

Effect of Kale Juice on Serum Lipid Levels & Phospholipid Fatty Acid Composition in Hypercholesterolemic Men

Eun Jung Chung¹, Eugene Shim² and Soo Yeon Kim^{3*}

¹Division of General Studies, Kangnam University, Yongin 446-702, Korea

²National Hypertension Center, Yonsei University Health System, Seoul 120-749, Korea

³Department of Food and Nutrition, Sogang Women's College, Seoul 100-751, Korea

Received October 5, 2012 / Revised October 26, 2012 / Accepted November 5, 2012

The aim of this study was to evaluate the effect of kale (*Brassica oleracea acephala*) juice supplementation on serum lipid levels and phospholipid (PL) fatty acid compositions in hypercholesterolemic men. Thirty-two men with hypercholesterolemia (>200 mg/dl) were recruited among the faculty and staff at Y University after annual health examinations. The subjects consumed 150 ml of kale juice per day for a 12-week intervention period. Dietary and anthropometric assessments were performed before and after supplementation, respectively, to ensure that the subjects maintained their usual diet and lifestyle throughout the intervention. Serum concentrations of HDL-cholesterol and the ratio of HDL-cholesterol to LDL-cholesterol were significantly increased ($p<0.001$) after intervention. Serum LDL-cholesterol concentration and atherogenic index were significantly reduced ($p<0.001$). Levels of 12:0, 14:0, 18:1 ω 9, 18:3 ω 6, and sum of monounsaturated fatty acids (MUFA) in serum phospholipid (PL) were significantly increased, while 22:4 ω 6 level was significantly reduced ($p<0.05$). It can be speculated that kale juice, containing large amounts of antioxidant nutrients, contributes to changes of serum-PL-fatty acid compositions and the improvements of serum lipid profiles. This study demonstrates the supplementation of regular meals with kale juice may favorably affect serum lipid profiles and serum-PL fatty acid compositions and, hence, could lower the risks of coronary artery disease in men with hypercholesterolemia.

Key words : Kale juice, hypercholesterolemia, lipid profiles, serum phospholipid-fatty acid

서 론

2009년 한국인의 주요 사망원인 보고서에 의하면 암에 이어 수위를 차지하는 뇌혈관질환, 심장질환, 당뇨병 등의 심혈관계질환에 의한 사망률이 20% 이상이며 이들 질환의 발병률은 지속적으로 증가하는 것으로 나타났다[2].

심혈관계질환의 주요 위험요인은 고지혈증, 고혈압, 고혈당 등의 질병요인과 흡연, 운동, 식사 등의 건강행동 등으로 다양하며 특히 고지혈증, 고혈압, 고혈당의 경우 식생활에 의해 가장 영향을 많이 받는 것으로 알려졌다[16]. 특히 과일 및 채소류에 다량 함유된 항산화 영양소가 심혈관계질환 예방에 효과적인 것으로 알려지면서[25,34] 식품으로 섭취하는 것 뿐 아니라 건강보조식품으로서 단일 영양소 보충에 대한 관심이 매우 높다. 그러나 ATBC, CARET 등의 대규모 임상연구 [33,36]에서 과량의 합성 형태의 β -카로틴 복용으로 인한 폐암 발생 증가가 보고되면서 합성된 단일 항산화제의 보충보다 식사를 통한 과일 및 채소류 섭취의 증가가 권장되고 있다. 한국인 권장식사패턴[7]에 의하면 성인에게 채소류는 매일 7

회, 과일류는 남자 3회, 여자 2회 섭취할 것을 권장하고 있으나 한국인의 과일류 섭취는 지난 10여 년 간 약간 증가되었을 뿐이고 채소류 섭취는 오히려 감소한 것으로 나타났다[27].

따라서 일일 섭취 권장량에 맞게 충분한 채소류 및 과일류 섭취를 하지 못하는 사람들의 경우 이를 보충할 수 있는 효과적인 방법으로 식사와 병행하여 주스 형태의 과일 및 채소 섭취가 증가되고 있고, 특히 항산화 영양성분을 많이 함유하고 있는 녹즙의 질병 예방에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다 [5,9,17]. 영양소의 흡수율은 조리방법에 따라 차이를 보이는데, 생 당근보다 같은 양의 당근을 주스로 섭취한 후에 β -카로틴의 혈청 농도가 증가되는 것으로 나타나[37] 생 채소를 마쇄하여 제조한 녹즙도 항산화 영양소를 포함한 기타 영양소의 흡수를 증가시켜 채소 형태로 섭취할 때보다 생리적 유용성을 클 것으로 사료된다.

