

Comparison of Physicochemical Properties and Physiological Activities of Commercial Fruit Juices

Hai-Jung Chung

Department of Food Science and Nutrition, Daejin University, Pocheon 487-711, Korea

시판 과일주스의 이화학적 특성 및 기능성 비교

정해정

대진대학교 식품영양학과

Abstract

In this study, the physicochemical and physiological activities of 10 different commercially available juices (apple juice-A: cloud type; apple juice-B: clear type; blueberry juice; grape juice-A; grape juice-B; orange juice-A; orange juice-B; pineapple juice; pomegranate juice; and tomato juice) were investigated. The average pH, titratable acidity, Brix, and reducing sugar were 3.57, 0.57%, 13.1 °Brix, and 57.58%, respectively. The total polyphenol and flavonoid contents were within the ranges of 98.29-878.12 ug/mL and 23.82-156.63 ug/mL, respectively, and pomegranate juice showed the highest content, followed by blueberry juice and apple juice-A. In the DPPH radical scavenging assay, apple juice-A, grape juice-A, and pomegranate juice exhibited the highest activity (greater than 90%) while orange juice-B, pineapple juice and tomato juice showed the weakest. The tyrosinase inhibitory effect was highest in apple juice-A, followed by orange juice-A and blueberry juice. The reducing power was highest in pomegranate juice and lowest in pineapple juice and grape juice-A. The antioxidant activity by reducing power was highly correlated with the total polyphenol content.

Key words : juice, total phenolic content, total flavonoid content, DPPH radical scavenging activity, tyrosinase inhibitory effect, reducing power, nitrite scavenging activity

서 론

활성산소(reactive oxygen species, ROS)가 과잉으로 체내에 존재하게 되면 산화적 스트레스가 일어나 지질, 단백질 및 핵산과 같은 체내 주요 물질의 비가역적 손상을 야기하여 심장질환, 암, 당뇨, 알츠하이머, 동맥경화, 노화 등의 질병을 유발하게 된다(1-5). 활성산소에 의한 산화를 억제하고 생체를 보호하는데 항산화성분이 효과가 있는 것으로 보고(6)되면서 항산화 능력을 갖는 물질의 탐색 및 이를 이용한 제품개발에 더 많은 관심이 집중되고 있다.

한편, 과일은 비타민과 무기질이 풍부하게 함유되어 있는 알칼리성 식품으로 포도당, 과당, 서당 등에 의한 단맛과 아스코르브산, 구연산, 사과산, 주석산 등의 유기산에 의한

상쾌함 및 anthocyanin, anthoxanthin, carotenoid 등의 색소에 의한 시각적 관능성이 우수하여 널리 애용되고 있는 식품이다(7). 또한 과일에는 활성산소에 대해 보호작용이 있는 폴리페놀 성분이 풍부하게 함유되어 있어 심혈관질환, 암, 뇌졸중, 세포노화억제 및 항산화 효과 등을 나타내는 것으로 알려져 있다(8,9). 과일을 이용한 가공 형태의 제품으로는 주스류가 대표적이라 할 수 있는데 최근 소비자들의 건강 지향적 식품선택 패턴과 맞물려 기존의 탄산음료로 대표되는 음료 시장이 점차 감소하고 과일주스제품 시장이 빠르게 증가하면서 음료시장의 트렌드를 바꾸고 있다. 국제화와 개방화로 과일음료의 원료가 다양해짐에 따라 소비자의 욕구를 충족시킬 수 있는 여러 종류의 주스제품이 판매되고 있으며(7,10) 과즙함량이 낮은 희석된 음료보다는 100% 천연과즙 음료를 선호하는 경향이 증가하고 있는 추세이다(11). 국내 과일음료 관련 연구로는 사과, 포도, 오렌지 등 일부 과일을 이용한 주스의 살균 및 저장 온도에

*Corresponding author. E-mail : haijung@daejin.ac.kr
Phone : 82-31-539-1861, Fax : 82-31-539-1860

다른 품질 특성 연구, 항산화 활성, 항균활성, 항혈전 활성 등이 보고된 바 있으나(7,11-15) 시판되고 있는 다양한 주스류에 대한 이화학적 특성과 기능성을 비교 평가한 연구는 거의 없는 실정이다. 이에 본 연구에서는 국내에서 시판되는 주스류의 이화학적 특성과 기능성을 비교분석함으로써 향후 경쟁력 있는 제품개발에 도움이 될 수 있는 기초자료를 제공하고자 하였다

