

2008년 국민건강영양조사에 근거한 과채류 주스 음용으로부터 한국인의 일인당 하루 총페놀, 총플라보노이드 및 항산화능 섭취량 추정

이봉한 · 김선영 · 조치흥 · 정대균¹ · 전옥경² · 김대옥*

경희대학교 식품공학과 및 생명자원과학연구원, ¹경희대학교 유전공학과 및 피부생명공학센터,
²코네티컷주립대학교 영양학과

Estimation of Daily Per Capita Intake of Total Phenolics, Total Flavonoids, and Antioxidant Capacities from Fruit and Vegetable Juices in the Korean Diet Based on the Korea National Health and Nutrition Examination Survey 2008

Bong Han Lee, Sun Young Kim, Chi Heung Cho, Dae Kyun Chung¹, Ock K. Chun², and Dae-Ok Kim*

Department of Food Science and Biotechnology and Institute of Life Sciences and Resources, Kyung Hee University

¹Department of Genetic Engineering and Skin Biotechnology Center, Kyung Hee University

²Department of Nutritional Sciences, University of Connecticut, USA

Abstract From an analysis of the daily consumption per capita (g/capita/day) in the existing dataset of the Korea National Health and Nutrition Examination Survey 2008, the top seven fruit and vegetable juices (apple, grape, mandarin, orange, pineapple, pomegranate and tomato) commercially available on the Korean market were selected and analyzed. These juices showed a wide range of levels of total phenolics, total flavonoids, and antioxidant capacities. The daily per capita intake of total phenolics from juice consumption was 11.70 mg gallic acid equivalents and that of total flavonoids was 1.65 mg catechin equivalents. The daily per capita intakes antioxidant capacities were 10.42 mg vitamin C equivalents (DPPH assay) and 13.21 mg vitamin C equivalents (ABTS assay). Daily per capita intakes of total phenolics, total flavonoids, and antioxidant capacities were influenced by the compositional content and the daily consumption of fruit and vegetable juices.

Keywords: ABTS, DPPH, daily consumption, vitamin C equivalents

서 론

소비자들의 건강에 대한 관심이 지속적으로 증가하면서, 음료 시장 역시 건강 지향적 소비 행태로 변화해 가고 있다. 이처럼 소비자들의 식품 소비가 건강 지향적 방식으로 정착됨에 따라 종래의 탄산음료 보다는 생리활성을 보이는 각종 기능성 성분이 함유되어 있는 주스류가 각광을 받고 있다(1). 우리나라가 주스 음료를 가공 생산하기 시작한 것은 1960년대 후반기부터이며, 1970년대에 들어 과일 음료에 대한 소비가 증가하면서 과일 가공 및 농축 주스 사업의 중요성이 크게 대두되었다(2).

많은 연구들에 의하면 과일 및 채소의 섭취는 건강과 밀접한 연계성이 있으며, 섭취량이 많을수록 심혈관질환, 암 등의 발병률과 사망률이 감소하는 것으로 알려져 있다(3). 또한 과채류에

있는 활성 물질들은 항산화능이 있어 암, 치매 등과 같은 퇴행성 만성 질환 등을 예방해주는 효과가 있다(4). 과채류의 생리활성 물질에는 플라보노이드(flavonoids)와 같은 페놀성 화합물(phenolic phytochemicals), 식이섬유(dietary fibers), 피토스테롤(phytosterols), 알칼로이드(alkaloids) 등이 있으며, 비록 이것들은 생체 내에서 필수 성분들은 아니지만, 건강 증진 및 보호 효과를 가지고 있다. 그 중에서 특히 대표적 식물성 화학물질인 플라보노이드와 같은 폴리페놀(polyphenols)은 자유 라디칼(free radical)에 의해서 야기되는 단백질, DNA, 지질 등의 산화적 손상으로 발병되는 암, 치매, 심혈관질환, 피부노화 등에 대해서 보호작용을 나타냄으로써 발병률을 줄여줄 수 있다(5).

일반적으로 가공하지 않은 상태의 과채류가 더 많은 생리활성 물질을 보유함으로써 건강 증진 효과를 나타낸다(6,7). 과일 및 채소를 가공한 형태인 과채류 주스 역시 건강에 이로운 활성 성분이 포함되어 있어 건강 보호 효과를 기대할 수 있다. 과채류 주스의 일반적 가공 공정인 껍질 벗기기(peeling), 얇게 썰기(slicing), 절단하기(cutting) 등의 과정에서 천연 항산화제의 역할을 하는 페놀성 화학물질, 비타민류와 같은 성분들의 손실이 발생한다. 그러나, 현대인들의 바쁜 생활 습관, 편리 지향성 소비 의식 등으로 가공하지 않은 과채류 상태를 쉽게 섭취하기 어려운 여건에서 과채류의 직접적인 섭취보다는 과채류 주스의 간편

*Corresponding author: Dae-Ok Kim, Department of Food Science and Biotechnology and Institute of Life Sciences and Resources, Kyung Hee University, Yongin, Gyeonggi 446-701, Korea
Tel: 82-31-201-3796
Fax: 82-31-204-8116
E-mail: dokim05@khu.ac.kr
Received March 14, 2011; revised May 5, 2011;
accepted May 11, 2011

한 음용을 통한 생리활성 물질 섭취가 또 다른 좋은 대안일 수 있을 것이다.

현재까지 과채류 주스를 통해서 얻어지는 총페놀, 총플라보노이드 및 항산화능 함량에 대한 한국인 일인당 하루 섭취량 추정치에 대한 정보는 빈약한 실정이다. 그러므로, 본 연구의 목적은 한국에서 상업적으로 판매 중인 과채류 주스 중 가장 많이 소비되는 7가지 과채류 주스의 총페놀, 총플라보노이드 및 항산화능 함량을 정량하고, 질병관리본부가 실시한 2008년도 국민건강영양조사(KNHANES)의 24시간 회상법에서 나온 식품섭취 자료를 바탕으로 일인당 주스 하루 소모량을 산출하고, 이를 바탕으로 과채류 주스를 통하여 얻는 총페놀, 총플라보노이드 및 항산화능 함량에 대한 일인당 하루 섭취량을 추정하는 것이다.