겨자와 채소(케일, 신선초, 브로콜리, 컬리플라워 등)에는 비타민, 무기질 뿐 아니라 다양한 phytochemical이 다량 함유되어 있어 녹즙의 재료로 많이 사용되고 있다[6,24]. 특히 케일 (*Brassica oleracea acephala*)은 엽산의 함량이 3.5 ug/g로 월등히 높아서 혈중 호모시스테인 농도를 감소시킴으로써 심혈관계 질환을 예방하는 것으로 보고된 바 있다[1,15]. 또한 녹즙의 재료로 널리 사용되고 있는 케일, 명일엽, 당근 및 돌미나리의

*Corresponding author

Tel : +82-2-3708-9247, Fax : +82-2-3708-9121

E-mail : potomac100@gmail.com

항산화능과 DNA 손상억제 효과를 비교한 결과 케일 녹즙의 효과가 가장 큰 것으로 나타났다[19].

선행연구[21]에서 케일 녹즙이 관상동맥질환 위험요인에 미치는 영향을 항산화체계를 중심으로 살펴본 결과 케일 녹즙 섭취로 인해 항산화 무기질 농도 및 효소 활성이 증가되었으나 과산화지표인 malondialdehyde (MDA) 농도에는 변화가 없었다. Miller 등[26]은 체내의 MDA 농도는 항산화영양소의 섭취량보다 다양한 지방산의 섭취비율 및 체내 지방산 조성에 의해 더 큰 영향을 받는다고 보고하여, 녹즙의 효과를 살펴볼 때 혈중 항산화체계 뿐 아니라 지질수준 및 혈청 인지질 지방산 분석도 필요할 것으로 보인다.

따라서 본 연구에서는 고콜레스테롤혈증 성인 남자를 대상으로 12주간 케일녹즙 중재실험을 통해 실험 전과 후의 혈중 지질농도와 혈중 지방산 조성의 변화를 살펴보았다.

재료 및 방법

연구 대상자

Y 대학교 보건소에서 건강검진을 받은 성인 남자 중에서 다음의 조건을 충족한 37명을 1차 연구대상자로 선정하였다; 1) 혈중 콜레스테롤 농도가 200 mg/dl 이상이며 중성지방 농도가 정상인 경우, 2) 심혈관계질환, 간질환, 소화기질환 및 신장질환 병력이 없는 경우, 3) 알콜중독 병력이 없는 경우, 4) 최근 6개월간 지질 저하제 및 건강기능식품을 복용하지 않은 경우 등 37명의 1차 대상자 가운데 케일녹즙 중재실험에 참여하기로 동의한 34명을 대상으로 케일녹즙 중재실험을 시작 하였다.

연구 프로토콜

34명의 대상자들은 보건소를 방문하여 훈련된 연구원에 의해서 식이조사 및 인체계측을 하였다. 중재실험 시작 전 2주간의 적응기간 동안 대상자들은 평상시 식사패턴 및 생활패턴을 유지하도록 교육받았다. 적응기간 후 두 번째로 보건소를 방문하여 혈액채취와 식이 및 인체계측을 하였다(week 0). 케일 녹즙((주)풀무원 제조)(이하 녹즙)을 하루 1병씩(150 ml, 케일 167 g) 냉장온도를 유지 할 수 있도록 제작된 용기에 넣어 대상자에게 배달하였고 하루 중 원하는 시간에 섭취하도록 권장하였다. 실험기간 12주 동안 모든 대상자는 평상시 식사 및 생활패턴을 유지하도록 교육 받았다.

섭취 2주째에 녹즙섭취를 시작한 초기 대상자 34명 가운데 2명이 간헐적인 설사 증상을 호소하여 섭취를 중단하여 최종 32명의 대상자가 12주 동안 녹즙 중재실험에 참여하였다. 이들 32명을 대상으로 연구종료 후 두 번째 혈액채취와 식이 및 인체계측을 실시하여(12 wk) 녹즙 중재로 인한 차이를 비교하였다. 모든 피험자로부터 서면 동의를 취득하였으며 임상연구계획서는 연세대학교 윤리위원회의 사전 승인을 득하였

다. 녹즙에 대한 순응도를 조사하기 위해 2주에 한 번씩 대상자에게 전화로 참여 지속 여부를 체크하였다.

케일녹즙의 영양성분

녹즙 1병(150 ml)에 함유되어 있는 영양소 함량을 Table 1에 나타내었다.

인체계측 및 식사섭취 조사

연구대상자의 성별, 연령, 신장, 체중, 운동, 흡연, 음주 등의 일반사항은 설문지를 통한 직접면접법에 의해서 조사하였다. 혈압은 아침 공복상태에서 수은혈압계를 이용하여 측정하였으며 세 번 반복 측정값의 평균치를 사용하였다. 영양소 섭취상태를 24 시간 회상법으로 조사하였으며, 이 때 일상적인 섭취와 차이가 큰 경우에는 평상시의 섭취를 조사 자료에 반영하였다. 또한 12주간의 녹즙 중재실험 후의 영양소 섭취상태를 다시 조사하여 녹즙 섭취 전과 후의 영양소 섭취에 변화가 있었는지를 비교 평가하였다.

