



Physicochemical properties and antioxidant activities of commercial orange juice and grapefruit juice

Jin-Ju Lee, Eun-Jeong Kim, Ja-Min Kim, Kyung-Young Yoon*
 Department of Food and Nutrition, Yeungnam University, Gyeongsan 38541, Korea

국내 시판 오렌지주스 및 자몽주스의 이화학적 특성과 항산화 활성

이진주 · 김은정 · 김자민 · 윤경영*
 영남대학교 식품영양학과

Abstract

The physicochemical properties, functional ingredient content, and antioxidant activities of the commercial orange and grapefruit juice were investigated. Three types of orange (OJ1, OJ2, and OJ3) and grapefruit (GJ1, GJ2, and GJ3) juices were purchased from the market. Antioxidant activities of the commercial juices were evaluated using DPPH, ABTS, and reducing power assays. The pH of orange juice was higher than grapefruit juice and the acidity of grapefruit juice was higher than orange juice. The soluble solid and reducing sugar contents of the juices were in the range of 9.30-13.60 °Brix and 45.02-71.52 mg/mL, respectively. The total free sugar and organic acid contents of juices were 61.84-98.67 mg/mL and 1.14-1.60 mg/mL, respectively. The major free sugars were sucrose, fructose, and glucose, and six types of organic acids were detected in the commercial juices. The total polyphenol content was the highest in OJ2 (910.7 µg/mL), and the lowest in GJ3 (630.7 µg/mL). The total flavonoid content in grapefruit juices was higher than orange juices. OJ2 showed the highest antioxidant activity in DPPH and ABTS radicals scavenging assays and the reducing power assay. Our results indicate that the functional ingredient content and antioxidant activities were different even in the same type of juice.

Key words : orange juice, grapefruit juice, physicochemical property, polyphenol, antioxidant activity

서 론

과일은 비타민과 무기질이 풍부하게 함유되어 있으며, 다양한 색소와 향기 성분에 기인한 기호성이 높은 알칼리식품이다. 또한 다량의 식이섬유를 비롯하여 anthocyanin, anthoxanthin, carotenoid 등의 색소와 높은 폴리페놀 함량에 의한 우수한 생리기능성을 가진 식품이다. 특히 과일에 함유된 비타민과 생리활성 물질은 free 라디칼에 의한 손상으로부터 조직을 보호해주는 항산화 효과로 지질과산화 지연 및 DNA를 손상으로부터 보호하여 심혈관계질환, 암 등

만성질환 발병위험을 낮춘다(1,2). 과일주스는 대표적인 과일 가공제품으로 건강에 유익한 영양소와 생리활성 물질을 편리하게 섭취할 수 있다는 장점으로 인해 많은 사람들이 섭취하고 있다. 미국과 유럽에서는 전체 과일 섭취량의 1/3 을 주스 형태로 섭취하여 과일주스를 과일 대용품으로써 보편적으로 이용하는 것으로 보고되고 있다(3). 국내에서는 하루 과일 섭취량 150.8 g 중 약 30 g을 과일주스로 섭취하고 있다고 보고되었으며 이러한 과일주스의 섭취량은 꾸준히 증가할 것으로 예측된다(4).

국내 음료시장은 탄산음료와 과채음료가 시장의 주를 이루고 있으며, 소비자들의 건강지향적 관심으로 기존 탄산음료로 대표되는 청량음료 시장이 감소하고 과일 또는 야채주스에 대한 소비가 증가하고 있다. 그러나 시장에 나와 있는 대부분의 음료에는 많은 양의 감미료와 화학 첨가물이 들어 있어 최근에는 무첨가 천연 과일 주스제품, 즉 100% 과일 착즙주스 제품의 판매가 빠르게 증가하고 있다

*Corresponding author. E-mail : yoonky2441@ynu.ac.kr
 Phone : 82-53-810-2878, Fax : 82-53-810-4666
 Received 09 April 2019; Revised 22 May 2019; Accepted 27 May 2019.
 Copyright © The Korean Society of Food Preservation. All rights reserved.

(5). 착즙주스는 별도의 첨가물 없이 물을 섞지 않고 과일을 그대로 짜낸 프리미엄 주스를 말하며, 시장 규모는 매년 두 자릿수 이상의 꾸준한 성장세를 보이고 있다. 특히, 그 중에서도 오렌지주스는 국내 음료시장에서 가장 큰 비중을 차지하고 있으며, 자몽주스는 다이어트 및 피로회복 등의 효능들이 알려지면서 매년 가장 높은 성장률로 판매가 급증하고 있다(6). 오렌지주스와 자몽주스는 포도당, 과당, 서당과 같은 당류와 아스코르브산, 시트르산과 같은 유기산의 함량이 높고 단맛과 신맛이 조화를 이루는 대표적인 천연과즙음료로, 비타민 C의 함량이 높아 영양적인 가치를 주목받고 있다(7). 또한 소비자들의 원과에 가까운 주스에 대한 선호도와 천연소재식품을 선호하는 경향에 따라 이들 착즙주스 시장의 규모는 꾸준히 성장할 것으로 예상된다(8). 오렌지 및 자몽주스는 국내 과채음료시장에서 높은 점유율을 가지고 있으며, 현재 여러 제조사에서 다양한 브랜드 제품들이 판매되고 있다.