재료 및 방법

과일 및 채소 주스

실험에 사용된 7종류의 과일 및 채소 주스는 사과, 포도, 감귤, 오렌지, 파인애플, 석류, 토마토로 만들어진 것으로 소비자들이 선호하는 과채류 주스 중 과채즙 100%로 구성 되어 있는 것(감귤 주스의 경우 50%)만 대형 마트에서 선별해 2008년도 5월에 구입하였다. 실험 전 모든 주스는 제품 라벨에 표기된 저장 조건에 맞게 보관하여 사용하였다. 각 주스별로 사용한 제품은 오렌지 주스 7종, 포도 주스 11종, 사과 주스 7종, 석류 주스 2종, 토마토 주스 3종, 파인애플 1종, 감귤 주스 4종 등 이었다.

시약

Folin-Ciocalteu's phenol 시약, 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)diammonium salt(ABTS), 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH), 비타민 C, gallic acid, catechin은 Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA)에서, 2,2'-azobis(2-amidinopropane)HCl (AAPH)는 Wako Pure Chemicals Industries, Ltd.(Osaka, Japan)에서 구입하였다.

총페놀 함량 측정

주스의 총페놀 함량은 Folin-Ciocalteu's phenol 시약을 이용한 발색법으로 측정하였다(8). 시료 200 μ L에 증류수 2.6 mL와 Folin-Ciocalteu's phenol 시약 200 μ L를 첨가, 혼합하여 6분간 상온에서 반응시킨 후 7%(w/v) Na_2CO_3 용액을 2 mL를 첨가했다. Folin-Ciocalteu's phenol 시약 첨가 후 총 90분 동안 반응시켜 750 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 총페놀 함량은 mg gallic acid equivalents(GAE)/100 mL로 나타내었다.

총플라보노이드 함량 측정

총플라보노이드 함량 측정은 다음과 같이 수행하였다(9). 시료 0.5 mL와 증류수 3.2 mL를 혼합하여 5%(w/v) NaNO_2 150 μ L와 5분간 반응시킨 후 10%(w/v) AlCl_3 150 μ L를 첨가하여 1분간 더 반응시키고, 1 N NaOH를 넣고 혼합하여 510 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총플라보노이드 함량은 mg catechin equivalents(CE)/100 mL로 나타내었다.

항산화능 측정

식품의 항산화능 분석에 흔히 사용하는 ABTS와 DPPH 라디칼을 이용하여 과채류 주스의 항산화능을 측정하였다. ABTS 라디칼 소거능은 청록색 ABTS 라디칼을 이용하여 측정하였다(10). 1.0 mM AAPH에 2.5 mM ABTS와 PBS 완충용액 100 mL를 넣고

70°C 항온 수조에서 30분간 반응시켜 ABTS 라디칼 용액을 만들고 PBS 완충용액을 이용하여 734 nm에서 0.650 ± 0.020 의 흡광도로 ABTS 라디칼 용액을 희석하였다. ABTS 라디칼 용액 980 μ L와 시료 20 μ L를 혼합하여 37°C에서 10분간 반응 후, 734 nm에서 흡광도를 측정하여 항산화능을 mg vitamin C equivalents (VCE)/100 mL로 표현하였다. DPPH 라디칼 소거능은 Brand-Williams 등(11)의 방법을 변형하여 측정하였다. DPPH 라디칼 용액을 100 mL의 80%(v/v) 수용성 메탄올에 녹여서 제조하였다. 생성된 DPPH 라디칼 용액을 80%(v/v) 메탄올을 이용하여 517 nm에서 0.650 ± 0.020 의 흡광도로 희석하여 사용하였다. 각 시료 50 μ L에 라디칼 용액 2.95 mL를 첨가하여 23°C에서 30분간 빛이 차단된 장소에서 반응시켰다. 반응 후 DPPH 라디칼 소거능은 517 nm에서 흡광도를 측정하여 항산화능을 mg VCE/100 mL로 나타내었다.

주스 하루 섭취량

주스의 하루 섭취량은 2008년에 질병관리본부에서 실시한 국민건강영양조사 제4기 2차년도 자료를 활용하였다. 국민건강영양 조사는 3년 주기로 진행되는 전국적 범정 조사로서, 국민의 전반적인 건강과 영양상태 및 그 추이에 대한 대표성과 신뢰성 갖는 국가 통계 자료이다. 건강설문조사, 영양조사, 검진조사로 구성된 국민건강영양조사는 무작위 조사로 진행된다. 영양조사는 식습관, 식품섭취빈도, 섭취식품의 종류 및 섭취량 등 개인별 면접을 실시한다. 이번 연구에 활용한 국민건강영양조사 제4기 2차년도(2008년)는 1인 이상 참여한 가구의 가구원 전체(10,539명)를 대상으로 하였으며, 이중 8,641명을 조사하여 참여율은 82.0%였다(12).

총페놀, 총플라보노이드 및 항산화능의 일인당 하루 섭취량 추정

과채류 주스의 총페놀, 총플라보노이드 및 항산화능의 일인당 하루 섭취량 추정은 국민건강영양조사의 원시자료 및 각 함량에 대한 화학적 분석법 결과치를 바탕으로 하였으며 다음 식들에 의해서 계산되었다. 원시자료의 과채류 주스 하루 일인당 섭취량 계산시 주스의 수분 함량이 많음을 고려하여 주스의 밀도를 1 g/mL로 설정하였다.

$$\text{일인당 하루 총페놀 섭취량(mg GAE/capita/day)} = \sum C_i P_i$$

여기에서 C_i 는 원시자료의 각 과채류 주스 하루 일인당 섭취량, P_i 는 선별된 과채류 주스 각각의 총페놀 함량을 의미한다.

$$\text{일인당 하루 총플라보노이드 섭취량(mg CE/capita/day)} = \sum C_i F_i$$

여기에서 C_i 는 원시자료의 과채류 주스 하루 일인당 섭취량, F_i 는 선별된 과채류 주스 각각의 총플라보노이드 함량을 의미한다.

$$\text{일인당 하루 항산화능 섭취량(mg VCE/capita/day)} = \sum C_i V_i$$

여기에서 C_i 는 원시자료의 과채류 주스 하루 일인당 섭취량, V_i 는 선별된 과채류 주스 각각의 항산화능 함량을 의미한다.

통계분석

각 실험치에 대해서는 평균과 표준편차로 나타내었다. 통계분석은 SAS(Statistical Analysis System, SAS Institute, Inc., Cary, NC, USA)를 사용하였으며, 각각의 실험군은 ANOVA 수행 후, 사후검정으로 Duncan's multiple range test를 이용하여 유의적 차이를 분석하였으며 5% 유의적 수준에서 시료 간의 유의차를 검증하였다.