혈액 성분의 분석

중재실험 0주와 12주째에 각각 대상자의 공복 시 혈액을 채취하여 혈청을 분리한 후, 혈청 지질수준과 지방산 조성 분석을 위하여 -70℃에 보관하였다.

혈청 지질농도

혈청의 총 콜레스테롤, HDL-콜레스테롤 및 중성지방의 농도는 효소 비색법을 이용한 분석 kit (Eiken Chemical Co., Japan)를 사용하여 측정하였다. LDL cholesterol 농도는 Friedewald [13] 등의 공식에 의해서 산출하였고, atherogenic index 역시 다음과 같은 공식(total cholesterol-HDL cholesterol)/HDL-cholesterol)에 의해 산출하였다.

Table 1. Composition of kale juice per 150 ml portion

Nutrients	Composition
Moisture (g)	143.0
Protein (g)	1.15
Fat (g)	0.3
Total fiber (g)*	0.75
Ash (g)	1.59
Ca (mg)	101.0
Fe (mg)	0.32
Na (mg)	74.5
β-Carotene(g)	2004
Vitamin B ₁ (mg)	0.3
Vitamin B ₂ (mg)	0.15
Vitamin C (mg)	172.5
Folate (g)	523.7

Source: R & D Center, Pulmuone Co. Ltd.

*Content of total fiber was analyzed by Korea Health Industry Development Institute.

혈청 인지질의 지방산 조성

Folch법[11]으로 혈장의 chloroform-methanol 용액(2:1, v/v)으로 지질을 추출하였으며, 인지질 성분을 분리하기 위하여 thin layer chromatography (TLC)를 이용하였다. 혈청의 인지질분획에 포함된 지방산조성 분석을 위해 지방산을 메틸화한 후 일정량을 fused-silica boned capillary column (Omega wax320, Supelco, USA; 30 cm×0.32 mm)과 flame ionization detector가 부착된 gas-liquid chromatography (GLC, Hewlett Packard 5890A, USA) 기기에 주입시켰으며, internal standard로는 heptadecaenoic acid (HA, 17:0, Nu Check Prep. Inc., USA)를 사용하였다. GLC의 oven 온도는 200℃로, injection port 및 detection port의 온도는 260℃로 각각 조정하였으며, carrier gas로 사용된 헬륨의 유속은 1 ml/min로, 그리고 split ratio는 10:1로 조절하였다. 동일한 조건하에서 분석된 표준지방산 용액(GLC 87A, Nu Check Prep. Inc., USA)의 retention time을 이용하여 각 지방산 peak를 확인하였고, 각 지방산의 함량은 internal standard로 사용된 HA를 이용하여 총 지방산량을 계산한 뒤 백분율로 표시하였다.

통계분석

본 연구의 자료는 SPSS 통계 프로그램(SPSS Inc., Chicago, IL, USA, version 11.0)을 이용하여 분석하였다. 모든 자료는 평균±표준오차로 나타내었으며, 중재실험 전후 차이는 명목 변수는 χ^2 -test로, 연속변수는 paired t-test를 실시하여 검정하였다. 통계적 유의성은 $p < 0.05$ 수준에서 검정하였다.

결과 및 고찰

신체계측, 생활습관 및 열량 영양소 섭취

연구대상자의 평균 연령은 44.9세이다. 대상자의 체질량 지수, 허리둘레 등 신체계측치는 중재실험 전에 정상범위에 속하였으며 실험 후에 유의한 변화가 보이지 않았다. 혈압의 경우 실험 전의 수축기 혈압은 132.2 mmHg, 이완기 혈압은 81.5 mmHg로 고혈압(고혈압 진단기준 140/90 mmHg 이상)은 아니지만 '고혈압 전단계'로 분류되어 예의주시하도록 권고하는 범위였으며[4] 실험 후에 유의한 변화가 없었다. 대상자들의 흡연 및 음주 습관과 규칙적 운동여부도 중재실험 전과 후에 차이가 없어서 생활 습관 변화로 인한 혈중 지질농도 및 지방산조성에 미칠 수 있는 영향을 배제할 수 있었다(Table 2).

연구대상자의 열량 영양소 섭취량도 중재실험 전과 후에 유의한 차이를 보이지 않아 녹즙 이외의 영양소 섭취가 혈중 지질농도 및 지방산조성에 영향을 미치지 않았음을 알 수 있다(Table 3).

