

여대생의 Carotenoids 식품 보충 섭취에 따른 혈청 비타민 A 함량 변화*

나 유 경 · 김 영 남
한국교원대학교 가정교육과

Serum Vitamin A Response to Short-term Carotenoids Foods Supplementation in Female University Students

Na, Yoo Kyung · Kim, Young Nam

Department of Home Economics, Korea National University of Education, Chungbuk, Korea

ABSTRACT

Korean intakes of Vitamin A have not reached RDA for a long time according to the National Nutrition Survey. The purpose of this study was to examine the serum response to short-term carotenoids-rich vegetable juices supplementation.

A total of 31 female students were recruited for this study. Their average serum retinol content before supplementation began was $14.74\mu\text{g} / 100\text{ml}$, and 87% of them had lower than adequate levels. Serum β -carotene, α -carotene, lycopene and lutein contents were 0.77, - , 0.74, and $8.29\mu\text{g} / 100\text{ml}$, respectively.

The serum responses to 3 kinds of juice supplementation for 3 weeks are summarized as follows.

A small but steady increase in serum retinol concentration was detected with the supplementation ($p < .05$), but the kinds of juice made no significant difference. Serum β -carotene content also increased with the supplementation ($p < .01$), but the kinds of juice again made no significant difference. Serum lycopene increased with the lycopene-containing vegetable juice and tomato juice supplementation, but the increase wasn't significant. There was no change in serum lycopene levels with the lycopene free carrot juice supplementation. Finally, there were no significant changes in serum lutein and α -carotene levels with the 3 kinds of juice supplementation. (*Korean J Nutrition* 30(8) : 952~959, 1997)

KEY WORDS : vitamin A · retinol · β -carotene · lycopene · lutein.

서 론

우리나라 국민영양조사 보고서¹⁾를 참고할 때 비타민

채택일 : 1997년 9월 11일

*본 연구는 1996년도 한국과학재단의 핵심 전문 연구비 (KOSEF 961-0604-033-1)에 의해 수행되었습니다.

A의 섭취량은 내내 권장량에 미달하고 있다. 1994년도 조사에 따르면 권장량의 62%만을 섭취하고 있었으며 식물성 식품에의 의존도가 특히 높아 비타민 A 전 섭취량의 80% 가량을 식물성 식품 즉 carotenoids로 섭취하는 것으로 나타났다.

β -carotene을 비롯하여 각종의 carotenoids는 비타민 A의 주요 공급원이 될 뿐 아니라 암과 동맥경화 같

은 질병을 유발하는 활성인자들로부터 세포를 보호하는 기능이 있는 것으로 제안된다²⁻⁵⁾. 혈액내 carotenoids 함량과 암 발생 비율은 역비례한다고 보고한 역학 연구도 있다⁶⁾.

Carotenoids는 녹황색 채소 및 과일에 함유되어 있으며 이들 식품을 통하여 체내에 공급되는데 섭취량과 혈청 함량간에 높은 상관성이 있는 것으로 발표되었다⁷⁾. 그리고 모유내 carotenoids 함량과 수유부의 식이 섭취량간에도 정적 상관관계가 보고되었다⁸⁾.

섭취한 carotenoids는 소장에서 일부 retinol로 전환되어 흡수되기도 하지만 소장 점막을 그대로 통과하여 혈액을 따라 순환하다가 지방조직 및 피부에 축적되기도 하며⁹⁾, carotenoids의 흡수율은 식이조성 특히 식이내 지방 함량에 영향을 받아 지방과 함께 섭취할 때 흡수율이 증가한다¹⁰⁾. 본 연구는 지방 섭취량이 부족한 여대생들의 혈청내 carotenoids와 retinol 함량이 어느 수준인지 확인하고자 하였다. 그리고 carotenoids의 혈청 함량은 남녀의 성별에 따라서도 차이가 있는 것으로 조사되었기에¹¹⁾ 본 연구에서는 여학생만으로 피험자를 구성하였다.

Carotenoids 식품 공급에 따른 혈청 함량의 변화를 관찰한 연구에서 당근을 제공하였더니 β-carotene의 함량 변화가 없었다고 하였던 반면¹²⁾ carotenoids의 혈장 함량이 carotenoids 보충 섭취량을 반영한다고 보고한 연구¹³⁾도 있다. 그리고 carotenoids 물질 각각의 섭취 영향 역시 동일하지 않은 것으로 보고되고 있다. 본 연구에서는 β-carotene, α-carotene, lycopene과 lutein 4가지의 carotenoids를 일상 식품의 형태로 공급하면서, 즉 β-carotene과 lutein의 공급 식품으로 채소 주스를¹⁴⁾ α-carotene의 공급 식품으로 당근 주스를¹⁵⁾¹⁶⁾ 그리고 lycopene의 공급 식품으로 토마토 혼합 주스를¹⁷⁾¹⁸⁾ 선정하여 보충 섭취에 따른 변화를 관찰하고자 하였다.