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용한 과일주스는 서울시내 백화점 및 마트에서 시판되고 있는 100% 원액 제품만을 2012년 5월에 구입하였고 주스 종류는 블루베리 1종, 사과 2종(혼탁형과 청징형 각각 1종), 석류 1종, 오렌지 2종, 토마토 1종, 파인애플 1종, 포도 2종이었으며 제조회사가 노출되는 것을 피하였다. 분석을 위한 주스는 원액을 이용하거나 증류수를 이용하여 4배로 희석한 후 시료로 사용하였고 환원당 측정 시에는 80배로 희석하였다. 분석에 사용된 시약은 Sigma-Aldrich (St Louis, MO, USA)에서 구입하였다.

이화학적 특성 측정

과일주스의 pH는 원액을 사용하여 pH meter (inoLab pH 720, WTW, Weilheim, Germany)로 측정하였다. 적정산도는 원심 분리한 상등액 10 mL에 0.1 N NaOH 용액을 가하여 pH 8.3이 될 때까지 적정하고 이때의 NaOH 소비량을 citric acid 함량(%)으로 환산하여 계산하였다. 당도는 원심 분리한 상등액 200 μ L를 취하여 디지털 당도계(PR-101a, Atago, Tokyo, Japan)로 측정하여 Brix로 나타내었다. 환원당은 dintrosalicylic acid (DNS)법(16)을 일부 변형하여 측정하였다. 즉, 원심 분리한 시료 100 μ L에 증류수 2 mL와 DNS 시약 1 mL를 가하여 혼합하고 water bath에서 15분간 가열한 후 급냉시켜 UV-visible spectrophotometer (Smart Plus SP-1900, Woongki Sci, Seoul, Korea)를 이용하여 546 nm에서 흡광도를 측정하였다.

총 페놀 함량 및 총 플라보노이드 함량 측정

총 페놀 함량은 Folin-Denis법(17)을 변형하여 각 시료용액 0.1 mL에 증류수 1.9 mL와 0.2 N Folin-ciocalteau's phenol reagent 0.2 mL를 가하여 균일하게 혼합한 후 실온에서 3분간 방치하였다. 여기에 Na_2CO_3 포화용액 0.4 mL와 증류수 1.9 mL를 가하여 혼합하고 실온에서 1시간 반응시킨 후 725 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이 때 총 페놀 함량은 tannic acid를 이용하여 작성한 표준곡선으로부터 구하였다. 총 플라보노이드 함량 측정은 Lee 등(18)의 방법을 변형하여 시료용액 0.2 mL에 diethylene glycol 4 mL와 1 N

NaOH 0.5 mL를 혼합하여 37°C에서 1시간 동안 반응시킨 후 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이 때 총 플라보노이드 함량은 naringin을 이용하여 얻어진 표준곡선으로부터 함량을 구하였다.

DPPH radical 소거능 측정

과일주스의 DPPH radical 소거능은 각 시료용액 0.1 mL에 0.2 mM DPPH 용액 2 mL를 가하여 혼합하고 실온에서 30분간 반응시킨 후 517 nm에서 흡광도를 측정하여 소거능(%) = $[1 - (\text{시료첨가군의 흡광도} / \text{무첨가군의 흡광도})] \times 100$ 으로 나타내었다.

Tyrosinase 활성 저해능 측정

과일주스의 tyrosinase 활성 저해능은 Kim 등 (19)의 방법을 일부 변형하여 측정하였다. 즉, 2 M phosphate buffer (pH 6.8) 2 mL와 L-DOPA 용액 0.1 mL에 각 시료용액 0.15 mL를 가하고 tyrosinase (110 unit/mL) 0.05 mL를 가한 후 혼합하여 실온에서 2분간 방치한 다음 475 nm에서 흡광도를 측정하여 다음의 식에 따라 계산하였다.

$$\text{저해능(\%)} = [1 - (A-B)/C] \times 100$$

A : 시료 첨가군의 흡광도

B : 시료 자체의 흡광도

C : 시료 무첨가군의 흡광도

환원력 측정

과일주스의 환원력(reducing power)은 Wong 등(20)의 방법을 일부 변형하여 각 시료용액 0.3 mL에 0.2 M phosphate buffer (pH 6.6) 1.1 mL와 1% potassium ferricyanide 0.6 mL를 넣은 다음 잘 혼합하고 50°C에서 20분간 반응시킨 후 실온으로 냉각시켜 10% TCA 용액 1 mL를 가하고 혼합하였다. 이 중 1.0 mL를 취하여 증류수 1 mL와 0.1% FeCl_3 0.5 mL를 가한 후 실온에서 10분간 방치한 다음 700 nm에서 흡광도를 측정하였다.