Table 2. General characteristics of subjects

	week 0	week 12	significance ³⁾
age (yrs)	44.9±1.5 ¹⁾	-	
BMI (kg/m ²)	24.7±0.34	24.5±0.34	NS
waist circumference (cm)	91.1±0.85	90.2±0.94	NS
Blood Pressure			
SBP (mmHg)	132.2±2.60	131.9±2.86	NS
DBP (mmHg)	81.5±1.47	82.1±1.25	NS
Smoking			
non-smoker	23(60) ²⁾	23(62)	
smoker	15(40)	13(35)	NS
ex-smoker	0(0)	1(3)	
Alcohol Drinking			
non-drinker	23(65)	24(68)	
drinker	13(35)	12(32)	NS
Exercise			
non-exercise	21(57)	19(56)	
regular exercise	16(43)	15(44)	NS

¹⁾Mean±SE

²⁾n(%)

³⁾Significant difference was tested by paired t-test for continuous variables and chi-square test for categorical variables at $p < 0.05$. BMI: body mass index, SBP: systolic blood pressure, DBP: diastolic blood pressure, smoker: 5 or more cigarettes/day, drinker: 2 or more drinks/day, regular exercise: more than 30 min/day and more than 3 times/week

Table 3. Daily nutrient intakes of subjects

	week 0	week 12
Calorie (kcal)	1648±48	1677±33
Protein (g)	65.4±1.97	64.6±1.6
Carbohydrates (g)	263.4±7.28	268.3±7.31
Fat (g)	32.4±1.17	32.4±0.97

Mean±SE

None of the values at week 12 are significantly different from the values at week 0.

혈청 지질농도

혈청 지질농도의 변화를 Table 4에 나타내었다. 총 콜레스테롤 및 중성지방 농도는 녹즙 중재 전과 후에 유의한 차이가 없었다. 반면 중재 실험 후 HDL-콜레스테롤 농도는 유의하게 증가하였고, LDL-콜레스테롤 농도는 유의하게 감소하여 atherogenic index가 녹즙 섭취 후 유의하게 감소하였다.

미국 국립콜레스테롤 교육프로그램(National Cholesterol Education Program, NCEP)[10]에 의하면 복부비만, 당대사이상, 고혈압전단계이상의 혈압, 중성지방 상승과 더불어 HDL-콜레스테롤의 농도가 남성 40 mg/dl, 여성 50 mg/dl 미만인 조건 중에 세 가지 이상에 해당하면 대사증후군으로 진단하게 된다. 미국의 경우 정상인의 대사증후군 이환율이 약 25%이며 관상동맥질환자의 대사증후군 이환율은 약 50%인 것으로 알

Table 4. Effect of Kale juice on serum lipid profiles of subjects

	week 0	week 12
total cholesterol (mg/dl)	239.8±7.37	226.5±7.09
HDL-Cholesterol (mg/dl)	40.3±1.53	49.0±2.26***
LDL-Cholesterol (mg/dl)	178.1±7.35	150.2±8.62***
triglyceride (mg/dl)	107.0±7.76	129.8±10.21
atherogenic index	5.05±0.26	3.72±0.22***

Mean±SE

***: Significantly different by paired t-test at $p < 0.001$.

atherogenic index: (total cholesterol-HDL-cholesterol)/HDL-cholesterol

려졌다[12]. 따라서 녹즙섭취 후에 HDL-콜레스테롤이 증가된 것은 심혈관계질환의 예방차원에서 대사증후군을 관리할 수 있는 효과적인 방법이라고 사료된다.

혈중 중성지방 수준은 정상이고 총 콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤 수준이 높은 성인에게 4주간 매일 오렌지 주스 세 컵씩을 섭취시킨 연구[23]에서는, 총 콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤 수준은 변화가 없으나 HDL-콜레스테롤 수준이 유의하게 증가하여 본 연구결과와 유사하였다. 또한 혈중 지질농도가 정상수준인 성인에게 고지방식사를 공급한 후 항산화 영양소가 풍부한 여러 가지 채소즙을 분말로 정제하여 만든 알약을 4개월간 공급한 연구[32]에서도 총 콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤 수준이 유의하게 감소하여 혈중 지질패턴이 개선된 것으로 보고되어 과일 및 채소즙에 의한 항산화 영양소의 공급이 혈중 지질패턴을 개선시킬 수 있음을 알 수 있다.

식물성 식품에 풍부한 식이섬유는 체내 콜레스테롤의 흡수를 억제하고 배설을 촉진시킴으로써 고섬유 식사가 고콜레스테롤혈증인 성인의 혈중 지질 농도를 개선해 주는 것으로 알려져 있지만[14,28] 본 중재실험용 녹즙 1병에 함유된 총 식이섬유소는 매우 소량(0.75 g)으로 본 연구에서 나타난 녹즙의 지질개선 효과에 영향을 미치지 않았을 것으로 사료된다.

혈청 인지질 지방산 조성

녹즙 중재실험 전과 후의 혈청 인지질 내 지방산 조성을 Table 5에 나타내었다. 혈청 내 총 지방산 조성 보다 인지질 지방산 조성의 변화가 식이섭취의 변화를 더 잘 나타내주는 지표로 알려져 있는데[30] 본 연구에서 총 지방산 조성의 변화 패턴(unpresented data)에 비해, 인지질 지방산 조성의 변화는 비교적 일정한 변화 패턴을 보여주고 있으며, 인지질 지방산 중 12:0, 14:0, 18:1ω9, 18:3ω6 조성 및 총 단일불포화지방산 조성은 유의하게 증가하였고 22:4ω6는 유의하게 감소하였다.