국내 과일음료 관련 연구로는 주스의 살균 및 저장온도에 따른 품질특성 연구, 항산화활성, 항균활성 및 항혈전활성 등이 보고되어 있다(1,2,7-11). 그러나 대부분이 과일 농축액에 물을 넣어 희석하여 제조된 주스나 과일외에 착향료나 비타민 C 등을 첨가하여 제조된 주스를 대상으로 연구되어 있어, 천연과즙으로만 제조된 주스류에 대한 이화학적 특성 및 기능성 연구가 필요하다. 따라서 본 연구는 착즙 방법으로 제조되어 시판되고 있는 100% 오렌지 및 자몽주스 6종의 이화학적 특성과 기능성 성분의 함량 및 항산화 활성을 비교 분석함으로써 향후 경쟁력 있는 제품개발에 도움이 될 수 있는 기초자료를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용된 주스는 오렌지 및 자몽 착즙주스이며 각각 3종류씩 총 6종으로 시판되는 제품을 구입하여 사용하였다. 각 주스의 상세한 정보는 Table 1과 같으며, 오렌지주스와 자몽주스를 각각 OJ1, OJ2, OJ3, GJ1, GJ2, GJ3로 명명하였다. 주스는 모두 100% 착즙주스이며, 물과 방부제를 첨가하지 않은 제품으로, 펄프가 함유된 주스는 여과지

를 이용하여 액체만 분리하여 사용하였다. 주스의 이화학적 특성은 개봉 즉시 측정하였으며, 기능성 성분 함량 및 항산화 활성 측정은 -30°C deep freezer(MDF-435, Sanyo, Tokyo, Japan)에 보관하면서 사용하였다.

이화학적 특성 및 환원당 함량

오렌지 및 자몽주스의 pH는 pH meter(Orion 3 star Benchtop, Thermo Orion, Beverly, MA, USA)로 측정하였다. 산도는 주스 10 mL에 증류수 90 mL를 가하여 10배 희석 후 10 mL를 취해서 0.1 N NaOH 용액을 가하여 pH 8.3이 될 때까지 적정하여 그 소비된 양을 citric acid로 환산하였다. 가용성 고형물 함량은 굴절계(refractometer, N-1E, Atago Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 측정하였다. 환원당 함량은 dinitrosalicylic acid(DNS)법(12)에 따라 정량하였다. 즉, 시험관에 시료 1 mL와 DNS시약 1 mL를 넣은 후 100°C온도에 10분간 증탕시킨 다음 냉각하고 550 nm에서 흡광도(spectrophotometer, U-2900, Hitachi, Tokyo, Japan)를 측정하였다. 이때 환원당 함량은 glucose(Sigma-Aldrich Co. Ltd., St. Louis, MO, USA)를 표준물질로 하여 작성한 검량선으로 부터 환산하여 구하였다.

유리당, 유기산 및 아스코르브산 함량 측정

유리당, 유기산 및 아스코르브산 함량은 각 시료를 4°C, 8,000 rpm에서 20분간 원심분리(Supra-21K, Hanil, Incheon, Korea)하고, 얻어진 상등액을 취하여 0.45 µm membrane filter(Milipore, Billerica, MA, USA)로 여과한 후 HPLC(Water 1515, Waters Co., Milford, CA, USA)로 분석하였다. 유기산 및 아스코르브산 분석에 사용된 용매는 20 mM NaH₂PO₄(pH2.7)이었으며, 유속은 0.5 mL/min 이었다. 칼럼은 Atlantis™ dC₁₈(4.6×150 mm, 5 µm, Waters Co.)을, 검출기는 ultra violet detector(Waters Co.)를 사용하였다. 유리당은 분석에 사용된 칼럼은 Carbohydrate analysis column(3.9×300 mm, 10 µm, Waters Co.), 용매는 75% acetonitrile(Fisher Co., Hampton, NH, USA), flow rate는 1.0 mL/min 그리고 검출기는 refractive index detector(Waters Co.)를 사용하였다. 이때 각각의 함량은 표준물질의 면적으로부터 얻은 검량선으로 부터 환산하여 구하였다.

Table 1. List of commercial fruit juices used in the experiments

Sample	Ingredient	Origin	Manufacturer	Data of manufacture	Remark
OJ1	Orange	USA	P. Co	2018.07.11	Orange juice 92%, Orange pulp 8%
OJ2	Orange	Spain	W. Co	2018.07.05	Orange 100%
OJ3	Orange	USA	M. Co	2018.07.04	Orange juice 98.3%, Orange pulp 1.7%
GJ1	Grapefruit	USA	P. Co	2018.07.09	Grapefruit juice 94%, Grapefruit pulp 6%
GJ2	Grapefruit	USA	M. Co	2018.07.10	Grapefruit 100%
GJ3	Grapefruit	Spain	L. Co	2018.07.09	Grapefruit 100%

총 폴리페놀 함량 측정

오렌지주스 및 자몽주스의 총 폴리페놀 함량은 Folin-Denis법(13)을 변형하여 측정하였다. 시험관에 주스 10 μ L를 취하고 10% Folin-ciocalteu's phenol reagent 20 μ L를 첨가한 후 실온에서 5분간 방치한 다음 700 mM Na_2CO_3 용액 80 μ L를 첨가한 후 실온에서 1시간 방치하고 microplate reader(EPOCH, BioTek Instrument Inc., Winooski, VT, USA) 기를 이용하여 725 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이 때 gallic acid(Sigma-Aldrich Co. Ltd., St. Louis, MO, USA)을 이용하여 얻은 표준곡선을 통해 총 폴리페놀의 함량을 산출하였다.

총 플라보노이드 함량 측정

오렌지 및 자몽주스의 총 플라보노이드 함량 측정은 Davis(14)의 방법으로 측정하였다. 시험관에 각 농도의 주스 용액 0.5 mL에 90% diethylene glycol을 10 mL씩 가하여 혼합하였다. 그 후 1 N NaOH 0.1 mL가하여 잘 혼합하여 실온에서 10분 동안 반응시킨 후 spectrophotometer(U-2900, Hitachi)를 이용하여 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이 때 총 플라보노이드의 함량은 naringin(Sigma-Aldrich Co. Ltd.)을 이용해 얻은 표준곡선을 이용하여 산출하였다.