아질산염 소거능 측정

과일주스의 아질산염 소거능(nitrite scavenging ability)은 Kato 등(21)의 방법을 일부 변형하여 측정하였다. 즉, 각 시료용액 0.3 mL에 1 mM sodium nitrite 0.2 mL를 가하고 1 N HCl로 pH 1.2가 되도록 한 다음 증류수 소량을 가하여 1 mL로 맞추고 37°C에서 1시간 동안 반응시켰다. 이 용액에 2% acetic acid 3 mL와 Griess 시약 0.4 mL를 가하고 잘 혼합하여 실온에서 15분간 방치한 다음 520 nm에서 흡광도를 측정하여 다음의 식에 따라 계산하였다.

$$\text{소거능(\%)} = [1 - (A-B)/C] \times 100$$

A : 시료 첨가군의 흡광도

B : 시료 자체의 흡광도

C : 시료 무첨가군의 흡광도

통계처리

모든 실험은 3회 이상 반복 측정하여 SPSS (Version 12.0 for Window)를 이용하여 평균±표준편차를 구하였고 분산 분석(ANOVA)을 실시하여 $p<0.05$ 에서 유의적 차이가 있는 항목은 Duncan의 다중범위검정(Duncan's multiple range test)으로 실험군간 유의차를 검정하였다. 또한 총 페놀 및 총 플라보노이드 함량과 DPPH radical 소거능, tyrosinase 활성 저해능, 환원력, 아질산염 소거능 간의 상관관계를 알아보기 위해 Pearson의 상관분석을 실시하였다.

결과 및 고찰

과일주스의 이화학적 특성

시판 과일주스의 pH, 적정산도, 당도, 환원당 함량을 측정 한 결과는 Table 1과 같다. pH는 2.83~4.01의 범위로 블루베리주스가 가장 낮았고 토마토주스가 가장 높았으며 동일 종류의 과일주스는 유사한 값을 나타내었다. 적정산도는 citric acid 기준으로 0.26~1.21%로 나타났고 석류주스가 가장 높은 값을 나타내었다. 당도는 석류주스가 15.93 Brix로 가장 높았고 토마토주스가 10.90 Brix로 가장 낮았으며 환원당 함량은 석류주스와 블루베리주스가 각각 94.30 mg/mL와 93.83 mg/mL로 높게 나타났고 토마토주스가 8.16 mg/mL로 가장 낮아서 과일 종류에 따라 차이가 큰 것을 알 수 있었다. 본 실험에 사용한 사과주스-A는 혼탁형이고 B는 청징형으로 산도는 혼탁형이 더 높았고 pH, 당도,

환원당은 청징형이 더 높았다. Hwang 등(13)은 시판 사과주스 8종류의 적정산도, 당도 및 환원당 함량을 분석한 결과 적정산도는 0.299~0.556%, 당도는 10~13 Brix, 환원당 함량은 86~120 g/L의 범위라고 보고하였다. 또한 사과 주스를 청징형과 혼탁형으로 분류하여 비교하였을 때 적정산도는 청징형과 혼탁형 간에 차이가 없었고 Brix는 혼탁형이 더 높았으며 환원당 함량은 청징주스가 더 높았다고 보고(13)하여 본 실험의 결과와 다소 차이를 보였다. Lee 등(8)은 100% 과즙으로 제조한 사과주스, 포도주스, 오렌지주스의 이화학적 특성을 조사한 결과 pH는 각각 3.80, 3.27, 3.98이었고 Brix는 12.2 Brix, 13.4 Brix, 11.2 Brix이었으며 적정산도는 0.397%, 0.440%, 0.761%, 환원당 함량은 32.90 mg/mL, 48.19 mg/mL, 16.51 mg/mL였다고 보고하였다.