Table 1. Percentage (%) of people drinking top seven fruit and vegetable juices in the total population of participants in the Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES) 2008¹⁾

	Age (yr)							Total
	≤9	10~19	20~29	30~39	40~49	50~59	≥60	
Male	0.59	0.42	0.20	0.46	0.21	0.13	0.09	2.09
Female	0.54	0.58	0.69	0.46	0.29	0.25	0.25	3.08
Total	1.13	1.00	0.89	0.93	0.50	0.38	0.35	5.17

¹⁾The analysis of the existing dataset of the KNHANES 2008 revealed that the most consumed top seven fruit and vegetable juices were made from apple, grape, mandarin, orange, pineapple, pomegranate, and tomato. The total number of people participated in the KNHANES 2008 was 8641. The number of people drinking top seven fruit and vegetable juices in the Korean diet was 447 among total people participated in the KNHANES 2008.

결과 및 고찰

일인당 하루 주스 섭취량

국민건강영양조사 제4기 2차년도(2008년)의 참가자는 8,641명이었다. 가장 많은 소비량을 보이는 7종의 주스를 마신 사람은 총 447명으로 전체 참가자의 약 5.17%였다. 이 중 남성은 2.09%, 여성은 3.08%로 남성보다 여성에서 주스를 마시는 비율이 높았다(Table 1). 전반적으로 연령층이 낮을수록 주스를 마시는 사람의 수가 증가하는 경향을 보였다. 9세 이하 연령층이 주스를 소비하는 사람 수가 가장 많았으며, 60대 이상 연령층에서 주스 소비자의 수가 가장 적었다(Table 1). 9세 이하 연령층과 30대 연령층을 제외한 모든 연령층에서 주스를 소비하는 사람의 수가 남성보다 여성이 더 많았다. 9세 이하 연령층의 경우 여성보다 남성이 주스를 소비하는 사람 수가 더 많았으며, 30대 연령층에서는 남성과 여성의 주스 소비자 비율이 동일하였다(Table 1).

2008년도 국민건강영양조사 분석을 통해 한국인이 가장 많이 섭취하는 총 7개 과채류 주스의 일인당 하루 섭취량은 Table 2에 제시하였다. 7개 과채류 주스의 일인당 하루 섭취하는 총량은 12.59 g이었다. 우리나라 국민들이 가장 많이 섭취하는 주스는 오렌지 주스로 나타났다. 오렌지 주스에 이어 포도, 토마토, 감귤, 사과, 석류, 파인애플 주스 순으로 일인당 하루 섭취량이 감소하였다. 오렌지 주스의 하루 일인당 섭취량은 6.31 g으로 전체 7가지 과채류 주스 소모량의 약 50.1%를 차지하는 가장 대중적인 주스였다.

Table 3은 각각의 과채류 주스에 대한 성별, 연령별로 하루 일인당 주스 섭취량을 보여준다. 7종의 주스 섭취량을 성별로 분석한 결과, 사과 주스와 파인애플 주스를 제외한 다른 주스들에서 여성이 남성보다 더 많이 섭취를 하였다. 연령대별 주스 섭취량은, 10대, 30대, 20대, 9세 이하, 40대, 50세, 60세 이상 순서로 낮아졌다. 주스의 일인당 평균 섭취량은 여성은 약 7.21 g, 남성은 약 5.38 g으로 여성이 남성에 비해 더 많았다. 각 연령층 중 10대 연령층의 주스 섭취량은 일인당 평균 3.00 g으로 가장 많았으며, 60대 이상의 주스 섭취량은 일인당 평균 0.75 g으로 가장 적은 것으로 나타났다. 40세 미만의 주스 섭취량은 전체 주스 섭취량의 약 76.8%를 차지하였으며, 상대적으로 40세 이상은 주스 섭취를 적게 하고 있는 것으로 나타났다. 또한, 주스를 가장 적게 섭취하는 60대 이상 연령층은 주스를 가장 많이 섭취하는 10대 연령층의 약 1/4정도 수준으로 섭취하고 있는 것으로 나타났다. 연령층별로 가장 많이 섭취하는 과일 주스는 대부분의 연령층에서 오렌지 주스로 나타났고, 50대 연령층은 토마토 주스, 그 다음으로 오렌지 주스를 많이 마셨다. 20대 연령층은 오렌지 주스 다음으로 토마토 주스를 많이 마셨고, 20대와 50대 연령층을 제외한 나머지 연령층에서는 오렌지 주스 다음으로 포도 주스를

Table 2. Daily consumption per capita of top seven fruit and vegetable juices in the Korean diet

Juices ¹⁾	Daily juice consumption per capita (g/capita/day)
Apple juice	1.05
Grape juice	2.28
Mandarin juice	1.23
Orange juice	6.31
Pineapple juice	0.05
Pomegranate juice	0.17
Tomato juice	1.50
Total	12.59

¹⁾The most popular fruit and vegetable juices in the Korean diet were selected from the analysis of the existing dataset of the Korea National Health and Nutrition Examination Survey 2008.

마시는 것으로 나타났다.

미국인들의 하루 음료 소비 형태 연구에서는 2-6세 어린이가 주스 섭취량이 가장 많았고, 다음으로 13-18세였으며, 40대 미만 연령층에서 전체 주스 소비량의 71.8%를 소비하였다(13). 1980년대 중반 서울 주거민의 음료 섭취 연구에서 주스 섭취량은 유아, 유치원생이 가장 많았고, 다음으로 성인, 초등학교 순으로 섭취량이 낮아졌다(14). 본 연구의 연대층별 섭취량 순위와 차이를 보이는 이유는 아마도 주스 음용에 대한 시대적인 소비 행태의 변화에서 일부 기인한 것으로 판단된다. 한국인의 주스 섭취량을 살펴본 결과 젊은층이 중년이나 노년층에 비하여 주스 섭취를 더 많이 하고 있다. 미국인들의 음료 소비 행태에 관한 연구 결과를 살펴보면 젊은층에서 노년층으로 연령대가 증가함에 따라 주스보다 커피나 차를 더 많이 소비하는 경향으로 인하여 젊은층의 주스 섭취량이 상대적으로 중년층이나 노년층에 비해 더 높았다(15).