DPPH 라디칼 소거능 측정

오렌지 및 자몽주스의 DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) 라디칼 소거능은 Park과 Yoon(15)의 방법에 따라 측정하였다. 각 주스 100 μ L씩을 microplate에 취하고 DPPH 용액을 200 μ L씩 첨가하여 37°C에서 30분간 반응시키고, microplate reader(EPOCH, BioTek Instrument Inc.)기를 이용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였으며, DPPH radical scavenging activity (%) = $100 - [(absorbance\ of\ sample / absorbance\ of\ control) \times 100]$ 에 의하여 활성도를 산출하였다.

ABTS 라디칼 소거능 측정

오렌지 및 자몽주스의 ABTS (2,2-Azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)) 라디칼 소거능은 Oh와 Yoon(16)의 방법을 변형하여 측정하였다. 7 mM ABTS와 2.54 mM potassium persulfate를 증류수에 용해하고 암소에서 12-16시간 방치하여 ABTS radical cation을 형성시킨 후 80% ethanol을 이용하여 734 nm에서 0.700(\pm 0.02)가 되도록 희석하였다. 주스를 microplate에 10 μ L 취하고 희석된 ABTS 용액 190 μ L를 가하여 실온에서 6분동안 반응시킨 후 microplate reader(EPOCH, BioTek Instrument Inc.)기를 이용하여 734 nm에서 흡광도를 측정하였으며, ABTS radical scavenging activity (%) = $100 - [(absorbance\ of\ sample / absorbance\ of\ control) \times 100]$ 에 의하

여 활성을 산출하였다.

환원력 측정

오렌지주스 및 자몽주스의 환원력은 Park과 Yoon(15)의 방법을 변형하여 측정하였다. e-Tube에 희석한 주스 용액 100 μ L를 취하고 0.2 M sodium phosphate buffer(pH 6.6) 및 1% potassium ferricyanide를 각각 100 μ L를 첨가하여 50°C에서 20분간 반응시켰다. 이 용액에 10% trichloroacetic acid 100 μ L를 첨가하여 25°C, 4,000 rpm에서 10분간 원심분리 하였다. 상등액을 microplate에 200 μ L를 취하고 0.1% ferric chloride와 증류수를 각각 40 μ L씩 넣고 700 nm에서 microplate reader(EPOCH, BioTek Instrument Inc.)기를 이용하여 측정하였다.

통계분석

본 실험 결과는 3반복으로 수행된 평균값과 표준편차로 나타내었으며, 각 실험의 통계분석은 IBM SPSS(23, IBM Corp., Armonk, NY, USA) 통계프로그램을 이용하여 $p < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test를 행하였다.

결과 및 고찰

이화학적 특성

국내에서 시판되고 있는 오렌지주스 3종과 자몽주스 3종의 이화학적 특성을 Table 2에 나타내었다. pH는 GJ2가 3.14로 가장 낮은 값을, OJ1이 3.84로 가장 높은 값을 나타내었으며, 전체적으로 오렌지주스가 자몽주스 보다 높은 pH 값을 나타내었고, 같은 종류의 주스더라도 pH 값의 차이를 보였다. Kim 등(9)은 오렌지 3종을 착즙한 주스의 이화학적 특성을 조사한 결과, 청견 오렌지, 수입산 오렌지, 한라봉이 각각 pH 3.35, 3.82, 3.93로 오렌지 종류에 따라 pH가 다르다고 보고하였다. 또한 Yang 등(17)은 감귤의 수확시기가 늦은 것일수록 주스의 pH가 높아지는 것으로 보고하였다. 따라서 본 연구에 나타난 pH의 차이는 주스 제조에 사용된 과일의 수확시기에 의한 영향과 각각의 주스에 함유된 유기산의 함량 차이에 기인한 것으로 판단된다(Table 4). 산도의 경우 자몽주스가 오렌지주스 보다 높은 산도를 나타내었으며, GJ1이 1.14%로 가장 높은 값을, OJ3가 0.67%로 가장 낮은 값을 보였다. 가용성 고형분 함량은 9.30-13.60 °Brix였으며, OJ2가 13.60 °Brix로 가장 높은 값을 나타낸 반면, GJ2가 9.30 °Brix로 가장 낮은 값을 나타내었다. 주스의 환원당 함량은 44.73-71.52 mg/mL의 범위를 보였으며, GJ3가 71.52 mg/mL로 가장 높은 함량을 보였고, OJ1이 44.73 mg/mL로 가장 낮은 함량을 보였다. Chung(2)은 100% 원액으로 제조된 2종의 시판 오렌지 주스의 환원당 함량을 측정한 결과, 각각 28.42 mg/mL와 71.52

mg/mL로 보고되어 본 연구결과에 비해 낮거나 유사한 함량을 보였다.

Table 2. Physicochemical properties of commercial orange and grapefruit juices

Sample	pH	Acidity (%)	Soluble solid content (%)	Reducing sugar content (mg/mL)
OJ1	3.84±0.00 ^{1(a2)}	0.72±0.03 ^d	11.86±0.11 ^d	44.73±0.07 ^d
OJ2	3.54±0.01 ^c	0.85±0.03 ^c	13.60±0.27 ^a	70.10±0.71 ^b
OJ3	3.82±0.00 ^b	0.67±0.00 ^d	12.30±0.10 ^c	45.52±0.71 ^d
GJ1	3.17±0.00 ^e	1.14±0.03 ^a	13.50±0.27 ^a	52.73±0.14 ^c
GJ2	3.14±0.00 ^f	1.10±0.06 ^{ab}	9.30±0.00 ^e	45.02±0.26 ^d
GJ3	3.23±0.00 ^d	1.06±0.03 ^b	12.73±0.06 ^b	71.52±0.47 ^a

¹Mean±SD (n=3).