총 페놀 함량 및 총 플라보노이드 함량

페놀성 화합물들은 식물계에 존재하는 2차 대사산물의 하나이며 분자 내에 phenolic hydroxyl기를 가지고 있는 방향족 화합물로 단백질과 같은 거대 분자와의 결합을 통해 여러 가지 생리기능을 지닌다(22,23). 플라보노이드는 페놀성 화합물 중에서 자연적으로 생성되는 가장 큰 그룹 중의 하나로(24) 항산화작용, 순환기질환 예방, 항암성, 항바이러스성, 항염성 등의 생리활성을 갖고 있는 것으로 밝혀졌다(11). 시판 과일주스의 총 페놀 함량 및 총 플라보노이드 함량을 측정한 결과는 Table 2와 같다. 총 페놀 함량은 석류주스가 878.12 ug/mL로 가장 높았고 그 다음으로 블루베리주스가 481.47 ug/mL로 높게 나타났으며 토마토주스와 파인애플주스가 각각 98.29 ug/mL와 101.09 ug/mL로 가장 낮게 나타났다. 사과, 포도, 오렌지 주스는 133.10~383.90 ug/mL로 석류주스나 블루베리주스보다 낮은 함량을 보였

Table 1. pH, titratable acidity, Brix and reducing sugar contents of commercial juice

Juices	pH	Titratable acidity (%)	Brix	Reducing sugar (mg/mL)
Apple-A	3.72±0.02 ^c	0.36±0.00 ^b	12.60±0.00 ^d	57.14±5.30 ^c
Apple-B	3.88±0.11 ^d	0.26±0.01 ^a	14.47±0.05 ^h	76.27±7.51 ^{de}
Blueberry	2.83±0.03 ^a	0.76±0.00 ^e	13.50±0.005 ^f	93.83±0.02 ^f
Grape-A	3.29±0.55 ^b	0.36±0.00 ^b	13.97±0.05 ^e	83.95±9.80 ^{ef}
Grape-B	3.30±0.03 ^b	0.35±0.01 ^b	11.90±0.00 ^c	10.96±2.01 ^a
Orange-A	3.72±0.03 ^c	0.64±0.01 ^d	11.67±0.05 ^b	28.42±1.34 ^b
Orange-B	3.92±0.05 ^d	0.67±0.01 ^c	13.50±0.00 ^f	71.52±4.82 ^d
Pineapple	3.73±0.04 ^c	0.72±0.01 ^f	12.90±0.00 ^c	51.82±3.56 ^c
Pomegranate	3.33±0.04 ^b	1.21±0.02 ^h	15.93±0.05 ⁱ	94.30±0.67 ^f
Tomato	4.01±0.04 ^c	0.42±0.01 ^c	10.90±0.00 ^a	8.16±0.19 ^a

Each value is mean±standard deviation (SD).

¹⁾Means with different letters within a column are significantly different from each other at $p<0.05$ as determined by Duncan's multiple range test.

Table 2. Total polyphenol and total flavonoid contents of commercial juices

Juices	Polyphenol (ug/mL)	Flavonoid (ug/mL)
Apple-A	379.84±26.23 ^c	68.28±13.27 ^b
Apple-B	133.10±14.37 ^{ab}	23.82±0.39 ^a
Blueberry	481.47±19.04 ^f	145.03±10.15 ^c
Grape-A	383.90±8.98 ^c	77.94±27.72 ^b
Grape-B	150.64±11.85 ^{bc}	82.63±13.28 ^b
Orange-A	184.69±4.67 ^c	77.39±3.50 ^b
Orange-B	277.69±6.83 ^d	72.42±18.34 ^b
Pineapple	101.09±4.31 ^a	32.38±4.69 ^a
Pomegranate	878.12±37.37 ^e	156.63±4.68 ^c
Tomato	98.29±7.54 ^a	37.63±10.54 ^a

Each value is mean±SD.

¹⁾Means with different letters within a column are significantly different from each other at $p<0.05$ as determined by Duncan's multiple range test.