연구방법

1. 기기 및 시약

UV/VIS spectroscopy는 HP사의 8452A Diode-Array Spectrophotometer를 사용하였다. HPLC는 Waters의 U6K Universal injector, M510 HPLC pump, M486 tunable absorbance detector, 그리고 HP 3396 integrator로 구성하였으며, μ Bondapak™ C₁₈ stainless steel column(3.9×300mm)을 사용하였다. HPLC 용매로는 acetonitrile(ACN)과 methanol(MeOH)을 85 : 15의 비율로 혼합하여 사용하였으며,

표준물질 및 시료용액은 flow rate : 1.0ml/min, detector wavelength : retinol 325nm · carotenoids 450 nm, chart speed : 0.5cm/min, 그리고 injection volume : 25μl의 조건에서 측정하였다. 추출 용매로는 acetone, petroleum ether(PE), hexane, ethanol을, 건조제로는 Na₂SO₄를 사용하였다.

2. 실험방법

1) 채소 주스, 토마토 혼합 주스, 당근 주스의 구입 및 공급

세 가지 종류의 주스는 캔(병)에 밀봉 처리된 것으로 채소 주스는 D회사 제품(용량 : 183g, 주원료 : 토마토, 당근, 셀러리, 비트, 파슬리, 양상치, 물냉이, 시금치)을, 토마토 혼합 주스는 L회사 제품(용량 : 170g, 토마토 50%+야채 50% 혼합액, 주원료 : 토마토 페이스트, 당근, 근대, 파슬리엑기스)을 사용하였다. 그리고 당근 주스는 K회사 제품(용량 : 180g, 100% 당근액)을 사용하였다. 이들 3가지 주스는 공장에서 한꺼번에 3주일 분을 구입한 후 하루 전 냉장고에 보관하였다가 아침에 1인 1캔(병) 씩 공급하였다. 아침 식사와는 별도로 월요일부터 금요일까지, 금요일에는 토·일요일 분을 미리 분배하여 일주일에 7일간, 3주일 동안 지속적으로 공급하였으며, 즉 1학년은 96년 5월 7일부터 5월 27일까지, 2학년은 5월 8일부터 28일까지 공급하였다.

2) 혈액 채취 및 보관

한국교원대학교 보건진료소에 의뢰하여 1~2학년 여대생 31명(만 18~20세)을 대상으로 오전 9~10시에 5ml의 혈액을 채취한 후 즉시 혈청을 원심분리하였다. 자외선이 투과하지 못하도록 갈색 vial에 혈청을 넣어 -70℃ 초저온 냉장고에 보관하였다. 주스 공급 전 1회, 공급 시작 후 제 8일, 제 15일, 제 22일에 각각 1회씩, 그리고 보충 식품 중단 후 제 7일에 1회 혈액을 채취함으로써 모두 5회에 걸쳐 채취하였다(Fig. 1).

3) 주스와 혈청의 retinol과 carotenoids 추출 및 분석

(1) 채소 주스, 토마토 혼합 주스, 당근 주스의 carotenoids의 추출 및 분석

채소 주스, 토마토 혼합 주스, 당근 주스를 각각 2g 취한 다음 아세톤을 첨가하고 sonicator에서 균질화시킨 후 아세톤과 주스 혼합물을 분별 깔때기에 옮기고 물과 PE를 사용하여 carotenoids 물질을 반복 추출하였다. 수분을 제거한 후, 회전식 진공 증발기를 이용해 PE를 완전히 휘발시켰다. 추출된 carotenoids 물질을 다시 PE 5ml에 녹인 다음 이 중 250μl를 취해 질소로 완전 휘발시킨 후 HPLC 용매(acetonitrile : metha-

mol=85 : 15) 2ml에 용해시켰다. 이를 0.5µm membrane filter로 여과하고 25µl를 취하여 정성·정량분석을 실시하였다¹²⁾.

(2) 혈청의 retinol 및 carotenoids 추출 및 분석

혈청 1ml에 에탄올을 1ml 넣고 9분간 sonication 시킨 후 hexane 2ml를 넣고 sonication 과정을 2회 반복하여 약 4ml의 hexane 추출물을 얻었다. 그런 다음 hexane을 질소로 완전 휘발시킨 후, HPLC 용매 200µl에 용해시켜 이 중 25µl를 주입함으로써 정성·정량분석을 실시하였다¹³⁾.

