 섭취의 영향도 나타나며 그 중 lutein+zeaxanthin이 가장 적게 영향을 받고 β-cryptoxanthin이 크게 영향을 받은 것으로 나타났다. 성별은 여러 연구결과에서 모두 여자의 혈청농도가 남자에 비하여 높게 나타나는, 일치되는 결과를 보여 carotenoids의 혈청농도에 영향을 미치는 매우 중요한 인자임을 알 수 있었다. 채소류의 식이섭취량에 따른 혈청 carotenoids의 차이는 lutein+zeaxanthin에서만 나타났다는데 이는 lutein+zeaxanthin이 채소류에 고르게 분포되어 있기 때문으로 생각된다<sup>22)</sup>. 과일류와 해조류에서 차이를 볼 수 없었던 것은 며칠동안의 섭취량이 아니라 단 하루동안 섭취한 양만을 조사하였기 때문일 것으로 생각된다. 식품군별로 설문지에 의한 섭취빈도조사를 한 결과에 따른 혈청 carotenoids농도는 lutein+zeaxanthin에서만 녹색 채소류와 과일류의 섭취빈도에 따라 차이가 나타났다. 식이의 carotenoids 섭취량이 혈액의 carotenoids농도에 영향을 미친다는 사실을 고려할 때 본 연구에서 나타난 혈청 carotenoids의 농도는 대상자의 혈액을 겨울에 수집하였으므로 다른 계절보다 낮은 값이라 생각된다. 그럼에도 본 실험의 결과 lutein+zeaxanthin나 β-cryptoxanthin은 외국의 결과

보다 높게 나타났으며 반면 β-carotene은 외국의 연구 결과보다 낮게 나타났을 뿐 아니라 국내의 다른 연구의 결과보다 낮은 값을 나타냈다.

본 연구대상은 농촌성인으로 한정되어 있고 대상자의 수도 적었으므로 이 결과가 우리나라 사람의 혈청수준을 나타낸다고 말할 수 없으나 항산화 비타민이 질병과 노화에 미치는 영향이 크다는 최근의 연구경향을 고려할 때 우리나라 사람들의 식생활과 혈액의 carotenoids농도에 영향을 미치는 요인에 관한 연구와 carotenoids 섭취량 추정자료가 필요한 것으로 생각된다.

## Literature cited

- 1) Kohlmeier L, Hastings S. Epidemiologic evidence of a role of carotenoids in cardiovascular disease prevention. *Am J Clin Nutr* 62(suppl) : 1370S-1376S, 1995
- 2) Poppel G, Goldbohm RA. Epidemiologic evidence for β-carotene and cancer prevention. *Am J Clin Nutr* 62(suppl) : 1393S-1402S, 1995
- 3) Menkes MS, Comstock GW, Vuilleumier JP, Helsing KJ, Rider AA, Brookmeyer R. Serum beta-carotene, vitamins A and E, selenium and the risk of lung cancer. *N Engl J Med* 315 : 1250-1254, 1986
- 4) Gey KF, Brubacher GB, Sthelin HB. Plasma levels of antioxidant vitamins in relation to ischemic heart disease and cancer. *Am J Clin Nutr* 45 : 1368-1377, 1987
- 5) Shinkany J, Swendseid M, Henning S, Witte J, Bird C, Frankl H, Lee E, Haile R. Plasma carotenoids and the prevalence of adenomatous polyps of the colon cancer of the colon and rectum. *FASEB Journal* 9(3) : 170, 1995
- 6) 염경진 · 이양자 · 이기열 · 김병수 · 노재경 · 박계숙. 혈청 Retinoids, β-carotene, α-tocopherol과 암과의 관계. *한국암학회지* 24(3) : 343-351, 1992
- 7) Ziegler RG. Vegetables, fruits and carotenoids and the