고 같은 종류의 과일주스라 하더라도 제조회사에 따라 함량 차이가 큰 것으로 나타났다. 총 플라보노이드 함량은 석류 주스가 156.63 ug/mL로 가장 높았고 그 다음으로 블루베리 주스가 145.03 ug/mL로 높게 나타났으며 사과주스-B, 파인애플주스, 토마토주스가 각각 23.82 ug/mL, 32.38 ug/mL, 37.63 ug/mL로 가장 낮게 나타났다. Lee 등(15)은 국내 시판 포도 주스 10종의 총 페놀 함량이 57.95~205.64 mg/mL로 제조회사에 따라 큰 차이가 있다고 보고하였다. Lee 등(8)은 100% 과일로 제조된 사과, 포도, 오렌지주스의 총 폴리페놀 함량이 각각 0.26 mg/mL, 1.21 mg/mL, 0.45 mg/mL이었고 총 플라보노이드 함량은 0.01 mg/mL, 0.06 mg/mL, 0.01 mg/mL로 두 성분 모두 포도주스에서 월등히 높게 나타났다고 보고하여 본 실험의 결과와는 다소 다른 경향이었다. Gardner 등(25)은 오렌지, 사과, 파인애플주스(각각 100% 과즙 함유)의 총 페놀 함량을 측정된 결과 각각 755 ug/mL, 339 ug/mL, 358 ug/mL라고 보고하였다. Piljac-Zegarac 등(26)은 블루베리 넥타(42% 블루베리 함유)와 석류 넥타(12% 석류 함유)의 페놀 함량이 각각 1795.5 mg/L와 1317.1 mg/L로 보고하여 본 실험보다 높은 수치를 보였다. Hwang 등(13)은 혼탁형 사과주스와 청징형 사과주스의 총 페놀 함량을 비교한 결과 혼탁형주스가 청징형주스보다 4~12 배 정도 많이 함유되어 있는 것으로 나타났는데 이는 청징화 공정 과정에서 페놀성 화합물의 일부가 섬유질과 같이 제거되었기 때문에 청징형의 총페놀 함량이 낮은 것으로 사료된다고 보고하였다. Gardner 등(25)은 과일 주스에 함유되어 있는 일반적인 페놀성 화합물로는 플라보노이드, anthocyanin, catechin, chalcone, hydroxybenzoic acid, hydroxycinnamic acid 등이 있으며 이 중 어떤 물질이 주된 항산화성을 나타내는지는 명확하지 않다고 보고하였다. 사과에는 특히 chlorogenic acid, caffeic acid, epicatechin 등의 페놀성 화합물이 함유되어 있는 것으로 보고(13)되고 있고, 블루베리에는 phenolic acid, anthocyanin 및 플라보노이드(27), 포도에는 proanthocyanidin, resveratrol 등이 함유되어 있는 것으로 알려져 있다(15). 또한 오렌지에는 hydroxycinnamic acid, 플라보노이드(9), 석류에는 탄닌, 안토시아닌(28), 파인애플에는 quercetin, flavanol, flavone, cinnamic acid (29), 토마토에는 flavanol, flavanone, hydroxycinnamic acid, phenolic acid 등이 주된 페놀성 화합물로 보고(30) 되고 있다.

DPPH radical 소거능

DPPH radical은 비교적 안정한 radical로서 항산화 물질에 의해 환원되면 DPPH의 짙은 보라색이 탈색되어지는데 이 원리를 이용하여 주로 phenol성 화합물 및 aromatic amine 화합물의 항산화능 측정에 많이 사용된다(31). 시판 과일 주스의 DPPH radical 소거능을 측정된 결과는 Fig. 1과 같다. 사과주스-A, 포도주스-A 및 석류주스에서 DPPH

소거능이 90% 이상으로 높게 나타난 반면, 파인애플주스, 토마토주스, 오렌지주스-B에서는 26%정도로 낮게 나타났다. 그 외 주스에서는 64.48~88.45%를 나타내어 평균적으로 67.44%를 나타내었는데 같은 종류의 과일주스라도 DPPH 소거능에 큰 차이가 있는 것으로 나타났으며 이는 품종, 제조공정 등의 차이에서 오는 것으로 추측된다. Lee 등(15)은 사과주스, 오렌지주스, 자몽주스, 파인애플주스, 청포도주스의 DPPH radical 소거활성을 측정된 결과 자몽주스와 청포도주스가 가장 높았고 사과주스와 파인애플주스가 낮았다고 보고하였다. Wootton-Beard 등(32)은 토마토주스의 DPPH 소거능이 67~88%라고 보고하였다. Tezcan 등(28)은 시판 석류 주스 7종을 분석한 결과 폴리페놀 함량은 2,602~10,086 mg/L로 나타났고 DPPH radical 소거능은 10.37~67.46%로 나타났으며 구연산과 사과산이 주된 유기산이라고 보고하였다. Hwang 등(13)은 사과주스의 DPPH radical 소거활성의 경우 혼탁형이 청징형보다 강한 활성을 나타내었는데 이는 총 페놀 함량 결과와 일치하는 결과라고 보고하여 본 실험의 사과주스 결과와도 같은 경향을 보여주었다.