4) Retinol과 β-carotene, α-carotene, lycopene, lutein의 HPLC peak 확인 및 함량 측정

Retinol과 β-carotene, α-carotene, lutein, lycopene의 표준물질은 Sigma 제품을 구입하였으며 retention time, co-chromatography, UV spectrum의 형태와 main absorption maxima로 HPLC peak를 확인하였다. Retinol과 β-carotene, lycopene, lutein의 함량 측정은 Arroyave 등의 방법¹⁹⁾으로 정량하였으며, 적용된 흡광계수(extinction coefficient)는 retinol과 lutein(ethanol 용매)이 각각 1,850(λmax=325nm), 2,236(λmax=458nm)이었고, β-carotene과 lycopene(PE 용매)은 각각 2,592(λmax=453nm), 3,450(λmax=472nm)이었다²⁰⁾

Retinol과 carotenoids 각각의 표준물질 일정량을 HPLC 용매에 용해한 후 주입시켜 검출된 peak의 면적을 세로축으로, 주입량을 가로축으로 하여 각각의 회귀선을 작성하고 이에 근거하여 시료 내 retinol과 carotenoids의 함량을 산출하였다. 회귀식은 최소자승법²¹⁾을 이용하여 작성하였다.

5) 반복 측정 정확도

반복 시험을 10회 수행한 다음 변동계수(coefficient of variation)를 산출함으로써 반복 측정 정확도를 확인하였다²¹⁾.

6) 통계처리

SPSS/PC⁺를 이용하여 평균±표준편차, 평균을 산

출하였으며, 주스 종류 및 공급 기간에 따른 혈청 retinol과 carotenoids의 함량 변화 효과를 알아보기 위해서 이원변량 분석을 실시하였다.

결 과

1. 보충 식품 섭취 전 혈청 retinol과 carotenoids 함량

1) 혈청 retinol 함량

기숙사에 거주하는 한국고원대학교 가정교육학과 1, 2학년 여학생 31명을 채소 주스, 토마토 혼합 주스, 그리고 당근 주스의 세 가지 주스 군으로 분류하였으며, 각 주스 군에 해당하는 학생들의 주스 보충 전 상태에서의 혈청 retinol 평균 함량과 비타민 A 영양 상태를 Table 1에 제시하였다.

세 가지 주스 군별 혈청의 retinol 함량 평균은 채소, 토마토 혼합, 당근 주스 군의 경우 각각 12.50, 17.70, 14.44µg/100ml이었고, 전체 여대생 31명의 retinol 함량 평균은 14.74µg/100ml이었다. 혈청 retinol 함량의 최대치는 37.00µg/100ml이었고, 최소치는 1.00µg/100ml로 나타났다.

비타민 A의 영양 상태는 retinol 함량이 혈청 100 ml 당 20µg 이상인 경우 정상(adequate), 30µg 이상 일 때는 양호(well nourished) 그리고 10µg 미만이면 극히 불량(critical)한 상태로 판정한다¹⁹⁾²²⁾. 혈청 내 retinol 함량으로 비타민 A의 영양 상태를 진단한 결과 87.10%에 해당하는 27명이 정상 미만의 상태였으며, 극히 불량에 해당하는 학생도 8명, 25.81%나 되었다. 양호한 학생은 3명으로 9.70%에 불과하였다.

2) 혈청 carotenoids 함량

이들의 carotenoids 함량을 Table 2에 제시하였다.

혈청 β-carotene 함량은 전체 평균이 0.77µg/100 ml이었으며, 주스 군별로는 토마토 혼합 주스 군 학생들이 1.40µg/100ml로 가장 높았다. 채소 혼합, 당근 주스군 학생(각각 0.42, 0.56µg/100ml)은 모두 1.0µg/100ml 미만이었다.

혈청 α-carotene 함량은 극히 미량으로 자료화할 수

Table 1. Serum retinol content and nutritional status of vitamin A before juice supplementation

		Juice group			
		Vegetable	Tomato mix	Carrot	Total
Retinol, $\bar{x} \pm sd(\mu\text{g}/100\text{ml})$		12.50±8.23	17.70±9.28	14.44±4.57	14.74±7.61
Nutritional Status	Critical	5(41.67)	2(20.00)	1(11.11)	8(25.81)
	Low	6(50.00)	6(60.00)	7(77.78)	19(61.29)
	Adequate	· (0.00)	· (0.00)	· (0.00)	1(3.20)
N(%)	Well-nourished	1(8.33)	2(20.00)	1(11.11)	3(9.70)
Total		12(100)	10(100)	9(100)	31(100)

없었다.

혈청 lycopene의 전체 평균 함량은 0.74 μ g/100ml이었고, 토마토 혼합 주스 군 학생들이 1.90 μ g/100ml로 가장 높았다. 나머지 채소 혼합, 당근 주스군 학생(각각 0.33, 0.00 μ g/100ml)은 모두 1.0 μ g/100ml 미만으로 나타났다.

혈청 lutein 함량의 전체 평균은 8.29 μ g/100ml이었으며, 토마토 혼합 주스 군 학생들이 12.10 μ g/100ml로 가장 높았다. 채소 혼합, 당근 주스군 학생은 각각 6.67, 6.22 μ g/100ml로 나타났다.