산화스트레스의 지표인 MDA 농도가 체내 지방산 조성에 의해 영향을 받는 것으로 보고된 바 있다[26]. 혈청 인지질 지방산 조성 분석 결과 녹즙 중재 전과 후로 불포화지방산 조성의 변화가 뚜렷하지 않은 것으로 미루어 선행연구[20]에서 녹

Table 5. Effect of Kale juice supplementation on serum phospholipid-fatty acid compositions of subjects (unit:%)

	week 0	week 12
12:0	3.74±0.70	6.99±1.51*
14:0	1.08±0.11	2.68±0.22*
16:0	30.4±0.72	32.3±1.55
18:0	14.1±0.47	13.2±0.61
20:0	0.52±0.08	0.66±0.25
22:0	1.11±0.10	1.06±0.12
16:1	1.12±0.13	2.13±0.91
18:1	8.29±0.27	13.6±0.67*
20:1	0.41±0.12	0.48±0.17
22:1	0.94±0.18	0.91±0.33
24:1	1.62±0.13	2.48±0.74
18:3(ω3)	0.68±0.18	0.91±0.36
20:3(ω3)	1.23±0.27	1.50±0.40
20:5(ω3)	0.98±0.17	1.16±0.40
22:5(ω3)	0.92±0.17	0.31±0.07
22:6(ω3)	2.00±0.23	1.84±0.35
18:2(ω6)	11.6±0.57	12.6±0.93
18:3(ω6)	0.47±0.13	3.94±1.33*
20:3(ω6)	1.24±0.10	1.43±0.16
20:4(ω6)	3.71±0.27	3.22±0.44
22:4(ω6)	2.87±0.43	1.28±0.28*
22:5(ω6)	0.77±0.16	0.57±0.11
Σ PUFA	26.5±1.01	28.8±1.77
Σ MUFA	12.4±0.39	19.6±1.28*
Σ SFA	51.0±1.16	46.5±1.89
Σ ω6	20.7±0.75	23.0±1.59
Σ ω3	5.81±0.52	5.69±0.64

Mean±SE

*: Significantly different by paired t-test at $p < 0.05$

즙 보충 후에 지질과산화 지표에는 변화가 없었던 것으로 사료된다.

다른 심혈관질환 위험요인은 동반하지 않은 고콜레스테롤혈증인 환자에게 콜레스테롤 조절을 위해서 타우린을 8주간 복용시킨 연구[31]에서 복용 4주째에 혈장 인지질의 22:4ω6와 20:3ω3 조성이 감소하였으며, 복용 8주째에는 포화지방산인 14:0은 증가하고 22:0은 감소하였는데 이는 식이 중재실험을 통해서 혈청 콜레스테롤 농도 뿐 아니라 인지질 지방산조성의 변화도 초래한 본 연구결과와 유사한 결과이다.

녹즙중재 후에 혈청 인지질 12:0과 14:0 등의 포화지방산 조성이 증가하였으며, HDL-콜레스테롤 수준 역시 증가하였는데 Temme 등의 연구[35]에서는 정상 성인에게 올레산(18:1 ω9) 대신에 14:0이 풍부한 식사를 6주간 섭취시킨 결과, 혈중 HDL-콜레스테롤 수준이 증가하였을 뿐 아니라 LDL-콜레스테롤 수준도 증가하여 결과적으로 총 콜레스테롤 수준이 증가하였다. 따라서 본 연구에서는 녹즙섭취 결과 포화지방산은 증가된 반면 LDL-콜레스테롤 수준이 감소하였으므로 포화지

방산의 증가보다는 녹즙의 항산화 영양소가 혈액의 지질 패턴에 미친 영향이 더 큰 것으로 사료된다.

10% 내외의 조성 비율을 차지하는 주요 지방산 중 녹즙 섭취로 인해 유의한 변화를 보인 지방산은 올레산(18:1 ω 9)으로 55~58% 증가하였다. 올레산은 다중불포화지방산 못지않게 혈중 콜레스테롤 농도를 감소시킬 뿐 아니라, 다중불포화지방산보다 이중결합수가 적어 LDL-콜레스테롤의 산화 정도를 감소시켜 관상동맥질환 등의 심혈관계질환의 위험요소를 줄여주는 지방산으로 잘 알려져 있다[22]. 식사 내 지방함량은 동일하지만 올레산이 풍부한 단일불포화지방산 식사를 정상 성인에게 4주간 섭취시킨 결과, 포화지방산 식사군보다 CETP (cholesterol ester transfer protein) 농도와 함께 LDL-콜레스테롤 농도가 감소됨이 보고되었다[18]. 즉 CETP는 HDL-콜레스테롤로부터 콜레스테롤을 apo-B 함유 지단백질로 이전시켜주는 단백질로 이 단백질의 농도가 증가할수록 동맥경화증이 증가하게 되므로, 올레산이 풍부한 단일불포화지방산 식사가 CETP 농도를 낮춤으로써 혈중 지질농도를 개선하는 것으로 사료된다.