총페놀 함량

페놀 화합물은 벤젠고리의 탄소에 수산기(-OH)가 결합되어 있는 물질이다. Table 4는 각 주스의 총페놀 함량을 보여준다. 다양한 상표의 과일 및 채소 주스의 총페놀 함량을 측정한 결과, 각 제조사의 상표별로 주스의 총페놀 함량은 큰 차이를 보였다. 조사 대상 과채류 주스의 평균 총페놀 함량은 포도 주스>사과 주스>오렌지 주스>석류 주스>감귤 주스>파인애플 주스>토마토 주스 순서로 감소하였다. 여러 과채류 주스 중에서 포도 주스는 141.08 mg GAE/100 mL로서 가장 높은 총페놀 함량을 보여주었다. 포도 주스를 포함한 다른 주스들 역시 각 제조사별 상표에 따라 총페놀 함량에 차이를 보였다. 이는 주스 제조에 사용된 과채류의 품종, 재배지역, 기후조건, 경작방식, 수확시기, 과즙추출

Table 3. Daily per capita consumption (g/capita/day) of top seven fruit and vegetable juices for gender and age on the basis of the analysis of the existing dataset in the Korea National Health and Nutrition Examination Survey 2008

Juice	Gender		Age (yr)						
	Male	Female	≤9	10~19	20~29	30~39	40~49	50~59	≥60
Apple juice	0.58	0.47	0.25	0.30	0.20	0.16	0.04	0.05	0.05
Grape juice	1.12	1.16	0.42	0.72	0.16	0.49	0.21	0.17	0.12
Mandarin juice	0.51	0.72	0.25	0.32	0.17	0.08	0.23	0.14	0.05
Orange juice	2.45	3.86	1.02	1.32	1.42	1.40	0.53	0.25	0.37
Pineapple juice	0.03	0.02	0.03	-	-	-	-	-	0.02
Pomegranate juice	0.06	0.10	0.02	-	0.03	0.06	0.02	0.01	0.02
Tomato juice	0.62	0.88	0.09	0.34	0.21	0.21	0.17	0.36	0.12
Total	5.38	7.21	2.08	3.00	2.19	2.40	1.20	0.98	0.75

방식 등의 차이에서 비롯된 것으로 여겨진다(16-18). 주스의 원료가 되는 과일 원과의 총페놀 함량과 항산화능을 측정된 이전의 연구에서도 포도, 사과, 오렌지, 파인애플 순으로 총페놀 함량이 낮아졌다(19). 이는 동일 과채류 주스에서 총페놀 함량이 각 상표에 따라 차이는 있었을지라도, 주요하게 소비되는 7종 과채류 주스의 총페놀 함량의 차이는 주스 가공에 사용된 과채류 원재료가 갖는 총페놀 함량의 차이에 더 큰 영향을 받는다는 본 연구의 결과와 일치하였다. 일반적으로 hydroxycinnamic acids는 낮은 항산화능을 보이는데 이들이 풍부한 토마토 등은 상대적으로 낮은 페놀 함량을 나타냈고, 과채류의 총페놀 함량과 비타민 C 함량은 높은 상관관계를 나타내었다(20).

총플라보노이드 함량

페놀계 화합물 중 플라보노이드는 C₆-C₃-C₆의 기본 골격을 가지고 있다. 과채류에는 anthocyanins, catechin, epicatechin, kaempferol, luteolin, myricetin, naringenin, phloridzin, quercetin 등 다양한 종류의 플라보노이드들이 상이한 농도로 존재한다(20). 플라보노이드는 구조적 차이에 의해 각각 하위 그룹인 flavanol, flavanone, flavone, isoflavone, flavonol, anthocyanidin 등으로 분류되고, 이들 중 수용성 색소인 anthocyanidin의 배당체인 안토시아닌(anthocyanin)은 포도, 복분자, 딸기, 적포도주 등에서 빨간색, 적자색 등의 특유의 색을 부여한다.

Table 4는 각 과채류 주스의 제조사별 여러 제품의 총플라보노이드 함량 및 총플라보노이드 함량 평균치를 보여주고 있다. 과채류 주스의 총플라보노이드 함량의 평균은 포도 주스>사과 주스>석류 주스>오렌지 주스>토마토 주스>감귤 주스>파인애플 주스 순서로 감소하였다. 미국인들의 식이를 통한 항산화능 데이터베이스 구축을 위한 연구에서도 포도 주스, 토마토 주스, 오렌지 주스, 사과 주스 순으로 총플라보노이드 함량이 감소하였으며(21), 본 연구에서도 오렌지 주스나 사과 주스 보다 포도 주스의 총플라보노이드 함량이 다른 주스에 비해 가장 높았다. 국내에서 판매되고 있는 포도 주스는 대개 미국이나 칠레 등지에서 과즙 원액을 수입하여 혼합 제조한 것으로, 아마 제조 방법에 따라 그 차이가 있을 것으로 추정된다.

항산화능

각 과채류 주스의 항산화능을 측정하기 위해서 DPPH 라디칼과 ABTS 라디칼에 대한 소거능을 이용하였다. Table 4는 이들 두 가지 라디칼로 측정된 각 과채류 주스의 항산화능을 보여준다. DPPH 라디칼을 이용한 결과는 포도 주스가 146.97 mg VCE/100 mL로 가장 항산화능이 높았으며, ABTS 라디칼을 이용한 경

우에는 포도 주스가 191.11 mg VCE/100 mL로 역시 가장 높았다. DPPH와 ABTS 라디칼을 이용한 항산화능 분석시 각 과채류 주스의 항산화능은 포도 주스>사과 주스>석류 주스>오렌지 주스>감귤 주스>파인애플 주스>토마토 주스 순서로 감소하였다. DPPH를 이용한 항산화능 실험법은 저렴한 비용과 간편한 실험 방법으로 가장 널리 이용되지만 DPPH가 pH, 빛, 온도 등에 민감하게 영향을 받는 반면에, ABTS 라디칼을 이용한 항산화능법은 넓은 범위의 pH에 적용 가능하고 측정 과정에서 빛을 흡수하는 물질의 방해가 덜 받는 근적외선 범위에서 측정한다(22,23). 동일 과채류 주스 분석에 사용된 제품들의 총페놀 함량과 항산화능은 양의 기울기를 갖는 직선의 상관관계를 가졌다(Fig. 1). DPPH 라디칼을 이용한 항산화능과 총페놀 함량의 상관계수(correlation coefficient, r²)는 0.882였으며, ABTS 라디칼을 이용시 그 상관계수는 0.917이었다. 양의 기울기를 갖는 일차 직선적 상관관계는 총페놀 함량이 높은 주스가 항산화능도 높다는 것을 의미한다.

사과를 주스 형태로 가공할 경우에는 사과에 함유되어 있는 항산화능을 보유하는 많은 식물성 화합물(phytochemicals)이 파괴된다(24). 사과에 주로 함유되어 있는 페놀성 물질의 종류에는 phloridzin, chlorogenic acid, catechin, quercetin 등과 이들의 유도체들이 있으며, 이들은 주스로 만드는 가공 과정을 거치면서 파괴되어 함량이 감소하게 된다(25). 사과 주스의 경우 사과를 짜고 난 찌꺼기(pomace)에 사과의 페놀성 성분의 약 42% 정도가 잔존하며, 실제 찌꺼기를 제외시키는 공정인 청정 과정을 거쳤을 경우 사과 원과에 비해 가공된 주스 형태에서 페놀 함량 및 항산화능이 낮았다(26).