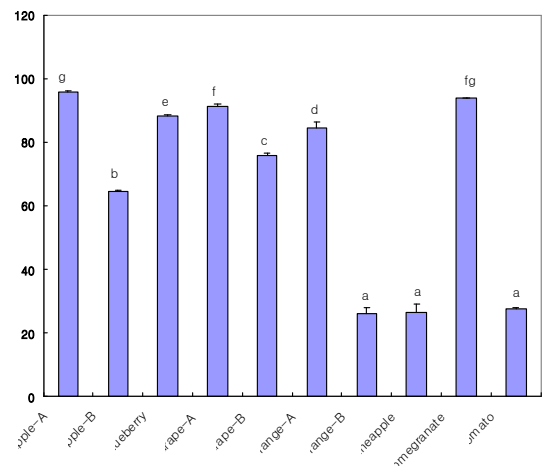


Fig. 1. DPPH radical scavenging activity of commercial juices.

Tyrosinase 활성 저해능

피부에 존재하는 melanin은 자외선을 차단하고 활성산소를 제거하여 피부를 보호해 주는 역할을 담당하는데 melanin 생성과정에 작용하는 주요 효소가 tyrosinase이다(33,34). 비록 melanin이 자외선으로부터 피부를 보호하는 중요한 작용이 있다고 하나 과잉으로 생성되면 피부반점, 색소침착, 피부노화 및 피부암 등을 유발하는 것으로 알려져 있어(35,36) 피부의 건강과 미백 및 색소 침착을 막기 위해서는 tyrosinase의 활성을 저해하는 것이 필요하다. 시판 과일주스의 tyrosinase에 대한 저해활성을 측정된 결과는 Fig. 2와 같다. 혼탁형 사과주스인 사과주스-A에서 84.15%로 가장 높게 나타나 melanin화에 대한 방어효과가 가장

높은 것을 알 수 있었다. 반면에 청징형 사과주스-B는 46.21%로 혼탁형의 약 1/2 정도로 낮은 활성을 나타내었다. 오렌지주스-A가 68.10%로 그 다음 순으로 활성이 높았으며 파인애플주스와 포도주스-B는 각각 17.06%와 17.89%로 가장 낮게 나타났으며 평균적으로 46.52%를 나타내었다. Hwang 등(37)은 앵두과즙의 농도를 10%, 20%, 30%로 조절하고 tyrosinase 활성 저해능을 측정한 결과 67.97~82.30%의 범위로 나타났으며 과즙농도가 높을수록 저해율이 증가하였다고 보고하였다.

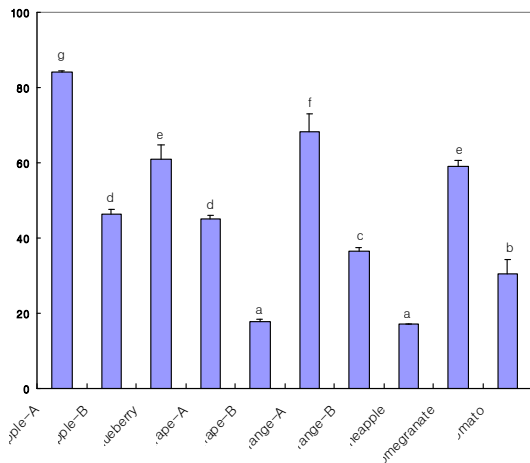


Fig. 2. Tyrosinase inhibitory effect of commercial juices.

환원력

환원력을 가진 성분은 Fe³⁺-ferricyanide 복합체를 Fe²⁺-ferricyanide 형태로 환원시키고 이 때 생성된 Fe²⁺는 푸른색을 띠게 되는데 흡광도 수치 자체가 시료의 환원력을 나타내는 것이어서 발색정도가 높을수록 높은 환원력을 나타낸다. 시판 과일주스의 환원력을 측정한 결과는 Fig. 3과 같다. 환원력 역시 DPPH radical 소거능과 유사한 결과를 나타내어 석류주스가 2.50으로 가장 높았고 그 다음으로 블루베리주스> 사과주스-A> 포도주스-A 순으로 높았다. 반면에 파인애플주스와 포도주스-B는 각각 0.42와 0.41로 가장 낮게 나타났는데 같은 종류의 과일주스라도 환원력에 큰 차이가 있음을 알 수 있었다. 일반적으로 총 페놀 함량이 높으면 항산화 활성도 우수한 경향이 있다고 보고되고 있는데(31) 본 연구에서도 총 페놀 함량과 총 플라보노이드 함량이 높은 석류주스와 블루베리주스에서 환원력이 높게 나타나 이를 뒷받침하고 있다. Wang 등(38)은 미국에서 시판되는 과일주스 5종의 항산화활성을 ORAC (oxygen radical absorbing capacity) 분석법으로 측정한 결과 포도주스가 가장 높게 나타났고 그 다음으로 자몽주스> 토마토주스> 오렌지주스> 사과주스 순으로 나타났고 이들의 항산화성은 비타민 C보다는 다른 항산화물질인 flavonoid 성분에 의한 것이라고 보고하였다.