풀과 곡류를 사료로 각각 사육한 소의 조직을 분석한 연구[8]에서 풀로 사육한 경우, 곡류로 사육한 소의 조직에 비해 β -카로틴, 비타민 E 및 SOD (superoxide dismutase) 등의 항산화 물질 뿐 아니라 스테아르산(C18:0), CLA (C18:2) 이성질체와 n-3계 지방산 조성도 높게 나타나서 인체에서도 녹즙섭취로 인한 지방산 개선효과와 지질 개선효과의 관련성을 시사해 주고 있다. 녹즙이 혈중 지질패턴에 미치는 효과에 비해 혈청 인지질 지방산 조성에 미치는 영향이 크지는 않았는데 이는 식이조성을 변화시킬 경우에 4~5주째에는 혈청 인지질의 지방산 조성 변화가 상쇄되어 식이 변화 이전의 단계로 되돌아가는 것을[20,29] 고려해볼 때 예상할 수 있는 결과로 볼 수 있다. 그러나 이러한 현상에 대해 Park 등[31]은 변화된 식사의 섭취기간이 경과됨에 따라 혈장, 간 및 지방조직 사이에서 유리지방산의 활발한 상호교환이 진행되어 혈청의 인지질 지방산조성에 적응현상이 일어난 것으로 설명하였다. 따라서 혈청 인지질의 지방산 조성은 단기간의 지방산 섭취패턴의 변화를 반영하는 반면, 지방조직의 지방산조성은 장기간의 식사 지방산의 패턴을 반영하므로[33], 12주간의 녹즙 보충은 혈장 인지질의 지방산 조성은 비교적 일정하게 유지시켜주지만 지방조직의 지방산조성에 변화를 초래함으로써 고콜레스테롤 환자의 혈중 지질농도를 개선시키는 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구를 위해 케일 녹즙을 제공해 주신 (주)풀무원 녹즙에 감사드립니다.

References

- Bendich, A. 2004. From 1989 to 2001: What have we learned about the "Biological actions of beta-carotene"? *J. Nutr.* **134**, 225S-230S.
- Broekmans, W. M., Klopping-Ketelaars, I. A., Schuurman, C. R., Verhagen, H., van den Berg, H., Kok, F. J. and van Poppel, G. 2000. Fruits and vegetables increase plasma carotenoids and vitamins and decrease homocysteine in humans. *J. Nutr.* **130**, 1578-1583.
- Cause of death statistics. Statistics Korea (KOSTAT) 2010. <http://kostat.go.kr>
- Chobanian, A. V., Bakris, G.L., Black, H. R., Cushman, W. C., Green, L. A., Izzo, J. L. Jr, Jones, D. W., Materson, B. J., Oparil, S., Wright, J. T. Jr and Roccella, E. J. National heart, lung, and blood institute joint national committee on prevention, detection, evaluation, and treatment of high blood pressure; national high blood pressure education program coordinating committee. 2003. The Seventh Report of the Joint National Committee on Prevention, Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure: the JNC 7 report. *JAMA* **289**, 2560-2572.
- Chung, E. J., Kim, S. Y., Nam, Y. J., Park, J. H., Hwang, H. J. and Lee-Kim, Y. C. 2005. Effects of kale juice powder on serum lipids, folate and plasma homocysteine level in growing rats. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **34**, 1175-1181.
- Chung, S. Y., Kim, H. W. and Yoon, S. 1999. Analysis of antioxidant nutrients in green yellow vegetable juice. *Korean J. Food Sci. Technol.* **31**, 880-886.
- Dietary Reference Intakes for Koreans. 2010. The Korean Nutrition Society.
- Daley, C. A., Abbott, A., Doyle, P. S., Nader, G. A. and Larson, S. 2010. A review of fatty acid profiles and antioxidant content in grass-fed and grain-fed beef. *Nutr. J.* **9**, 10-22.
- Esfahani, A., Wong, J. M., Truan, J., Villa, C. R., Mirrahimi, A., Srichaikul, K. and Kendall, C. W. 2011. Health effects of mixed fruit and vegetable concentrates: a systematic review of the clinical interventions. *J. Am. Coll. Nutr.* **30**, 285-294.
- Expert Panel On Detection, Evaluation, And Treatment Of High Blood Cholesterol In Adults. 2001. Executive Summary of the Third Report of the National Cholesterol Education Program (NCEP) Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults (Adult Treatment Panel III). *JAMA* **285**, 2486-2489.
- Folch, J., Lees, M. and Sloane-Stanley, G. H. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.* **2**, 497-509.
- Ford, E. S., Giles, W. H. and Dietz, W. H. 2002. Prevalence of metabolic syndrome among US adults: findings from the third National Health and Nutrition Examination Survey. *JAMA* **287**, 356-359.
- Friedwald, W. T., Levy, R. I. and Fredricson, D. S. 1972. Estimation of low density lipoprotein cholesterol in plasma