²Values with different superscript letter in the column are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

유리당 함량

유리당 함량은 주스의 원재료인 과실의 단맛에 영향을 미치는 중요한 요소이다. 오렌지주스 및 자몽주스의 총 유리당 함량은 Table 3과 같이 61.84-98.67 mg/mL로 나타났으며, OJ2가 가장 높은 함량을 보였다. 각 함량은 glucose가 16.61-28.48 mg/mL, fructose가 18.29-29.53 mg/mL, sucrose가 25.88-41.70 mg/mL로, 모든 주스에서 sucrose 함량이 가장 높았다. Lee와 Coates(18)는 sucrose가 citrus 주스에서 가용성 고형분의 주성분이며 유리당 중에서 가장 많은 함량을 차지한다고 보고하여 본 연구 결과와 일치하였다. Niu 등(19)은 LA지역에서 생산된 오렌지로 제조된 주스의 유리당은 sucrose(42.30 g/L), fructose(24.13 g/L), glucose(22.16 g/L) 순으로 높은 함량을 나타내었다고 보고하였다. 또한 Zheng 등(20)은 자몽 펄프의 유리당 함량이 sucrose, fructose, glucose 순으로 높게 검출되었으며, 그 비율이 각각 2:1:1이라고 보고하여서 본 연구의 결과와 유사하였다.

Table 3. Free sugar content of commercial orange and grapefruit juices

Sample	(mg/mL)			
	Sucrose	Fructose	Glucose	Total
OJ1	33.75±8.81 ^{1(bc2)}	24.29±1.13 ^b	22.81±1.09 ^b	80.85±5.94 ^b
OJ2	41.70±1.53 ^a	28.76±0.30 ^a	28.21±0.56 ^a	98.67±7.63 ^a
OJ3	38.29±1.44 ^{ab}	18.75±0.25 ^d	16.61±0.28 ^c	73.65±11.95 ^c
GJ1	28.56±0.98 ^{cd}	21.99±0.13 ^c	21.13±0.07 ^c	71.67±4.06 ^c
GJ2	25.88±0.27 ^d	18.29±0.24 ^d	17.67±0.16 ^d	61.84±5.94 ^d
GJ3	36.07±0.63 ^{ab}	29.53±0.37 ^a	28.48±0.25 ^a	94.08±4.12 ^a

¹Mean±SD (n=3).

²Values with different superscript letter in the column are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

유기산 및 아스코르브산 함량

주스에 함유된 유기산의 조성 및 총 함량을 분석한 결과는 Table 4와 같았으며, 모두 5종의 유기산이 확인되었다. 모든 시료에서 citric acid가 가장 높은 함량을 나타내었으며, 특히 자몽주스(10.13-12.01 mg/mL)가 오렌지주스(6.73-7.63 mg/mL)에 비해 유의적으로 높은 함량을 보였다. 자몽주스 중에서는 GJ1이 12.01 mg/mL로 높았고, 오렌지주스 중에서는 OJ2가 7.63 mg/mL로 가장 높은 함량을 보였다. Kim 등(21)은 자몽주스와 오렌지주스의 citric acid 함량이 각각 937.3 mg/100mL, 688.7 mg/100mL로 보고하여 본 결과와 유사하였다. Citric acid는 감귤류에 풍부하게 함유된 유기산으로 각종 청량음료, 과일주스, 과일젤리, 채소통조림, 유제품, 마요네즈, salad dressing 등에 널리 사용되며 상쾌한 산미를 갖게 한다. Lactic acid의 경우 주스의 종류에 따라 함유량에 큰 차이를 보였으며, OJ2가 4.31 mg/mL로 가장 높은 함량을 나타내었고 다음으로 GJ2(3.26 mg/mL), OJ3(3.13 mg/mL) 순으로 함량이 높았다. 주스 중 malic acid는 0.88-1.74 mg/mL 범위로 함유되어 있었으며, citric acid와 lactic acid와 함께 주스의 주요 유기산으로 검출되었다. 따라서 이상의 세 가지 유기산이 오렌지주스와 자몽주스의 신맛을 주는 주요 요인으로 작용할 것으로 판단된다. 모든 주스에서 oxalic acid는 0.26-0.35 mg/mL로 가장 낮은 함량을 나타내었다. Niu 등(19)은 Trovita지역(LA)에서 재배된 오렌지의 유기산 조성 및 함량을 측정된 결과, citric acid(6.97 g/L)가 가장 많이 함유되어 있었으며, 다음 malic acid(1.55 g/L)가 높은 함량을 보인 반면, oxalic acid의 함량이 가장 낮은 것으로 보고되어 본 연구 결과와 유사하였다. Song 등(22)은 감귤류에서 전체 유기산에 대한 구성비율이 citric acid가 90% 이상, malic acid가 0.98-9.45%, oxalic acid가 3.58% 이하로 함유되어 있으며, 품종이나 성숙도 및 재배 지역의 차이에 따라 달라질 수 있다고 보고하였다. 오렌지 및 자몽 주스의 ascorbic acid 함량은 OJ2(0.42 mg/mL)가 가장 높았고, OJ3(0.35 mg/mL), GJ2(0.31 mg/mL), GJ1(0.21 mg/mL), OJ1(0.20 mg/mL), GJ3(0.19 mg/mL) 순으로 나타났다. 선행된 과일주스의 ascorbic acid 함량과 비교해보면(23-25), 자몽주스가 36.0 mg/100mL 및 0.46 g/L이었고, 오렌지주스가 0.64 g/L 및 0.52 g/L, 47.81 mg/100mL로 본 연구결과에 비해 다소 높게 보고되었다.