2. Carotenoids 식품 보충 섭취에 따른 혈청 retinol 과 carotenoids 함량 변화

1) Carotenoids 보충 식품(채소 주스, 토마토 혼합 주스, 당근 주스)의 carotenoids 함량 분석

Carotenoids 보충 식품으로 학생들에게 3주간 공급 하였던 채소 주스, 토마토 혼합 주스, 당근 주스의 β -carotene, α -carotene, lycopene, lutein의 함량을 HPLC로 분석하였다. 매일 1캔(병)씩 공급하였기에 캔(병) 당 함량을 Table 3에 제시하였다.

β -carotene 함량은 당근 주스(16,096 μ g=2,683 RE)가 가장 많았고 토마토 혼합 주스(7,439 μ g=1,240 RE)가 가장 적었으며, 당근 주스는 토마토 혼합 주스의 2배가 넘는 β -carotene을 포함하고 있었다. 채소 주스는 β -carotene 함량이 9,683 μ g(=1,614 RE)이었다. 그리고 α -carotene은 당근 주스에만 들어 있었으며(6,230 μ g), 채소 주스와 토마토 혼합 주스에는 없었다. Lycopene의 경우에는 채소 주스와 토마토 혼합 주스의 함량(각각 172,666 μ g, 169,793 μ g)이 비슷하였으며 당근 주스에서는 검출되지 않았다. 그리고 lutein의 함량은 채소 주스(51,507 μ g)가 토마토 혼합 주스(1,887 μ g)보다 월등히 많았고, 당근 주스에는 없었다.

Table 2. Serum carotenoids content before supplementation

	Carotenoids Content(μ g/100ml)			
	β -carotene	α -carotene	Lycopene	Lutein
Vegetable	0.42	.	0.33	6.67
Tomato mix	1.40	.	1.90	12.10
Carrot	0.56	.	0.00	6.22
Total	0.77	.	0.74	8.29

Table 3. Carotenoids contents of vegetable, tomato mix, and carrot juices

Juice	Amount per can/bottle	Carotenoids contents(mg)		
		β -carotene	Lycopene	Lutein
Vegetable	183g	9.7	172.7	51.5
Tomato mix	170g	7.4	169.8	1.9
Carrot	180g	16.1	-	-

2) Carotenoids 보충 식품 섭취에 따른 혈청 retinol, β -carotene, lycopene, lutein의 함량 변화

주스 공급에 따른 주스 군별 혈청 retinol 평균 함량 변화는 Fig. 2와 같다.

주스 공급에 따른 혈청 retinol 함량 변화를 보면, 3가지 주스 군 모두 주스 공급 1주 후에는 혈청 retinol의 함량이 공급전 보다 오히려 다소나마 감소하였으며, 주스 공급 2주 후에는 약간 증가하였고, 3주 후에는 공급 전 함량 이상으로 증가하였다. 그리고 공급 중단 1주 후에는 공급 전 함량과 유사한 수준으로 돌아갔다.

주스 종류 및 공급 기간에 따른 혈청 retinol 함량 변화 효과를 알아보기 위하여 이원변량 분석을 실시한 결과, 공급 기간에 따른 혈청 retinol 함량 변화의 효과는 $p < .05$ 수준에서 유의하였으나 주스 종류에 따른 효과는 없었다. 또한 주스 종류와 공급 기간의 상호 작용효과 유의도는 0.707로 차이가 없었다.

주스 공급에 따른 혈청 retinol 함량 변화에 근거하여 실험에 참가한 학생 31명의 비타민 A 영양 상태를 진단한 결과, 극심한 영양 불량 상태에 해당하는 학생이 주스 공급 전에는 25% 가량 되었으나, 주스 공급 3주 후에는 16%로 줄었으며, 그러나 공급 중단 1주 후에는 극히 불량에 해당하는 피험자가 다시 35%로 늘었다.

주스 공급에 따른 주스 군별 혈청 β -carotene 평균

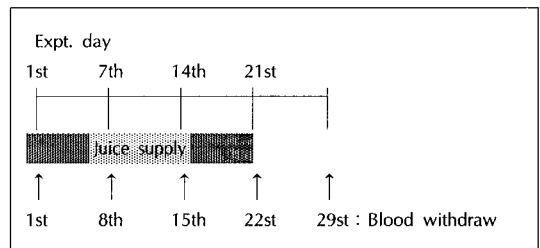


Fig. 1. Experimental design.

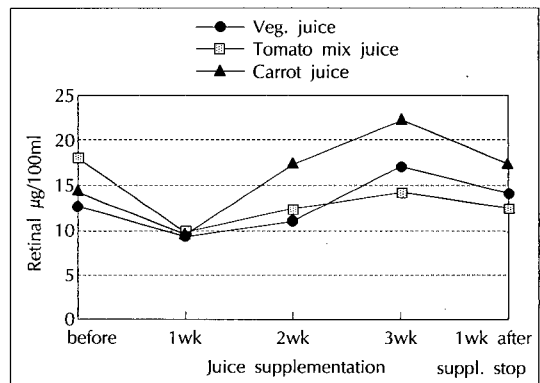


Fig. 2. Serum retinol change with the juice supplementation.