- without use of the preparative ultracentrifuge. *Clin. Chem* **18**, 499-502.
14. Gardner, C. D., Coulston, A., Chatterjee, L., Rigby, A., Spiller, G. and Farquhar, J. W. 2005. The effect of a plant-based diet on plasma lipids in hypercholesterolemic adults: a randomized trial. *Ann. Intern. Med* **142**, 725-733.
 15. Gordon, M. H. 2012. Significance of dietary antioxidants for health. *Int. J. Mol. Sci.* **13**, 173-179.
 16. Huffman, M. D., Capewell, S., Ning, H., Shay, C. M., Ford, E. S. and Lloyd-Jones, D. M. 2012. Cardiovascular health behavior and health factor changes (1988-2008) and projections to 2020; results from the National Health and Nutrition Examination Surveys. *Circulation* **125**, 2595-2602.
 17. Hung, H. C., Josphipura, K. J., Jiang, R., Hu, F. B., Hunter, D., Smith-Warner, S. A., Colditz, G. A., Rosner, B., Spiegelman, D. and Willett, W. C. 2004. Fruit and vegetable intake and risk of major chronic disease. *J. Natl. Cancer Inst.* **96**, 1577-1584.
 18. Jansen, S., Lopez-Miranda, J., Castro, P., Lopez-Segura, F., Marin, C., Ordovas, J. M., Paz, E., Jimenez-Perez, J., Fuentes, F. and Perez-Jimenez, F. 2000. Low-fat and high-monounsaturated fatty acid diets decrease plasma cholesterol ester transfer protein concentrations in young, healthy, normolipemic men. *Am J. Clin. Nutr.* **72**, 36-41.
 19. Joen, E. J., Kim, J. S., Park, Y. K., Kim, T. S. and Kang, M. H. 2003. Protective effect of yellow-green vegetable juices on DNA damage in chinese hamster lung cell using comet assay. *Kor. J. Nutr.* **36**, 24-31.
 20. Jung, K., Kim, S., Woo, J. and Chang, Y. 2002. The effect of dietary intervention through the modification of fatty acids composition and antioxidant vitamin intake on plasma TXB(2) level in Korean postmenopausal women with hypercholesterolemia. *J. Kor. Med. Sci.* **17**, 307-315.
 21. Kim, S. Y., Yoon, S., Kwon, S. M., Park, K. S. and Lee-Kim, Y. C. 2008. Kale juice improved coronary artery disease risk factors in hypercholesterolemic men. *Biol. Environ. Sci.* **21**, 91-97.
 22. Kris-Etherton, P. M. 1999. Monounsaturated fatty acids and risk of cardiovascular disease. *Circulation* **100**, 1253-1258.
 23. Kurowska, E. M., Spence, J. D., Jordan, J., Wetmore, S., Freeman, D. J., Piche, L. A. and Serratore, P. 2000. HDL-cholesterol-raising effect of orange juice in subjects with hypercholesterolemia. *Am J. Clin. Nutr.* **72**, 1095-1100.
 24. Liu, R. H. 2003. Health benefits of fruit and vegetables are from additive and synergistic combinations of phytochemicals. *Am J. Clin. Nutr.* **78**, 517S-520S.
 25. McCullough, M. L., Peterson, J. J., Patel, R., Jacques, P. F., Shah, R. and Dwyer, J. T. 2012. Flavonoid intake and cardiovascular disease mortality in a prospective cohort of US adults. *Am J. Clin. Nutr.* **95**, 454-464.
 26. Miller, E. R., Appel, L. J. and Risby, T. H. 1998. Effect of dietary patterns on measures of lipid peroxidation: Results from a randomized clinical trial. *Circulation* **98**, 2390-2395.
 27. National Health Statistics: Korea Health and Nutrition Examination Survey. 2010. Ministry of Health and Welfare & Korea Centers for Disease Control and Prevention.
 28. Nicolle, C., Cardinault, N., Gueux, E., Jaffrelo, L., Rock, E., Mazur, A., Amouroux, P. and Remesy, C. 2004. Health effect of vegetable-based diet: lettuce consumption improves cholesterol metabolism and antioxidant status in the rat. *Clin. Nutr.* **23**, 605-614.
 29. Oh, E. J., Kwon, J. S. and Chang, Y. K. 1997. Effect of dietary fatty acids on serum lipids and fatty acid composition of serum phospholipids in men. *Kor. J. Nutr.* **30**, 415-424.
 30. Oh, K. W., Lee, S. I., Song, K. S., Nam, C. M., Kim, Y. O. and Lee, Y. C. 1995. Fatty acid intake pattern and compositions of serum phospholipids-fatty acids of the Koreans Adults. *Kor. J. Lipidol.* **5**, 153-165.
 31. Park, T. S., Chung, E. J., Um, Y. S., Oh, J. Y. and Lee, Y. C. 1998. Effects of oral taurine supplementatin on plasma total and phospholipid fatty acid patterns in healthy female adults. *Kor. J. Nutr.* **31**, 1315-1323.
 32. Plotnick, G. D., Corretti, M. C., Vogel, R. A., Hesslink, R. Jr and Wise, J. A. 2003. Effect of supplemental phytonutrients on impairment of the flow-mediated brachial artery vasoactivity after a single high-fat meal. *J. Am Coll. Cardiol.* **41**, 1744-1749.
 33. Popp-Snijders, C. and Block, M. C. 1995. Omega-3 fatty acids in adipose tissue of obese patients with non-insulin-dependent diabetes mellitus reflect long term dietary intake of eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid. *Am J. Clin. Nutr.* **61**, 360-365.
 34. Shay, C. M., Ning, H., Allen, N. B., Carnethon, M. R., Chiuve, S. E., Greenlund, K. J., Daviglius, M. L. and Lloyd-Jones, D. M. 2012. Status of cardiovascular health in US adults: prevalence estimates from the National Health and Nutrition Examination Surveys (NHANES) 2003-2008. *Circulation* **125**, 45-56.
 35. Temme, E. H., Mensink, R. P. and Hornstra, G. 1997. Effects of medium chain fatty acids (MCFA), myristic acid, and oleic acid on serum lipoproteins in healthy subjects. *J. Lipid Res.* **38**, 1746-1754.
 36. Thurnham, D. I. 2007. Macular zeaxanthins and lutein-a review of dietary sources and bioavailability and some relationships with macular pigment optical density and age-related macular disease. *Nutr. Res. Rev.* **20**, 163-179.
 37. Torroen, R., Lehmusaho, M., Hakkinen, S., Hanninen, O. and Mykkanen, H. 1996. Serum β -carotene response to supplementation with raw carrots, carrot juice or purified β -carotene in healthy non-smoking women. *Nutr. Res.* **16**, 565-575.