- risk of cancer. *Am J Clin Nutr* 53 : 251S-259S, 1991
- 8) Freudenheim JL, Marshall JR, Vena JE, Laughlin R, Brasure JR, Swanson MK, Nemoto T, Graham S. Premenopausal breast cancer risk and intake of vegetables, fruits and related nutrients. *J Natl Cancer Inst* 88 : 340-348, 1996
  - 9) Giovannucci E, Ascherio A, Rimm EB, Stampfer MJ, Colditz GA, Willett WC. Intake of carotenoids and retinol in relation to risk of prostate cancer. *J Natl Cancer Inst* 87 : 1767-1776, 1995
  - 10) Mares-Perlman JA, Brady WE, Klein BE, Klein R, Palta M, Bowen P, Stacewicz-Sooyntzakis M. Serum carotenoids and tocopherols and severity of nuclear and cortical opacities. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 36 : 276-288, 1995
  - 11) Snodderly DM. Evidence for protection against age-related macular degeneration by carotenoids and antioxidant vitamins. *Am J Clin Nutr* 62(supple) : 1448S-1461S, 1995
  - 12) Singh RB, Niaz MA, Bishnoi I, Sharma JP, Gupta S, Rastogi SS, Singh R, Begum R, Chibo H, Shoumin Z. Diet, antioxidant vitamins, oxidative stress and risk of coronary artery disease : The peerzada prospective study. *Acta Cardiologica* XLIX : 453-467, 1994
  - 13) Singh RB, Niaz MA, Sharma JP, Kumar R, Bishnoi I, Begum R. Plasma levels of antioxidant vitamins and oxidative stress in patients with acute myocardial infarction. *Acta Cardiologica* XLIX : 441-452, 1994
  - 14) Street DA, Comstock GW, Salkeld RM, Schüep W, Klag MJ. Serum antioxidants and myocardial infarction : Are low levels of carotenoids and  $\alpha$ -tocopherol risk factors for myocardial infarction? *Circulation* 90 : 1154-1161, 1994
  - 15) Gaziano JM, Manson JE, Branch LG, Colditz JA, Willett WC, Buring JE. A prospective study of consumption of carotenoids in fruits and vegetables and decreased cardiovascular mortality in the elderly. *Ann Epidemiol* 5 : 255-260, 1995
  - 16) Hennekens CH, Buring JE, Manson JE, Stampfer M, Rosner B, Cook NR, Belanger C, Lamotte R, Gaziano JM, Ridker PM, Willett W, Peto R. Lack of effect of long-term supplementation with beta carotene of the incidence of malignant neoplasms and cardiovascular diseases. *N Engl J Med* 334 : 1145-1149, 1996
  - 17) Handelman FJ, Packer L, Cross CE. Destruction of tocopherols, carotenoids and retinol in human plasma by cigarette smoke. *Am J Clin Nutr* 63 : 559-569, 1996
  - 18) Pamuk ER, Byers T, Coates RJ, Vann JW, Sowell AL, Gunter EW, Glass D. Effect of smoking on serum nutrient concentrations in African-American women. *Am J Clin Nutr* 59 : 891-895, 1994
  - 19) Forman MR, Beecher GR, Lanza E, Marsha ME, Graubard BI, Campbell WS, Marr T, Lee CY, Judd JT, Taylor PR. Effect of alcohol consumption on plasma carotenoid concentration in premenopausal women : A controlled dietary study. *Am J Clin Nutr* 62 : 131-135, 1995
  - 20) Bolton-Smith C, Casey CE, Gey KF, Smith WCS, Tunstall-Pedoe H. Antioxidant vitamin intakes assessed using a food-frequency questionnaire : Correlation with biochemical status in smokers and non-smokers. *Brit J Nutr* 65 : 337-346, 1991
  - 21) Buiatti E, Munoz N, Kato I, Vivas J, Muggli R, Plummer M, Benz M, Franceschi S, Oliver W. Determinants of plasma anti-oxidant vitamin levels in a population at high risk for stomach cancer. *Int J Cancer* 65 : 317-322, 1996
  - 22) Scott KJ, Thurnham DI, Hart DJ, Bingham SA, Day K. The correlation between the intake of lutein, lycopene and  $\beta$ -carotene from vegetables and fruits, and blood plasma concentrations in a group of women aged 50 - 65 years in the UK. *Brit J Nutr* 75 : 409-428, 1996
  - 23) Yong LC, Forman MR, Beecher GR, Graubard BI, Campbell WS, Reichman ME, Taylor PR, Lanza E, Holden JM, Judd JT. Relationship between dietary intake and plasma concentrations of carotenoids in premenopausal women : Application of the USDA-NCI carotenoids food-composition database. *Am J Clin Nutr* 60 : 223-230, 1994
  - 24) Rautalahti M, Albanes D, Haukka J, Roos E, Gref C, Virtamo J. Seasonal variation of serum concentrations of  $\beta$ -carotene and  $\alpha$ -tocopherol. *Am J Clin Nutr* 57 : 551-556, 1993
  - 25) Olmedilla B, Granado F, Blanco I, Rojas-Hidalgo E. Seasonal and sex-related variations in six serum carotenoids, retinol and  $\alpha$ -tocopherol. *Am J Clin Nutr* 60 : 106-110, 1994
  - 26) '93 국민영양조사결과보고서. 보건복지부 1995
  - 27) Frederickson DS, Levy RI. Estimation of concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma without use of the preparative ultracentrifuge. *Clin chem* 15 : 499, 1979
  - 28) Bieri JG, Brown ED, Smith JC Jr. Determination of individual carotenoids in human plasma by high performance liquid chromatography. *J Liq Chrom* 8(3) : 473-484, 1985
  - 29) Arroyave G, Chichester CO, Flores H, Glover J, Hehia LA, Olsen JA, Simpson KL and Underwood BA. Biochemical methodology for the assessment of vitamin A status. A report of the IVACG, 1982
  - 30) 한국인 영양권장량 6차개정. 한국영양학회 1995
  - 31) Bureau JL, and Bushway RJ. HPLC determination of carotenoids in fruits and vegetables in the United States. *J Food Sci* 51 : 128-130, 1986
  - 32) Heinonen MI, Ollilaine V, Linkola EK, Varo PT, and Kouvostoinen PE. Carotenoids in Finnish foods : Vegetable,