함량 변화는 Fig. 3과 같다.

공급 기간에 따른 혈청 β -carotene 함량 변화는 비교적 β -carotene을 많이 함유하고 있는 당근 주스의 경우 공급 기간이 길어짐에 따라 미량이나마 꾸준히 증가하였으며, 공급 중단 1주 후의 함량이 주스 공급 3주째의 함량과 동일한 수준을 유지하였다. 그러나 β -carotene 함량이 적은 채소 주스, 토마토 혼합 주스와의 차이는 유의하지 않았다.

주스의 종류 및 공급 기간에 따른 혈청 β -carotene 함량 변화 효과를 알아보기 위해 이원변량 분석을 실시한 결과 공급 기간에 따른 혈청 β -carotene 함량 변화는 $p < .01$ 수준에서 유의하였으며, 그러나 주스 종류와 공급 기간의 상호 작용효과는 유의한 차이가 없었다.

혈청내 α -carotene은 주스 공급전 상태에서 극히 미량 검출되었으며, 주스 공급에 따른 변화도 확인할 수 없었다. α -carotene을 매일 6mg정도씩 3주일 동안 섭취하였던 당근 주스 군에서도 α -carotene의 혈청 내 함량 증가를 관찰할 수 없었다.

주스 공급에 따른 주스 군별 혈청 lycopene 평균 함량 변화는 Fig. 4와 같다.

채소 주스와 토마토 혼합 주스는 lycopene 함량이 유사하였기 때문에 두 집단을 합하여 당근 주스 군과 비교하였다.

Lycopene이 다량 함유된 채소 주스와 토마토 혼합 주스의 경우 주스 공급 1주 후에는 혈청 lycopene 함량이 공급 전에 비하여 7배 가량 증가하였으며, 2주 후에는 다소 감소하여 공급 전의 4배로 되었고, 3주 후와 공급 중단 1주 후까지 이 수준을 유지하였다. 그러나 lycopene이 없는 당근 주스를 섭취하였던 학생들은 실험 기간 내내 혈청 lycopene 함량의 별다른 변화가 없었다.

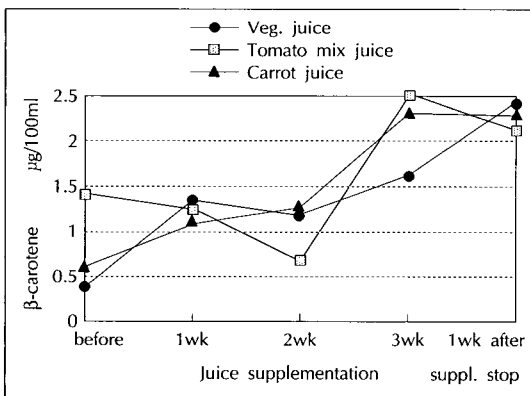


Fig. 3. Serum β -carotene change with the juice supplementation.

주스 종류 및 공급 기간에 따른 혈청 lycopene 함량 변화 효과를 알아보기 위해 이원변량 분석을 한 결과 공급 기간과 주스 종류에 따른 혈청 lycopene 함량 변화의 효과는 $p < .05$ 수준에서 유의하지 않았다. 또한 공급 기간과 주스 종류의 상호 작용효과도 유의한 차이가 없었다.

주스 공급에 따른 주스 군별 혈청 lutein 평균 함량 변화는 Fig. 5와 같다.

주스 종류 및 공급 기간에 따른 혈청 lutein 함량 변화 효과를 알아보기 위해 이원변량 분석을 한 결과 공급 기간과 주스 종류에 따른 혈청 lutein 함량 변화의 효과는 $p < .05$ 수준에서 유의하지 않았다. 또한 주스 종류와 공급 기간의 상호 작용효과도 유의한 차이가 없었다.

3. 반복 측정 정확도

Retinol은 혈청을, carotenoids는 당근 주스와 토마토 혼합 주스를 HPLC에 10회 주입함으로써 반복 측정 정확도를 산출한 결과, retinol과 β -carotene, ly-

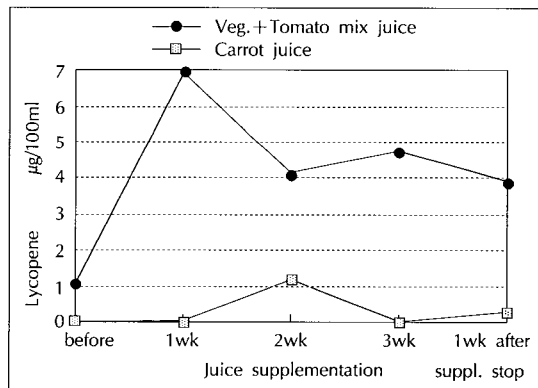


Fig. 4. Serum lycopene change with the juice supplementation.