초록 : 케일녹즙이 고콜레스테롤혈증 성인남자의 혈청 지질수준 및 인지질 지방산 조성에 미치는 영향

정은정¹ · 심유진² · 김수연^{3*}

(¹강남대학교 교양학부, ²연세대학교의료원 국민고혈압사업단, ³숭의여자대학교 식품영양과)

고콜레스테롤혈증(총 콜레스테롤 농도 200 mg/dl 이상)인 성인 남자를 대상으로 12주간 케일녹즙 증제실험을 실시하여 실험 전과 후의 혈청 지질농도와 혈청 인지질 지방산 조성의 변화를 살펴보았다. 혈청 총 콜레스테롤 및 중성지방 농도는 녹즙 섭취 전과 후에 유의한 차이를 보이지 않았으나 HDL-콜레스테롤 농도는 녹즙 섭취 후 유의하게 증가하였고, LDL-콜레스테롤은 유의하게 감소하였으며 atherogenic index 역시 녹즙 섭취 후 유의하게 감소하였다. 대상자들은 녹즙 섭취 전·후로 BMI, 허리둘레, 혈압 등의 신체계측치와 흡연, 음주 등의 생활습관 및 영양소 섭취패턴에 유의한 변화 없이 12주 증제실험기간 동안 평상시 생활패턴을 유지하였다. 실험에 사용된 녹즙에 섬유소가 거의 함유되어있지 않으므로 혈청지질 개선효과는 녹즙에 풍부한 항산화 영양소에 의한 효과로 사료된다. 녹즙섭취 후에 유의한 변화를 보인 혈청 인지질 지방산 조성 중에서 12:0, 14:0, 18:1 ω 9, 18:3 ω 6 조성 및 총 단일불포화지방산 조성은 증가하고 22:4 ω 6 조성은 감소하였다. 특히 올레산(18:1 ω 9) 조성은 55~58% 증가하였는데 다중불포화지방산 못지않게 혈중 콜레스테롤 농도를 감소시켜주며, 다중불포화지방산보다 LDL의 산화를 감소시켜 동맥경화증이나 관상심장질환의 위험을 줄여주는 지방산으로 알려져 있다. 12주간의 녹즙섭취는 혈청 인지질의 지방산 조성은 크게 변화시키지 않지만 궁극적으로 지방조직의 지방산 조성에 변화를 초래하고 이로 인해 고콜레스테롤 환자의 혈중 지질농도를 개선시켜줄 것으로 사료된다.