- fruits and berries. *J Agric Food Chem* 36 : 655-659, 1989
- 33) Bushway RJ. Determination of  $\alpha$ - and  $\beta$ -carotene in some raw fruits and vegetables by High-Performance Liquid Chromatography. *J Agric Food Chem* 34 : 409-412, 1986
- 34) Mangels AR, Molden JM, Beecher GR, Forman MR, Lanza E. Carotenoid content of fruits and vegetables : An Evaluation of analytic data. *J Am Diet Assoc* 284-296, 1993
- 35) 김영남 · 김나경. HPLC를 이용한 고추 및 고추 가공품의 비타민 A 함량 측정. *한국영양학회지* 25(5) : 389-396, 1992
- 36) 조인호. SAS강좌와 통계전설링. 제일경제연구소, 1993
- 37) 이십열 · 백희영. 매운맛 선호도가 한국 여대생의  $\beta$ -carotene 섭취와 혈청 수준에 미치는 영향. *한국영양학회지* 24(4) : 530-536, 1995
- 38) Brady WE, Mares-Perlman JA, Bowen P, Stacewicz-Sooyntzakis M. Human serum carotenoids concentrations are related to physiologic and lifestyle factors. *J Nutr* 126 : 129-137, 1996
- 39) 정자용. 당뇨병 환자군과 대조군의  $\beta$ -carotene 영양상태 평가 및 이에 영향을 미치는 요인 분석. 서울대학교 대학원 석사논문, 1996