총 폴리페놀 함량

폴리페놀은 식물계에서 발견되는 2차 대사산물로서 페놀 구조가 2개 이상으로 구성된 화합물이다. 페놀성 화합물의 하이드록실기가 효소 단백질 및 금속이온과 결합하여 높은 항산화, 항염증 및 항암 효과를 나타내는데, 이는 연쇄 반응에서 alkyl 라디칼이나 alkylperoxyl 라디칼에 수소를 공여하여 라디칼을 제거함으로써 산화를 억제하는 작용을

Table 4. Organic acid content of commercial orange and grapefruit juices

Sample	Citric acid	Lactic acid	Tartaric acid	Malic acid	Oxalic acid	Ascorbic acid	Total
OJ1	7.12±0.34 ^{1)(c2)}	0.97±0.53 ^c	0.69±0.08 ^a	1.82±0.63 ^a	0.26±0.14 ^a	0.20±0.01 ^c	11.40±2.63 ^d
OJ2	7.63±0.91 ^c	4.31±0.93 ^a	0.58±0.11 ^{ab}	1.55±0.29 ^b	0.26±0.04 ^b	0.42±0.08 ^a	14.10±2.94 ^{bc}
OJ3	6.73±0.13 ^c	3.13±0.43 ^b	0.61±0.07 ^a	1.74±0.10 ^{ab}	0.28±0.02 ^b	0.35±0.04 ^{ab}	12.83±2.51 ^{cd}
GJ1	12.01±0.22 ^a	1.88±0.22 ^c	0.35±0.09 ^c	1.19±0.01 ^c	0.35±0.01 ^a	0.21±0.01 ^c	16.00±4.62 ^a
GJ2	10.77±0.48 ^b	3.26±0.46 ^b	0.32±0.05 ^c	0.88±0.06 ^d	0.26±0.00 ^b	0.30±0.03 ^b	15.79±4.15 ^{ab}
GJ3	10.13±0.47 ^b	1.52±0.41 ^c	0.50±0.10 ^{bc}	1.48±0.04 ^b	0.31±0.01 ^{ab}	0.19±0.01 ^c	13.93±3.96 ^{bc}

¹⁾Mean±SD (n=3).

²⁾Values with different superscript letter in the column are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

Table 5. Total polyphenol and flavonoid contents of commercial orange and grapefruit juices

Sample	Total polyphenol (µg GAE ¹⁾ /mL)	Total flavonoid (µg NE/mL)
OJ1	646.5±5 ^{1)(d3)}	52.5±0.6 ^f
OJ2	910.7±18.8 ^a	68.1±1.2 ^d
OJ3	798.2±13.8 ^b	55.6±0.6 ^e
GJ1	732.3±9.5 ^c	93.3±0.7 ^e
GJ2	779.8±16.1 ^b	107.6±0.9 ^a
GJ3	630.7±32.5 ^d	106.1±1.0 ^b

¹⁾GAE, gallic acid equivalent; NE, naringin equivalent.

²⁾Mean±SD (n=3)

³⁾Values with different superscript letter in the column are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

하기 때문이다(2). 주스의 총 폴리페놀 함량을 측정된 결과 (Table 5), OJ2가 910.7 µg GAE/mL로 유의적으로 가장 높은 값을 보였다. 그 다음으로 OJ3(798.2 µg GAE/mL), GJ2(779.8 µg GAE/mL), GJ1(732.3 µg GAE/mL) 순으로 높은 함량을 보였으며, OJ1(646.5 µg GAE/mL)과 GJ3(630.7 µg GAE/mL)는 낮은 함량을 나타내었다. 이와 같이 같은 종류의 과일임에도 제조사에 따라 총 폴리페놀 함량이 차이가 있음을 확인하였는데, 이는 수입된 과일의 품종, 재배지 및 제조 방법(필프의 유무)의 차이에 기인한 것으로 판단된다. Lee 등(26)은 시판 중인 포도주스의 총 폴리페놀 함량을 분석한 결과 제조사에 따라 함량의 차이를 보고하였는데, 이는 수입된 과즙 원액의 혼합 비율 및 제조 방법에 의한 차이로 보고하였다. Gardner 등(27)은 100% 과즙을 함유한 시판 오렌지주스 및 자몽주스의 총 폴리페놀 함량을 측정된 결과, 각각 755 µg GAE/mL, 535 µg GAE/mL라고 보고하여 본 연구 결과와 유사하였다. 반면에 Gorinstein 등(28)은 갓 짜낸 오렌지주스 및 자몽주스에서 각각 962.1 µg GAE/mL, 906.9 µg GAE/mL의 폴리페놀 함량을 보고하여 본 연구 결과에 비해 높은 함량을 나타내었다. Hwang 등(29)은 총 폴리페놀 함량이 전반적으로 색도가 높을수록 증가하고,

청징주스보다 혼탁주스의 페놀 함량이 약 4-12배 많다고 하였는데, 이는 청징화 과정에서 페놀성 화합물의 일부가 섬유질과 함께 제거되었기 때문이라고 보고하였다. 본 연구에서 사용한 OJ1과 OJ3에는 펄프가 함유된 것으로, 실험 전 여과 과정을 거쳐 사용을 하였기에 그 과정에서 섬유질과 함께 폴리페놀 화합물이 제거되어서 OJ2에 비해 낮은 값이 나온 것으로 판단된다. 따라서 주스 제조 시 청징화 과정을 거치지 않고 과일주스에 함유된 폴리페놀의 손실을 최소화 한다면, 높은 페놀함량으로부터 얻을 수 있는 건강 기능성의 이점을 소비자에게 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