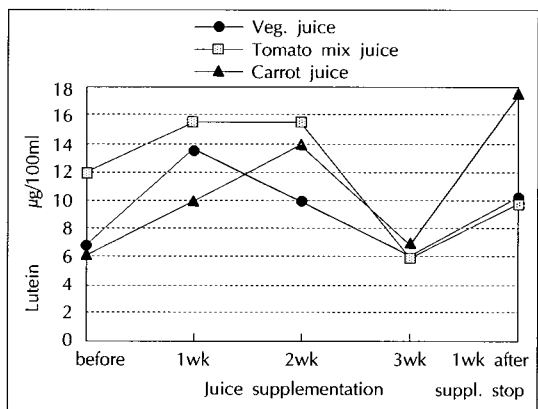


Fig. 5. Serum lutein change with the juice supplementation.

copene, lutein의 변동계수가 각각 1.6, 1.4, 1.9, 2.6 %로 나타나 반복 측정의 오차는 적었다.

고 찰

Carotenoids를 포함하고 있는 주스의 추가 공급에 따른 혈청 retinol의 함량 변화는 공급 기간에 따라 $p < .05$ 수준에서 유의하게 나타났다. Carotenoids 공급에 따른 혈청 retinol 함량을 분석한 선행 연구²³⁾에서 7~12 과테말라 어린이에게 하루 6mg의 β -carotene을 20일간 공급하였을 때 retinol 함량의 변화를 유도할 수 없다고 하였다. 본 연구에서는 1일 7~16mg의 β -carotene 공급으로 다소나마 혈청 retinol 함량의 증가가 관찰되었으며 이는 본 연구에 참여하였던 여대생들의 혈청 retinol 수준이 과테말라 어린이의 수준과 비교하여 상대적으로 낮았던 때문이 아닌가 생각할 수 있다(14.9 μ g/100ml vs 34.9 μ g/100ml).

세 가지 주스 즉 채소 주스, 토마토 혼합 주스, 당근 주스의 β -carotene 함량은 각각 9.7, 7.4, 16.1mg이었으며, 따라서 21일 동안의 섭취량은 각각 204, 155, 388mg으로 차이가 있었지만, 주스의 종류에 따른 효과는 없었다.

주스의 섭취에 따른 혈청 β -carotene의 함량 변화는 α -carotene을 1일 16mg씩 섭취하였던 당근 주스 군의 경우 혈청 β -carotene의 함량이 꾸준히 증가하여 3주 후에는 공급 전의 3.8배 가량되었다. β -carotene 함량이 9.7mg인 채소 주스와 7.4mg인 토마토 혼합 주스 군 역시 3주 후에는 각각 공급 전의 4배, 2배 증가하였으나 통계적으로 유의한 변화는 아니었다. 선행 연구에서 β -carotene 결정을 1일 12mg, 30mg씩 42일간 공급하였을 때 혈청 β -carotene 함량이 증가하였으나 당근으로 β -carotene 29mg씩 섭취하였을 때는 혈청 함량의 변화가 없었다고 하였다²⁴⁾. 또 과테말라 어린이에게 1일 6mg의 β -carotene 결정을 10일간 공급하였을 때 혈청 내 β -carotene 함량이 2배로 증가하였으며, 그러나 당근을 매일 50g씩(6mg β -carotene 함유) 섭취하였을 때는 혈청 함량의 변화가 관찰되지 않았다고 한다²³⁾. 즉 순수 결정 형태로 β -carotene을 섭취할 때가 식품으로 섭취할 때보다 혈청 반응이 민감하게 나타나는 것을 알 수 있다²⁵⁾. 또 다른 연구에서 하루 15개 이상 담배를 태우며 2년 이상의 흡연 경력을 지닌 건강한 남성을 대상으로 매일 40mg의 β -carotene 결정을 2주 동안 공급하고 그 후 12주에 걸쳐 매일 20mg씩을 공급하였더니 혈청 β -carotene 함량이 16.6 μ g/100ml에서 15배까지 증가하였다고 하였다²⁶⁾. β -carotene 순

수 결정을 14주의 오랜 기간에 걸쳐 총 2,240mg의 (373,000 RE) 다량을 섭취하는 경우 혈청 β -carotene의 함량이 250 μ g/100ml까지도 증가할 수 있음을 알 수 있다. 통계적으로 유의한 증가는 아니었지만 주스 섭취 3주 후 혈청 β -carotene이 4배가 되기까지 꾸준히 증가하였으므로 지속적으로 β -carotene 함유 식품을 섭취한다면 혈청 함량이 상당히 증가할 수 있을 것이다. 본 연구에 참여하였던 여대생들의 경우 혈청의 β -carotene 함량이 매우 낮은 상태이기에 carotenoids 식품 섭취에 따른 반응이 나타날 수 있었을 것이다.