Table 3. Correlation analysis of total polyphenol, total flavonoid and antioxidant activity of commercial juices

	Total polyphenol	Total flavonoid	DPPH radical scavenging	Tyrosinase inhibitory	Reducing power	Nitrite scavenging
Total polyphenol		0.841 ^{**1)}	0.588 ^{**}	0.501 [*]	0.972 ^{**}	0.766 [*]
Total flavonoid			0.593 ^{**}	0.389	0.774 ^{**}	0.640 ^{**}
DPPH radical scavenging				0.693 ^{**}	0.471 [*]	0.455 [*]
Tyrosinase inhibitory					0.450 [*]	0.573 ^{**}
Reducing power						0.693 ^{**}
Nitrite scavenging						

¹⁾** p<0.01, * p<0.05

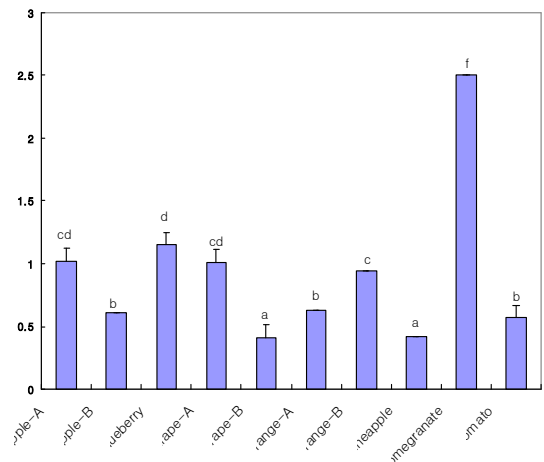


Fig. 3. Reducing power of commercial juices.

아질산염 소거능

식육 가공제품에 첨가되는 아질산염은 육색의 발현 및 안정화에 기여하고 식중독균인 *Clostridium botulinum*에 의한 독소생성 억제작용이 있기 때문에 많이 이용되고 있다(39). 그러나 아질산염을 일정농도 이상 섭취하게 되면 혈액 내의 hemoglobin을 산화시켜 methemoglobin증 등의 중독 증상을 일으킨다. 또한 식품 중에 존재하는 2급 및 3급 아민류와 반응하면 위장내의 낮은 pH 조건에서 발암물질인 nitrosamine을 쉽게 생성하는 것으로 알려져 있다(40). 그러므로 아질산염 소거능은 어떤 물질이 함암작용이 있는지의 여부를 간접적으로 알 수 있는 하나의 지표로 사용될 수 있다. 시판 과일주스의 아질산염 소거능을 측정한 결과는 Fig. 4와 같다. 과일주스는 평균 68.74%의 소거능을 나타내었는데 이 중 사과주스-A, 블루베리주스, 포도주스-A, 오렌

지주스-B, 석류주스가 90% 이상의 높은 소거능을 나타낸 반면, 토마토주스는 34.75%로 가장 낮은 소거능을 나타내었다. 사과주스의 경우에는 혼탁형이 청징형보다 2.5배 이상 더 강한 활성을 나타내었는데 이는 총 페놀 함량 및 총 플라보노이드 함량 차이와 유사한 경향으로 총 페놀 함량이 높으면 아질산염 소거능도 우수함을 나타낸 것이다. 따라서 이들 주스에 함유되어 있는 페놀성 화합물이 아민보다 더 경쟁적으로 아질산염과 반응하여 nitrosamine 생성을 효과적으로 억제할 수 있을 것으로 여겨진다. Shin 등(41)은 유자 착즙액을 제조하고 pH 1.2에서 아질산염 소거능을 측정한 결과 0.1~0.2% 농도에서 73% 이상의 소거능을 나타내었다고 보고하였다.