포도 주스의 항산화능을 보이는 catechin, gallic acid, epicatechin 등과 같은 페놀성 물질들이 peroxy radicals에 의해 야기되는 산화적 공격으로부터 세포막과 지단백질(lipoproteins)을 보호해 준다(27,28). 포도의 resveratrol(2,3',5-trihydroxystilbene), quercetin 등은 암의 성장을 지연시키는 기능을 갖고 있으며, 포도 주스를 섭취한 건강한 성인의 혈소판 응집 활성 저해가 보고되었다(29). 포도 주스의 섭취는 잠재적으로 내피세포 기능을 향상시키고 저밀도지단백질(low density lipoprotein) 산화를 예방함으로써 심장질환 위험을 감소시켰다(30). 또한 포도 주스의 경우 포도 polyphenol 중 항산화능을 갖고 있는 resveratrol을 추출하여 세포에 처리하면 세포의 산화적 스트레스(oxidative stress)를 막아 DNA 손상이 감소된다는 연구가 보고된 바도 있다(31).

석류 주스는 일반적으로 항산화능이 높다고 알려져 있는 녹차, 와인보다 더 높은 항산화 활성을 보였으며(32), 이런 항산화능을 나타내는 주요 페놀성 물질에는 cyanidin, delphinidin, pelargonidin

Table 4. Levels of total phenolics, total flavonoids and antioxidant capacities of top seven fruit and vegetable juices in the Korean diet

Juices	Brands	Total phenolics (mg gallic acid equiv./100 mL)	Total flavonoids (mg catechin equiv./100 mL)	Antioxidant capacities (mg vitamin C equiv./100 mL)	
				DPPH ¹⁾	ABTS ²⁾
Apple juice	A	111.67±18.42 ³⁾	25.70±2.08	134.39±13.97	152.81±18.26
	B	141.21±20.24	31.57±1.65	152.81±9.38	184.97±16.85
	C	101.06±14.01	33.17±1.03	111.58±9.13	141.70±15.08
	D	184.27±8.73	26.83±0.85	159.11±11.77	236.65±37.28
	E	43.59±2.93	4.65±0.20	30.90±5.06	45.93±4.78
	F	80.71±3.14	9.36±0.35	58.89±6.35	92.90±4.15
	G	65.71±3.64	4.67±0.05	53.89±3.26	59.36±5.30
Grape juice	A	144.24±17.39	35.25±0.91	170.29±6.23	193.70±9.80
	B	184.77±10.84	54.01±1.13	237.54±29.89	259.88±7.19
	C	176.44±10.87	41.20±0.45	191.93±15.04	227.90±17.85
	D	150.94±4.56	42.64±3.57	166.30±15.14	223.63±7.28
	E	90.86±4.47	20.42±1.38	79.98±6.39	125.14±3.00
	F	99.42±5.49	18.29±1.02	90.86±12.43	141.51±4.71
	G	92.83±10.53	23.10±0.66	93.88±14.10	126.51±4.97
	H	198.97±12.90	69.14±0.63	212.65±18.53	283.18±7.66
	I	95.79±2.63	22.64±1.94	109.75±10.01	136.16±4.04
	J	182.61±9.23	67.25±2.31	150.89±12.07	209.79±34.56
	K	134.98±6.01	22.74±1.42	112.65±7.11	174.84±11.48
Mandarin juice	A	73.49±2.97	4.10±0.08	93.05±3.37	100.10±10.01
	B	56.86±1.83	4.30±0.08	55.27±1.30	64.45±6.44
	C	57.60±2.05	3.30±0.10	65.04±2.19	69.84±6.98
	D	50.05±1.67	3.35±0.08	49.42±3.79	57.72±5.77
Orange juice	A	102.81±2.90	6.93±0.40	103.38±12.17	123.01±8.78
	B	83.17±3.53	8.30±0.91	45.16±6.06	54.12±19.28
	C	73.77±3.32	7.00±0.27	52.93±4.41	65.65±19.03
	D	85.24±3.26	6.60±0.24	51.82±3.48	85.04±6.12
	E	121.73±5.68	6.93±0.27	92.93±10.88	128.10±7.90
	F	92.48±10.89	8.10±1.07	73.04±8.84	45.32±12.72
	G	91.13±4.08	5.91±0.09	80.93±3.84	117.18±6.37
Pineapple juice	A	49.45±2.83	2.09±0.02	46.06±9.24	64.21±7.13
Pomegranate juice	A	118.96±5.91	22.26±0.76	124.75±7.85	147.19±12.05
	B	49.26±2.68	7.65±0.22	53.29±6.65	52.64±12.05
Tomato juice	A	64.63±3.61	4.28±0.10	66.06±2.42	85.04±2.07
	B	36.30±1.78	3.66±0.11	21.50±4.01	41.65±1.28
	C	26.12±3.83	3.75±0.24	16.90±1.60	34.74±5.49
Mean					
Apple juice		104.03±47.53 ^{a,b⁴⁾}	19.42±12.70 ^b	100.22±51.95 ^{a,b}	130.62±68.90 ^{a,b}
Grape juice		141.08±41.25 ^a	37.88±18.73 ^a	146.97±53.38 ^a	191.11±54.99 ^a
Mandarin juice		59.50±9.92 ^{b,c}	3.76±0.51 ^f	65.69±19.34 ^b	73.02±18.72 ^{b,c}
Orange juice		92.90±15.56 ^{a,b,c}	7.11±0.83 ^d	71.46±22.33 ^{a,b}	88.35±34.55 ^{b,c}
Pineapple juice		49.45±2.83 ^c	2.09±0.02 ^e	46.06±9.24 ^b	64.21±7.13 ^{b,c}
Pomegranate juice		84.11±49.28 ^{b,c}	14.96±10.33 ^c	89.02±50.53 ^{a,b}	99.91±66.85 ^{b,c}
Tomato juice		42.35±19.96 ^c	3.90±0.34 ^e	34.82±27.15 ^b	53.81±27.27 ^c

¹⁾Antioxidant capacities were evaluated using DPPH.

²⁾Antioxidant capacities were evaluated using ABTS.

³⁾Data are shown as mean±standard deviation (n=3).