주스 섭취에 따른 혈청 lycopene의 함량 변화를 보면 lycopene 함량이 상대적으로 많았던 채소 주스와 토마토 혼합 주스가 당근 주스에 비하여 혈청 lycopene의 함량 증가를 유도하였다. Lycopene이 없는 당근 주스 군은 혈청 lycopene 농도에 변화가 없었다. 선행 연구에서 토마토 주스를 매일 160g씩(12mg lycopene 함유) 6주일 동안 섭취하였을 때 혈청 lycopene 함량은 별다른 변화가 없었던 것으로 보고하였다. 그러나 이 연구의 다른 비교군 즉 당근 섭취 군, 브로컬리 섭취 군, β -carotene capsule 복용군은 6주 동안 혈청 lycopene 함량이 감소하였음을 감안할 때²⁴⁾ lycopene이 다량 함유된 토마토 주스가 혈청 lycopene 함량 변화에 영향을 미친다고 할 수 있다.

주스 공급에 따른 혈청 lutein의 함량 변화를 보면 공급 기간 및 주스의 종류에 따른 차이는 없는 것으로 나타났다. 선행 연구에서 매일 300g의 브로컬리(3mg lutein 함유)를 6주 동안 섭취하였을 때 혈청 lutein 함량이 2배 이상 증가하였다고 한다²⁴⁾. 그러나 β -carotene과 lutein은 흡수 경쟁 효과가 있는 것으로 보고되었는데 선행 연구에서의 브로컬리 300g에는 β -carotene이 3mg 포함되어 있었으나²⁴⁾ 본 연구에서의 채소 주스에는 β -carotene이 10mg이나 포함되어 있으므로 β -carotene이 lutein의 흡수를 방해하여 혈청 함량 변화가 나타나지 않았다고 생각할 수 있다.

결 론

본 연구는 carotenoids 식품 보충 섭취에 따른 효과를 알아보기 위해서 채소 주스, 토마토 혼합 주스, 당근 주스를 3주일 동안 공급하면서 이에 따른 혈청 retinol 및 carotenoids 함량의 변화를 관찰하였다.

주스 공급에 따른 혈청 retinol과 carotenoids의 함량 변화 결과는 다음과 같다.

공급 기간에 따른 혈청 retinol 함량 변화의 효과는

$p < .05$ 수준에서 유의하였으나 주스 종류에 따른 효과는 없었다. 공급 기간에 따른 혈청 retinol 함량 변화를 보면, 주스 공급 1주 후 혈청 retinol의 함량이 다소 줄었으며, 주스 공급 2주 후, 3주 후까지 증가하다가 공급 중단 1주 후에는 공급 전의 수치와 유사하게 되었다. 이는 보충 식품 섭취에 따른 혈청 retinol 함량의 변화라고 생각된다.

공급 기간에 따른 혈청 β -carotene 함량 변화의 효과는 $p < .01$ 수준에서 유의하였으나 주스 종류에 따른 효과는 없었다. β -carotene을 비교적 많이 함유하고 있는 당근 주스의 경우, 미량이나마 처치 주에 따라 꾸준히 증가하였으며, 공급 중단 1주일 후에도 주스 공급 3주째의 수준을 유지하였다.

채소 주스와 토마토 혼합 주스는 lycopene 함량이 유사하였기 때문에 두 집단을 합하여 당근 주스 군과 비교 분석한 결과, 공급 기간과 주스 종류에 따른 혈청 lycopene 함량 변화의 효과는 $p < .05$ 수준에서 유의하지 않았다. 그러나 많은 양의 lycopene을 함유하고 있는 채소 주스와 토마토 혼합 주스가 당근 주스에 비하여 혈청 lycopene 함량 변화에 다소 영향을 준 것으로 나타났다.

공급 기간과 주스 종류에 따른 혈청 lutein 함량 변화의 효과는 $p < .05$ 수준에서 유의하지 않았다.

결론적으로, 주스 공급에 따른 혈청 retinol과 β -carotene 함량 변화는 공급 기간에 따라 각각 $p < .05$, $p < .01$ 수준에서 유의하였으나 주스 종류에 따른 효과는 없었다. 또한 lycopene, lutein 함량 변화는 각각 $p < .05$ 수준에서 공급 기간과 주스 종류에 따른 효과가 없었다.

■ 감사의 글

채혈 및 혈청분리 작업을 수행해 주신 한국교원대학교 보건진료소 김찬호, 정정숙님께 감사드립니다.