총 플라보노이드 함량

플라보노이드는 C6-C3-C6를 기본 골격으로 하는 식물성 폴리페놀계 화합물이다. 플라보노이드는 탄소고리의 화학적 구조 차이에 따라서 6가지의 종류(flavanol, flavanone, flavone, isoflavone, flavonol, anthocyanidin)로 나뉜다. 주스의 총 플라보노이드 함량을 측정된 결과는 Table 5와 같이, 자몽주스(93.3-107.6 µg NE/mL)가 오렌지주스(52.6-68.1 µg NE/mL)에 비해 유의적으로 높은 함량을 보였다. Chung(2)은 시판 오렌지주스의 총 플라보노이드 함량을 72.42 µg/mL, 77.39 µg/mL로 보고하여 본 실험 결과에 비해 다소 높은 함량을 보였다. Ross 등(30)은 시판 자몽주스에 함유된 플라보노이드를 정성 및 정량 분석한 결과 naringin, naringin, hesperidin, neohesperidin, didymin, poncirin 및 quercetin의 7가지 플라보노이드가 확인되었으며, 이 중 주된 플라보노이드는 naringin, naringin, hesperidin이며 특히 naringin이 가장 많이 함유되어 있다고 보고하였다. Naringin은 flavanone의 하나로 감귤류 껍질에 높은 농도로 함유되어 있으며, 쓴맛이 강하다는 특징이 있고, 미생물에 대한 항균 효과 및 항산화 효과, 항염증 효과, 항고혈압 효과 등 다양한 생리활성을 가진다(31). e Silvia 등(32)은 착즙 오렌지 주스에 함유된 플라보노이드의 함량을 분석한 결과, naringin, hesperidin, poncirin 및 naringenin이 주요

flavon으로 검출되었으며, 이 중 hesperidin 함량이 가장 높고 naringin의 함량이 가장 낮다고 보고하였다. Hesperidin은 오렌지 주스의 총 플라보노이드의 90%를 차지하고 있으며, 심혈관계 질환예방, 산화스트레스에 대한 억제효과 및 염증에 대한 면역방어의 역할 등 다양한 생리 기능성을 가진다(33). 따라서 오렌지주스 및 자몽주스에 함유된 높은 플라보노이드 함량으로 이들 주스 섭취 시 다양한 생리 기능성을 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

항산화 활성

오렌지주스 및 자몽주스의 항산화 활성을 확인하기 위해 DPPH 라디칼 소거능, ABTS⁺ 라디칼 소거능 및 환원력을 측정하였으며, 그 결과를 Table 6에 나타내었다. DPPH 라디칼 소거능은 비교적 안정한 라디칼로서 항산화 물질에 의해 환원되면 DPPH의 보라색이 탈색되는데, 이 원리를 이용하여 주로 페놀성 화합물의 항산화능 측정에 많이 사용된다(34). DPPH 라디칼 소거능을 측정한 결과, OJ2와 OJ3, GJ2가 각각 95.96%, 90.74%, 88.33%로 높은 값을 보였으며, 그 다음 GJ1(72.12%), GJ3(70.58%)의 순이었고, OJ1(60.55%)이 유의적으로 가장 낮은 소거능을 나타내었다. Xu 등(35)은 여러 감귤 착즙주스의 DPPH 라디칼 소거능을 측정한 결과, 4종의 감귤주스 모두 1종의 자몽주스 보다 활성이 높았다고 보고하였고, Lee 등(26)은 100% 원액으로 된 과일 주스들의 DPPH 라디칼 소거능을 측정한 결과 자몽주스가 오렌지주스 보다 높은 활성을 나타내었다고 보고하여 각 연구 결과에 차이가 있음을 확인 할 수 있었다. Chung(2)과 Lee 등(36)은 주스의 항산화 능력을 측정한 결과 같은 종류의 과일주스라도 DPPH 소거능에 큰 차이가 있었다고 보고하여 본 연구와 유사하였다. 이는 동일한 종류의 과일주스라도 과일 원재료의 품종이나 재배지 및 제조방법 등에 의한 차이로 판단된다.

ABTS⁺라디칼 소거능은 potassium persulfate와의 반응에 의해 생성된 ABTS유리 라디칼이 시료 내의 항산화 물질에 의해 제거되어 라디칼 특유의 색인 청록색이 탈색되는 것을 이용한 방법이다(37). 각 주스의 ABTS+라디칼 소거능을 측정한 결과, OJ2(70.66%), OJ3(64.76%), GJ2(50.97%)가 DPPH 라디칼 소거능 결과와 같은 순서로 높은 값을 나타내었으며, DPPH 라디칼 소거능 결과에서 가장 낮은 값을 나타내었던 OJ1(46.68%)이 GJ1과 GJ3에 비해 높은 활성을 나타내었다. 일반적으로 라디칼 소거능은 항산화력을 가진 페놀성 물질의 함량이 높을수록 활성이 증가하며 이들 소거활성은 유의적인 상관관계를 갖는 것으로 알려져 있지만(38,39), Wang 등(40)은 폴리페놀 종류에 따라 ABTS 라디칼은 제거하지만 DPPH 라디칼은 제거하지 못하는 경우가 있다고 보고하였다. 따라서 본 연구결과에서 OJ1의 ABTS 라디칼 소거능이 DPPH 라디칼 소거능과 다른 결과를 보인 것은 주스에 함유된 폴리페놀 및 플라보노이드

종류의 차이에 기인한 것으로 판단된다.