⁴⁾Different superscripts on means in each column indicate significant difference by Duncan's multiple range test at $p<0.05$.

등의 배당체인 안토시아닌과 갈로탄닌(gallotannins), 가수분해성 탄닌(hydrolyzable tannins) 등의 탄닌이었다(33). 그리고 토마토 주스의 경우에는 lycopene이 질병 예방 등의 효과가 있는 성분으로 알려져 있고, hydroxycinnamate인 ferulic acid가 토마토에 있는 페

놀성 물질로 인체로 흡수되어 항산화제 역할을 함으로써 건강 보호 효과를 기대할 수 있다(34). 오렌지, 감귤 등과 같은 감귤류(citrus fruits)에는 비타민 C, 비타민 E와 같은 항산화 비타민이 풍부할 뿐만 아니라, 항산화능을 나타내는 naringenin, hesperidin

Table 5. Daily per capita intakes of total phenolics, total flavonoids and antioxidant capacities of top seven fruit and vegetable juices in the Korean diet

Juices	Brands	Total phenolics (mg gallic acid equiv./capita/day)	Total flavonoids (mg catechin equiv./capita/day)	Antioxidant capacities (mg vitamin C equiv./capita/day)	
				DPPH ¹⁾	ABTS ²⁾
Apple juice	A	1.173	0.270	1.412	1.605
	B	1.483	0.332	1.605	1.943
	C	1.061	0.348	1.172	1.488
	D	1.935	0.282	1.671	2.486
	E	0.458	0.049	0.325	0.482
	F	0.848	0.098	0.619	0.976
	G	0.690	0.049	0.566	0.624
Grape juice	A	3.289	0.804	3.883	4.416
	B	4.213	1.231	5.416	5.925
	C	4.023	0.939	4.376	5.196
	D	3.441	0.972	3.791	5.099
	E	2.072	0.466	1.823	2.853
	F	2.267	0.417	2.071	3.226
	G	2.117	0.527	2.140	2.884
	H	4.536	1.576	4.848	6.456
	I	2.184	0.516	2.502	3.104
	J	4.163	1.533	3.440	4.783
	K	3.078	0.518	2.568	3.986
Mandarin juice	A	0.904	0.050	1.144	1.231
	B	0.699	0.053	0.680	0.792
	C	0.708	0.041	0.800	0.859
	D	0.615	0.041	0.608	0.710
Orange juice	A	6.486	0.437	6.522	7.760
	B	5.247	0.524	2.849	3.415
	C	4.654	0.442	3.339	4.142
	D	5.377	0.417	3.269	5.365
	E	7.679	0.437	5.863	8.081
	F	5.834	0.511	4.608	2.859
	G	5.749	0.373	5.106	7.392
Pineapple juice	A	0.026	0.001	0.024	0.034
Pomegranate juice	A	0.201	0.038	0.211	0.249
	B	0.083	0.013	0.090	0.089
Tomato juice	A	0.966	0.064	0.988	1.272
	B	0.543	0.055	0.321	0.623
	C	0.391	0.056	0.253	0.519
Mean					
Apple juice		1.093±0.499 ³⁾	0.204±0.133 ^c	1.053±0.546 ^b	1.372±0.724 ^b
Grape juice		3.216±0.940 ^b	0.864±0.427 ^a	3.352±1.217 ^a	4.357±1.254 ^a
Mandarin juice		0.732±0.122 ^d	0.046±0.006 ^c	0.808±0.238 ^b	0.898±0.230 ^b
Orange juice		5.861±0.981 ^a	0.449±0.053 ^b	4.508±1.409 ^a	5.573±2.180 ^a
Pineapple juice		0.026±0.000 ^e	0.001±0.000 ^e	0.024±0.000 ^b	0.034±0.000 ^b
Pomegranate juice		0.142±0.083 ^c	0.025±0.017 ^f	0.150±0.085 ^b	0.169±0.113 ^b
Tomato juice		0.633±0.298 ^d	0.058±0.005 ^d	0.521±0.406 ^b	0.805±0.408 ^b
Total		11.703	1.647	10.415	13.208

¹⁾Antioxidant capacities were evaluated using DPPH.

²⁾Antioxidant capacities were evaluated using ABTS.

³⁾Different superscripts on means in each column indicate significant difference by Duncan's multiple range test at $p < 0.05$.

과 같은 flavanone을 함유하고 있다(35). 한국에서 과일 전체 생산량의 25% 이상을 차지하는 것은 감귤(mandarin)이다. 생산된 감귤의 약 20% 정도가 가공되며 이중 95% 이상이 주스용 감귤

농축액으로 가공된다. 이런 점에서 감귤 가공품의 가장 대중적인 형태는 주스인 것으로 생각된다.

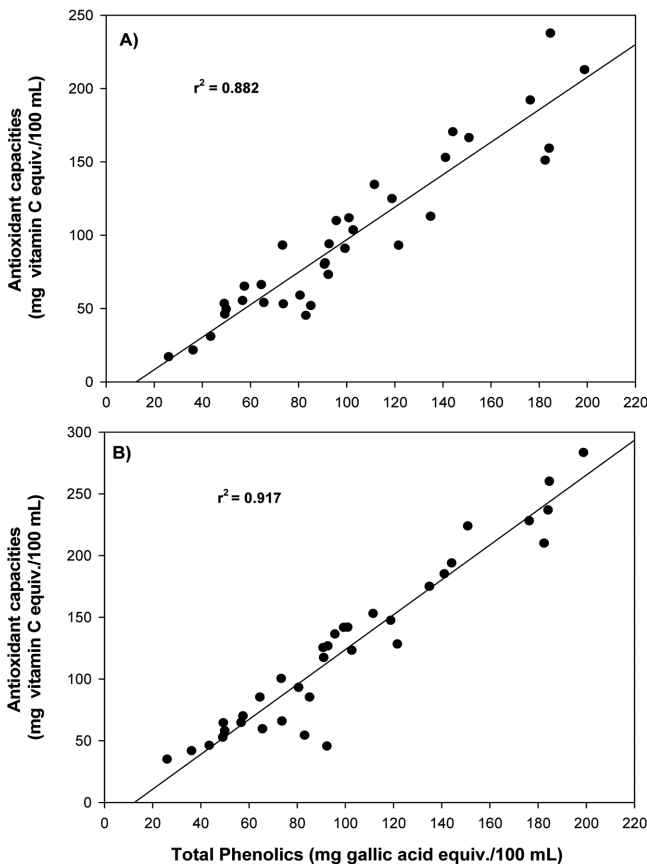


Fig. 1. Relationship between total phenolics and antioxidant capacities measured by DPPH assay (A) and ABTS assay (B) of top seven fruit and vegetable juices consumed in the Korean diet.