Literature cited

- 1) '94 국민영양조사결과보고서. 보건복지부, 1994
- 2) Peto R, Doll R, Buckley JD, Sporn MB. Can dietary beta-carotene materially reduce human cancer rates. *Nature* 290 : 201-208, 1981
- 3) Wolf G & Phil D. Is dietary β -carotene an anti-cancer agent. *Nutr Rev* 40 : 257-261, 1982
- 4) Anonymous. Vitamin A, retinol, carotene, and cancer prevention. *Brit Med J* 281 : 957-958, 1980
- 5) Gey KF. On the antioxidant hypothesis with regard to arteriosclerosis. *Bibl Nutr Dieta* 37 : 53-91, 1986

- 6) Shekelle RB, Lepper M, Liu S, Maliza C, Raynor Jr WJ, Rossos AA, Paul O, Shryock AM, Stamler J. Dietary vitamin A and risk of cancer in the Western Electric study. *The Lancet* 28 : 1185-1190, 1981
- 7) Forman MR, Lanza E, Young L, Holden JM, Graubard BI, Beecher GR, Melitz M, Brown ED, Smith JC. The correlation between two dietary assessments of carotenoid intake and plasma carotenoid concentrations : Application of a carotenoid food-composition database. *Am J Clin Nutr* 58 : 519-524, 1993
- 8) Kim Y, English C, Reich P, Gerber LE, Simpson KL. Vitamin A and carotenoids in human milk. *J Agric Food Chem* 38 : 1930-1933, 1990
- 9) Simpson KL, Chichester CO. Metabolism and nutritional significance of carotenoids. *Ann Rev Nutr* 1 : 351-374, 1981
- 10) Rautalahti M, Albanes D, Haukka J, Roos R, C-G Gref, Virtamo J. Seasonal variation of serum concentrations of β -carotene and α -tocopherol. *Am J Clin Nutr* 57 : 551-556, 1993
- 11) Olmedilla B, Granado F, Blanco I, Rojas-Hidalgo E. Seasonal and sex-related variations in six serum carotenoids, retinol, and α -tocopherol. *Am J Clin Nutr* 60 : 106-110, 1994
- 12) Prince MR, Frisoli JK. Beta-carotene accumulation in serum and skin. *Am J Clin Nutr* 57 : 175-181, 1993
- 13) Carughi A, Hooper FG. Plasma carotenoid concentrations before and after supplementation with a carotenoid mixture. *Am J Clin Nutr* 59 : 896-899, 1994
- 14) 이화숙. HPLC를 이용한 녹색 채소의 베타-카로틴과 루틴의 함량 분석, 한국교원대학교 석사논문, 1994
- 15) Heinonen MI, Ollilainen V, Linkola EK, Varo PT, Koivisto PE. Carotenoids in Finnish foods : Vegetables, fruits and berries. *J Agric Food Chem* 37 : 655-659, 1989
- 16) Khachik F, Beecher GR, Goli MB, Lusby WR. Separation and quantitation of carotenoids in foods. *Methods in Enzymol* 213 : 347-359, 1982
- 17) Zakaria M, Simpson K, Brown PR, Krstulovic A. Use of reversed-phase high-performance liquid chromatographic analysis for the determination of provitamin A carotenoids in tomatoes. *J Chromatogr* 176 : 109-117, 1979
- 18) Bureau JL, Bushway RJ. HPLC determination of carotenoids in fruits and vegetables in the United states. *J Food Sci* 51 : 128-130, 1986
- 19) Arroyave G, Chichester CO, Flores H, Glouer J, Mejia LA, Olson JA, Simpson KL, Underwood BA. Biochemical Methodology for the Assessment of Vitamin A Status. pp.72, A Report of the International Vitamin A consultative Group, 1982
- 20) Davies BH. Carotenoids in Chemistry and Biochemistry of Plant Pigments. IW Goodwin ed. pp.150-153, Aca-

- demic Press, 1983
- 21) Bieri JG, Tolliver TJ, Catignani GL. Simultaneous determination of α -tocopherol and retinol in plasma or red cells by high pressure liquid chromatography. *Am J Clin Nutr* 32 : 2143-2149, 1979
 - 22) Wahed MA, Alvarez JO, Khaled MA, Rahman DM, Habte D. Comparison of the modified relative dose response(MRDR) and the relative dose response(RDR) in the assessment of vitamin A status in malnourished children. *Am J Clin Nutr* 61 : 1253-1256, 1995
 - 23) Bulux J, De Serrano JQ, Giuliano A, Perez R, Lopez CY, Rivera C, Solomons NW, Canfield LM. Plasma response of children to short-term chronic β -carotene supplementation. *Am J Clin Nutr* 59 : 1369-1375, 1994
 - 24) Micozzi MS, Brown ED, Edwards BK, Bieri JG, Taylor PR, Khachik F, Beecher GR, Smith Jr JC. Plasma carotenoid response to chronic intake of selected foods and β -carotene supplements in men. *Am J Clin Nutr* 55 : 1120-1125, 1992
 - 25) Brown ED, Micozzi MS, Craft NE, Bieri JG, Beecher G, Edwards BK, Rose A, Taylor PR, Smith Jr JC. Plasma carotenoids in normal men after a single ingestion of vegetables or purified β -carotene. *Am J Clin Nutr* 49 : 1258-1265, 1989
 - 26) van Poppel G, Hospers J, Buytenhek R, Princen HMG. No effect of β -carotene supplementation on plasma lipoproteins in healthy smokers. *Am J Clin Nutr* 60 : 730-734, 1994