환원력은 시료에 존재하는 reductone이 제공하는 수소 원자가 유리 라디칼 시슬을 분해함으로써 자동 산화반응을 종결시켜 항산화 활성을 나타내는 것으로, 환원력 측정 시 사용되는 흡광도 수치는 그 자체로 시료의 항산화 능력을 나타낸다. 주스의 환원력은 1.11-0.70의 범위를 보였으며, 이 중 OJ2가 1.11으로 유의적으로 가장 높은 값을, 이어서 OJ3가 0.96으로 높은 환원력을 보였고, OJ1이 0.70으로 가장 낮은 환원력을 보였다. 각 주스의 환원력은 ABTS 라디칼 소거 활성과 같은 경향을 보였는데, 이는 주스에 함유된 폴리페놀 함량에 기인한 것으로 판단된다. 일반적으로 폴리페놀과 항산화 활성은 양의 상관관계를 보이며, 다양한 종류의 야채, 과일 및 음료에서 라디칼 소거능과 폴리페놀 농도 간의 선형 상관관계가 있음이 보고되었다(38). 또한 Stella 등(39)은 오렌지주스에서 총 페놀 함량과 총 항산화 활성과의 상관계수가 $r=0.9574$ 로 매우 높았고, 총 페놀 함량이 높을수록 항산화능이 높다고 보고하였다.

Table 6. Antioxidant activity of commercial orange and grapefruit juices

Sample	DPPH radical scavenging activity (%)	ABTS radical scavenging activity (%)	Reducing power
OJ1	60.55±1.52 ^{1)(c2)}	46.68±2.13 ^d	0.70±0.03 ^c
OJ2	95.96±1.53 ^a	70.66±1.40 ^a	1.11±0.01 ^a
OJ3	90.74±8.33 ^a	64.76±0.69 ^b	0.96±0.04 ^b
GJ1	72.12±0.35 ^b	42.86±2.16 ^c	0.84±0.01 ^d
GJ2	88.33±5.62 ^a	50.97±0.16 ^c	0.88±0.01 ^c
GJ3	70.58±2.71 ^b	39.63±3.19 ^c	0.71±0.02 ^c

¹⁾Mean±S.D (n=3).

²⁾Values with different superscript letter in the column are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

요 약

본 연구에서는 시판되는 100% 오렌지 및 자몽주스 6종의 이화학적 특성과 기능성 성분의 함량 및 항산화 활성을 측정하였다. pH는 오렌지주스가 자몽주스 보다 높았으며, 산도는 자몽주스가 오렌지주스보다 높았다. 가용성 고형분 함량은 OJ2가 13.60 °Brix으로 가장 높았으며 환원당 함량은 44.73-71.52 mg/mL으로 나타났다. 총 유리당은 OJ2가 98.67 mg/mL으로 가장 많은 함량을 나타내었으며 sucrose, fructose, glucose 순으로 높은 함량을 나타내었다. 유기산은 모두 6종이 확인되었으며, 모든 주스에서 citric acid의 함량이 가장 높았다. 총 폴리페놀의 함량은 OJ2 및 OJ3에서 높게 측정되었으며, 총 플라보노이드의 함량은 GJ2 및 GJ3에서 높은 함량을 보였다. 항산화 활성은 OJ2의 DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능 및 환원력이 각각 95.96%,

70.66%, 1.11로 가장 높은 활성을 보였다. 이상의 연구 결과 국내 시판 오렌지 주스와 자몽 주스 제품들은 각각 서로 다른 이화학적 특성과 항산화 활성을 나타내었다.

References

1. Cho MR, Lee HJ, Kang MH, Min HS (2017) Comparison of antioxidant activity and prevention of lymphocyte DNA damage by fruit and vegetable juices marketed in Korea. *J Nutr Health*, 50, 1-9
2. Chung HJ (2012) Comparison of physicochemical properties and physiological activities of commercial fruit juices. *Korean J Food Preserv*, 19, 712-719
3. Lichtenthaler R, Marx F (2005) Total oxidant scavenging capacities of common european fruit and vegetable juices. *J Agric Food Chem*, 53, 103-110
4. Ministry of Health and Welfare, Korea Centers for Disease Control and Prevention. Korea Health Statistics 2017: Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES VII-2). https://knhanes.cdc.go.kr/knhanes/sub04/sub04_03.do?classType=7 (accessed March 2019)
5. Park H, Song JY, Chea K, Lee H, Choi H (2012) Quality characteristics and functional components of bokbunja (black Raspberry) juice. *Food Eng Prog*, 16, 52-57
6. Korea Agro-Fisheries & Food Trade Corporation (2017) Food Information Statistics System. <https://www.atfis.or.kr/article/M001050000/view.do?articleId=2659> (accessed March 2019)
7. Sohn KS, Seog EJ, Lee JH (2006) Quality changes of orange juice as influenced by clarification methods. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 35, 378-382
8. Jang KW, Hur JK, Kim SK, Back YJ (1996) Effects of pasteurization and storage temperatures on the quality of orange juice. *Korean J Food Sci Technol*, 28, 8-14
9. Kim HY, Kim MJ, Woo EY (2000) Physicochemical and sensory properties of freshly squeezed orange juice using domestic and imported oranges. *Korean J Dietary Culture*, 15, 189-194
10. Lee HY, Seog HM, Nam YJ, Chung DH (1987) Physico-chemical properties of Korean mandarin (*Citrus reticula*) orange juices. *Korean J Food Sci Technol*, 19, 338-345
11. Hwang JY, Pyo YH (2016) Comparison of organic acid contents and xanthin oxidase inhibitory activities of commercial fruit juices and vinegars. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 45, 1685-1690
12. Miller GL (1959) Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal Chem*, 31, 426-428
13. Folin O, Denis W (1912) On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *J Biol Chem*, 12, 239-243
14. Davis WB (1947) Determination of flavanones in citrus fruits. *Anal Chem*, 19, 476-478
15. Park BY, Yoon KY (2018) Conditions for hydrolysis of perilla seed meal protein for producing hydrolysates and ultrafiltered peptides and their antioxidant activity. *Korean J Food Preserv*, 25, 605-612
16. Oh MH, Yoon KY (2018) Comparison of the biological activity of crude polysaccharide fractions obtained from *Cedrela sinensis* using different extraction methods. *Pol J Food Nutr Sci*, 68, 327-334
17. Yang J, Choi IS, Lee JH, Cho CW, Kim SS (2012) Change of physicochemical properties and hesperidin contents of Jeju processing citrus fruits with the harvest date. *Korean J Food Preserv*, 19, 652-658
18. Lee HS, Coates GA (2000) Quantitative study of free sugars and myo-inositol in citrus juices by HPLC and literature compilation. *J Liq Chrom Rel Technol*, 23, 2123-2141
19. Niu LY, Wu JH, Liao XJ, Chen F, Wang ZF, Zhao GH, Hu XS (2008) Physicochemical characteristics of orange juice samples from seven cultivars. *Agric Sci China*, 7, 41-47
20. Zheng HW, Zhang QY, Quan JP, Zheng Q, Xi WP (2016) Determination of sugars, organic acids, aroma components, and carotenoids in grapefruit pulps. *Food Chem*, 205, 112-121
21. Kim YM, Hwang SJ, Seo Mm, Jin SR, Lee KT (2016) Organic acid and sugar contents in different domestic fruit juices. *Korean J Agric Sci*, 43, 705-714
22. Song EY, Choi YH, Kang KH, Koh JS (1998) Free sugar, organic acid, hesperidin, naringin and inorganic elements changes of Cheju citrus fruits according to harvest date. *Korean J Food Sci Technol*, 30, 306-312
23. Igual M, Garcia-Martinez E, Camacho MM, Martinez-Navarrete N (2010) Effect of thermal treatment and storage on the stability of organic acids and the functional value of grapefruit juice. *Food Chem*, 118, 291-299
24. Nour V, Trandafir I, Ionica ME (2010) HPLC organic acid analysis in different citrus juices under reversed phase conditions. *Not Bot Hort Agrobot*, 38, 44-48