총페놀, 총플라보노이드 및 항산화능의 일인당 하루 섭취량 추정

주요한 과채류 주스를 통해 섭취할 수 있는 총페놀, 총플라보노이드 및 항산화능의 일인당 하루 섭취량 추정은 2008년 국민건강영양조사 자료로부터 산출된 하루 주스 섭취량(Table 2)과 개별 주스의 총페놀, 총플라보노이드 및 항산화능 함량에 대한 화학적 정량 분석 결과(Table 4)를 조합하여 추정하였다(Table 5). 과채류 주스 음용에 따른 하루 일인당 총페놀 섭취량이 오렌지 주스>포도 주스>사과 주스>감귤 주스>토마토 주스>석류 주스>파인애플 주스 순서로 감소하였다. 오렌지 주스가 포도 주스 및 사과 주스 보다 낮은 총페놀 함량을 나타냈지만(Table 4), 과채류 주스 중에서 오렌지 주스가 가장 높은 일인당 하루 총페놀 섭취량을 제공하였다(Table 5). 이는 사과 주스, 포도 주스처럼 높은 총페놀 함량을 갖는 주스라 하더라도 상대적으로 낮은 일인당 하루 주스 소모량으로 인해 일인당 하루 총페놀 섭취량이 낮게 나타날 수 있음을 의미한다. 즉, 과채류 주스의 음용을 통해서 얻는 하루 일인당 총페놀 섭취량은 주스의 총페놀 함량 및 주스의 하루 소모량에 의해 영향을 받는다는 것이다.

과채류 주스의 음용에 따른 일인당 하루 총플라보노이드 섭취량은 포도 주스>오렌지 주스>사과 주스>토마토 주스>감귤 주스>석류 주스>파인애플 주스 순서로 감소하였다(Table 5). 하루 총플라보노이드 섭취량은 하루 일인당 총페놀 섭취량과 유사한 경향을 보였다. 역시 과채류 주스의 하루 총플라보노이드 섭취량은 주스의 하루 소모량 및 총플라보노이드 함량에 결정되었다.

주스를 통해 얻는 항산화능의 일인당 하루 섭취량은 일인당 하

루 총페놀 섭취량, 일인당 하루 총플라보노이드 섭취량과 비슷한 경향을 나타내고 있다(Table 5). DPPH 및 ABTS 라디칼 소거능을 이용한 항산화능 분석시 일인당 하루 항산화능 섭취량은 오렌지 주스>포도 주스>사과 주스>감귤 주스>토마토 주스>석류 주스>파인애플 주스 순서로 감소하였다(Table 5). 파인애플 주스의 경우에는 총페놀 함량, 총플라보노이드 함량도 낮았을 뿐 아니라 주스 소모량 수준도 낮기 때문에 파인애플 주스를 통해 섭취할 수 있는 일인당 하루 항산화능 섭취량이 주요한 7종의 과채류 주스 중에서 가장 적었다. 과채류 주스의 음용을 통하여 가장 높은 일인당 하루 항산화능 섭취량을 제공하는 오렌지 주스는 상대적으로 높은 총페놀 함량과 총플라보노이드 함량뿐만 아니라 7가지 종류의 과채류 주스 중에서 가장 높은 일인당 하루 주스 소모량으로 인하여 얻어진 결과였다.

한국에서 가장 많이 소비되는 7종류의 과채류 주스 음용으로부터 얻어진 국민 일인당 하루 섭취량의 경우, 총페놀 섭취량은 11.70 mg GAE/capita/day, 총플라보노이드 섭취량은 1.65 mg CE/capita/day, 그리고 항산화능은 10.42 mg VCE/capita/day(DPPH 분석법)와 13.21 mg VCE/capita/day(ABTS 분석법)로 추정되었다. 본 연구는 24시간 회상법을 바탕으로 작성한 국민건강영양조사의 자료가 우리의 식이 섭취 행태를 정확하게 반영하지 못할 수도 있다는 한계성을 갖는다 하더라도, 일인당 하루 소비량이 가장 많은 상위 7종의 과채류 주스에 대한 실험적 정량 분석 결과치와 기존의 국민건강영양조사 자료의 분석에서 도출된 과채류 주스 소비량을 적절히 조합하여 총페놀, 총플라보노이드 및 항산화능의 일인당 하루 섭취량을 추정하였다는데 아주 큰 의의가 있다고 하겠다.

요 약

본 연구에서는 2008년도 국민건강영양조사 자료를 분석하여 우리나라에서 가장 많이 소비되는 상위 7종류의 과채류 주스(사과, 포도, 감귤, 오렌지, 석류, 파인애플, 토마토)를 선정하고, 이 주스들의 총페놀, 총플라보노이드 및 항산화능 함량을 정량 분석하였다. 2008년에 실시한 국민건강영양조사의 자료 분석을 통해 오렌지 주스(6.31 g/capita/day), 포도 주스(2.28 g/capita/day), 토마토 주스(1.50 g/capita/day), 감귤 주스(1.23 g/capita/day), 사과 주스(1.05 g/capita/day), 석류 주스(0.17 g/capita/day), 파인애플 주스(0.05 g/capita/day) 등 7가지 과채류 주스의 하루 일인당 주스 소모량을 산출하였다. 총 7종류의 과채류 주스의 섭취를 통해서 얻어진 일인당 하루 섭취량의 경우, 총페놀 섭취량은 11.70 mg GAE/capita/day, 총플라보노이드 섭취량은 1.65 mg CE/capita/day, 그리고 항산화능은 10.42 mg VCE/capita/day(DPPH 분석법)와 13.21 mg VCE/capita/day(ABTS 분석법)였다. 일인당 하루 총페놀 섭취량, 총플라보노이드 섭취량 및 항산화능 섭취량 추정은 과채류 주스의 페놀성 화합물질 등의 생리활성성분의 농도뿐만 아니라 일인당 하루 과채류 주스 소모량에도 영향을 받는 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 농림수산식품부 기술사업화지원사업에 의해 수행되어진 것으로 이에 감사드립니다.

문 헌

1. Lee HR, Jung BR, Park JY, Hwang IW, Kim SK, Choi JU, Lee

- SH, Chung SK. Antioxidant activity and total phenolic contents of grape juice products in the Korean market. *Korean J. Food Preserv.* 15: 445-449 (2008)
2. Lee MC. A processing technology on the fruit juice beverage. *Food Sci. Ind.* 13: 22-33 (1980)
3. vanT Veer P, Jansen MC, Klerk M, Kok FJ. Fruits and vegetables in the prevention of cancer and cardiovascular disease. *Public Health Nutr.* 3: 103-107 (2000)
4. Stanner SA, Hughes J, Kelly CNM, Buttriss J. A review of the epidemiological evidence for the 'antioxidant hypothesis'. *Public Health Nutr.* 7: 407-422 (2003)
5. Nijveldt RJ, van Nood E, van Hoorn DEC, Boelens PG, van Noren K, van Leeuwen PAM. Flavonoids: A review of probable mechanisms of action and potential applications. *Am. J. Clin. Nutr.* 74: 418-425 (2001)
6. McCarthy MA, Matthews RH. Nutritional quality of fruits and vegetables subject to minimal processes. pp. 313-326. In: *Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables*. Wiley RC (ed.). Chapman and Hall, New York, NY, USA (1994)
7. Ruxton CHS, Gardner EJ, Walker D. Can pure fruit and vegetable juices protect against cancer and cardiovascular disease too? A review of the evidence. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 57: 249-272 (2006)
8. Singleton VL, Rossi JA Jr. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Viticult.* 16: 144-158 (1965)
9. Zhishen J, Mengcheng T, Jianming W. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chem.* 64: 555-559 (1999)
10. Kim D-O, Lee KW, Lee HJ, Lee CY. Vitamin C equivalent antioxidant capacity (VCEAC) of phenolic phytochemicals. *J. Agr. Food Chem.* 50: 3713-3717 (2002)
11. Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Sci. Technol.* 28: 25-30 (1995)
12. Korea Centers for Disease Control and Prevention. *Korea National Health and Nutrition Examination Survey (4th report)*. Seoul, Korea (2008)
13. Popkin BM. Patterns of beverage use across the lifecycle. *Physiol. Behav.* 100: 4-9 (2010)
14. Kim IS, Ahn HS. Beverage consumption patterns of inhabitants in Seoul. *Korean J. Nutr.* 20: 281-288 (1987)
15. Storey ML, Forshee RA, Anderson PA. Beverage consumption in the US population. *J. Am. Diet. Assoc.* 106: 1992-2000 (2006)
16. Marín FR, Martínez M, Uribealago T, Castillo S, Frutos MJ. Changes in nutraceutical composition of lemon juices according to different industrial extraction systems. *Food Chem.* 78: 319-324 (2002)
17. Tannöven D, Ekşi A. Phenolic compounds in pear juice from different cultivars. *Food Chem.* 93: 89-93 (2005)
18. Prior RL, Cao G, Martin A, Sofic E, McEwen J, O'Brien C, Lischner N, Ehlenfeldt M, Kalt W, Krewer G, Mainland CM. Antioxidant capacity as influenced by total phenolic and anthocyanin content, maturity, and variety of *Vaccinium* species. *J. Agr. Food Chem.* 46: 2686-2693 (1998)
19. Vinson JA, Su X, Zubik L, Bose P. Phenol antioxidant quantity and quality in foods: Fruits. *J. Agr. Food Chem.* 49: 5315-5321 (2001)
20. Proteggente AR, Pannala AS, Paganga G, van Buren L, Wagner E, Wiseman S, van de Put F, Dacombe C, Rice-Evans CA. The antioxidant activity of regularly consumed fruit and vegetables reflects their phenolic and vitamin C composition. *Free Radical Res.* 36: 217-233 (2002)
21. Floegel A, Kim D-O, Chung SJ, Song WO, Fernandez ML, Bruno RS, Koo SI, Chun OK. Development and validation of an algorithm to establish a total antioxidant capacity database of the US diet. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 61: 600-623 (2010)
22. Lemańska K, Szymusiak H, Tyrakowska B, Zieliński R, Soffers AEMF, Rietjens IMCM. The influence of pH on antioxidant properties and the mechanism of antioxidant action of hydroxyflavones. *Free Radical Bio. Med.* 31: 869-881 (2001)
23. Yoo KM, Kim D-O, Lee CY. Evaluation of different methods of antioxidant measurement. *Food Sci. Biotechnol.* 16: 177-182 (2007)
24. Boyer J, Liu RH. Apple phytochemicals and their health benefits. *Nutrition J.* 3: 1-15 (2004)
25. van der Sluis AA, Dekker M, Skrede G, Jongen WMF. Activity and concentration of polyphenolic antioxidants in apple juice. 1. Effect of existing production methods. *J. Agr. Food Chem.* 50: 7211-7219 (2002)
26. Guyot S, Marnet N, Sanoner P, Drilleau JF. Variability of the polyphenolic composition of cider apple (*Malus domestica*) fruits and juices. *J. Agr. Food Chem.* 51: 6240-6247 (2003)
27. Esterbauer H, Gebicki J, Puhl H, Jürgens G. The role of lipid peroxidation and antioxidants in oxidative modification of LDL. *Free Radical Bio. Med.* 13: 341-390 (1992)
28. Sies H. Strategies of antioxidant defense. *Eur. J. Biochem.* 215: 213-219 (1993)
29. Keevil JG, Osman HE, Reed JD, Folts JD. Grape juice, but not orange juice or grapefruit juice, inhibits human platelet aggregation. *J. Nutr.* 130: 53-56 (2000)
30. O'Byrne DJ, Devaraj S, Grundy SM, Jialal I. Comparison of the antioxidant effects of concord grape juice flavonoids and α -tocopherol on markers of oxidative stress in healthy adults. *Am. Soc. Clin. Nutr.* 76: 1367-1374 (2002)
31. Sgambato A, Ardito R, Faraglia B, Boninsegna A, Wolf FI, Cittadini A. Resveratrol, a natural phenolic compound, inhibits cell proliferation and prevents oxidative DNA damage. *Mutat. Res.-Genet. Tox. En.* 496: 171-180 (2001)
32. Gil MI, Tomás-Barberán FA, Hess-Pierce B, Holcroft DM, Kader AA. Antioxidant activity of pomegranate juice and its relationship with phenolic composition and processing. *J. Agr. Food Chem.* 48: 4581-4589 (2000)
33. Du CT, Wang PL, Francis FJ. Anthocyanins of pomegranate, *Punica granatum*. *J. Food Sci.* 40: 417-418 (1975)
34. Bourne LC, Rice-Evans C. Bioavailability of ferulic acid. *Biochem. Biophys. Res. Co.* 253: 222-227 (1998)
35. Rice-Evans CA, Miller NJ, Paganga G. Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends Plant Sci.* 2: 152-159 (1997)