25. Buyuktuncel E, Kalkan O, Sahin E (2017) Determination of organic acids in natural and commercial orange juices by HPLC/DAD. *J Biol Chem*, 45, 411-416
26. Lee HR, Jung BR, Park JY, Hwang IW, Kim SK, Choi JU, Lee SH, Chung SK (2008) Antioxidant activity and total phenolic contents of grape juice products in the Korean market. *Korean J Food Preserv*, 15, 445-449
27. Gardner PT, White TAC, Mcphail DB, Duthie GG (2000) The relative contributions of vitamin C, carotenoids and phenolics to the antioxidant potential of fruit juices. *Food Chem*, 68, 471-474
28. Gorinstein S, Leontowicz H, Leontowicz M, Krzeminski R, Gralak M, Martin-Belloso O, Delgado-Licon E, Haruenkit R, Katrich E, Park YS, Jung ST, Trakhtenberg S (2004) Fresh Israeli Jaffa blond (Shamouti) orange and Israeli Jaffa red Star Ruby (sunrise) grapefruit juices affect plasma lipid metabolism and antioxidant capacity in rats fed added cholesterol. *J Agric Food Chem*, 52, 4853-4859
29. Hwang IW, Kim CS, Chung SK (2011) The physicochemical qualities and antioxidant activities of apple juices marketed in Korea. *Korean J Food Preserv*, 18, 700-705
30. Ross SA, Ziska DS, Zhao K, ElSohly MA (2000) Variance of common flavonoids by brand of grapefruit juice. *Fitoterapia*, 71, 154-161
31. Hong KP (2011) Optimum conditions for production of fermented grapefruit extract using *Leuconostoc mesenteroides* KCTC3505. *J East Asian Soc Dietary Life*, 21, 661-668
32. e Silva LCRC, David JM, Borges RSQ, Ferreira SLC, David JP, dos Reis PS, Bruns RE (2014) Determination of flavanones in orange juices obtained from different sources by HPLC/DAD. *J Anal Methods Chem*, 2014, 296838
33. Perche O, Vergnaud-Gauduchon J, Morand C, Dubray C, Mazur A, Vasson MP (2014) Orange juice and its major polyphenol hesperidin consumption do not induce immunomodulation in healthy well-nourished humans. *Clin Nutr*, 33, 130-135
34. Kim KB, Yoo KH, Park HY, Jeong JM (2006) Anti-oxidative activities of commercial edible plant extracts distributed in Korea. *J Korean Soc Appl Biol Chem*, 49, 328-333
35. Xu G, Liu D, Chen J, Ye X, Ma Y, Shi J (2008) Juice components and antioxidant capacity of citrus varieties cultivated in China. *Food Chem*, 106, 545-551
36. Lee YJ, Kim DB, Cho JH, Baik SO, Lee OH (2013) Physicochemical characteristics and antioxidant activity of bioresource juice from Jeju. *Korean J Food Sci Technol*, 45, 293-298
37. Kim YE, Yang JW, Lee CH, Kwon EK (2009) ABTS radical scavenging and anti-tumor effects of *Tricholoma matsutake* Sing. (Pine Mushroom). *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 38, 555-560
38. Pyo YH, Lee TC, Logendra L, Rosen RT (2004) Antioxidant activity and phenolic compounds of swiss chard (*Beta Vulgaris Subspecies Cyclo*) extracts. *Food Chem*, 85, 19-26
39. Stella SP, Ferrarezi AC, dos Santos KO, Monteiro M (2011) Antioxidant activity of commercial ready-to-drink orange juice and nectar. *J Food Sci*, 76, 392-397
40. Wang M, Li J, Rangarajan M, Shao Y, LaVoice EJ, Huang TC, Ho CT (1998) Antioxidative phenolic compounds from sage (*Salvia officinalis*). *J Agric Food Chem*, 46, 4869-4873