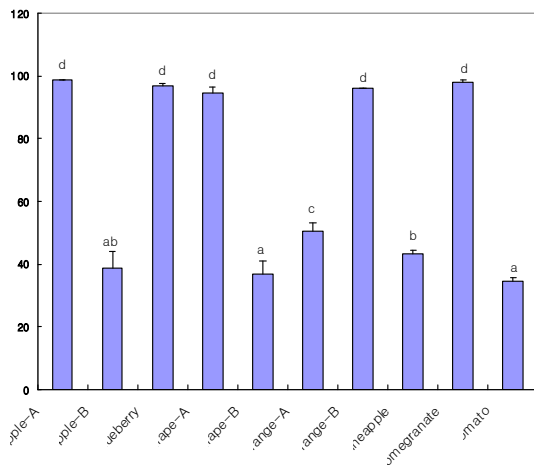


Fig. 4. Nitrite scavenging activity of commercial juices.

상관관계 분석

본 연구에서 조사한 총 페놀함량, 총 플라보노이드 함량, DPPH radical 소거능, 환원력, tyrosinase 활성 저해능, 아질산염 소거능 간의 상관성을 분석하여 각각의 상관계수 값을 Table 5에 나타내었다. 총 페놀 함량과 환원력이 0.972로 상관성이 가장 높게 나타났고 그 다음으로 총 페놀 함량과 총 플라보노이드 함량 간의 상관성이 0.841, 총 페놀 함량과 아질산염 소거능 간의 상관성이 0.766 순으로 나타났다. Lee 등(15)은 포도주스의 총페놀 함량과 DPPH 및 FRAP (ferric reducing antioxidant power) 방법과의 상관계수가 각각 0.97로 나타나서 총 페놀 함량이 높을수록 과일주스제품의 항산화 활성능력이 크게 나타난다고 보고하였다.

요 약

본 실험에서는 국내에서 시판되고 있는 10종의 100% 과일 주스를 선택하여 이화학적 특성과 기능성을 측정하였다. pH는 2.83~4.01 범위로 블루베리주스가 가장 낮았고

토마토주스가 가장 높았으며 적정산도는 0.26~1.21%로 석류주스가 가장 높은 값을 나타내었다. 당도는 10.90~15.93 Brix의 범위로 석류주스가 가장 높았고 토마토주스가 가장 낮았으며 환원당 함량은 8.16~94.30 mg/mL로 블루베리주스와 석류주스가 높게 나타난 반면, 토마토주스가 가장 낮게 나타났다. 총 페놀 함량과 총 플라보노이드 함량은 석류주스와 블루베리주스에서 높게 나타났고 파인애플주스와 토마토주스에서 낮게 나타났다. DPPH radical 소거능은 사과주스-A, 포도주스-A, 석류주스에서 높게 나타났고 파인애플주스, 토마토주스, 오렌지주스-B 에서 낮게 나타났다. Tyrosinase 활성 저해능은 사과주스-A가 가장 높았고 파인애플주스와 포도주스-B가 가장 낮았다. 환원력은 석류주스에서 가장 높게 나타난 반면, 파인애플주스와 포도주스-B에서 가장 낮게 나타났다. 아질산염 소거능은 사과주스-A, 블루베리주스, 포도주스-A, 오렌지주스-B, 석류주스에서 90% 이상으로 높게 나타났고 토마토주스에서 가장 낮게 나타났다. 본 연구에서는 총 페놀 함량과 환원력 간에 매우 높은 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 이상의 결과를 종합하여 볼 때 총 페놀 및 총 플라보노이드 함량이 높은 석류주스, 블루베리주스, 혼탁형 사과주스가 전반적으로 높은 항산화 활성을 나타낸 반면, 파인애플주스와 토마토주스는 가장 낮은 활성을 나타내었다. 또한 본 실험에 사용한 사과주스, 포도주스 및 오렌지주스는 제품별로 활성에 큰 차이를 나타내어 향후 더 심도 있는 연구가 필요하다.

감사의 글

이 논문은 2012학년도 대전대학교 학술연구비 지원에 의하여 수행되었기에 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Ismail HI, Chan KW, Mariod AA, Ismail M (2010) Phenolic content and antioxidant activity of cantaloupe (*cucumis melo*) methanolic extracts. Food Chem, 119, 643-647
2. Gulcin I (2006) Antioxidant activity of caffeic acid (3,4-dihydroxycinnamic acid). Toxicol, 21, 213-220
3. Wong CC, Li HB, Cheng KW, Chen F (2006) A systematic survey of antioxidant activity of 30 Chinese medicinal plants using the ferric reducing antioxidant power assay. Food Chem, 97, 705-711
4. Knekt P, Kumpulainen J, Jarvinen R, Rissanen H, Heliovaara M, Reunanen A (2002) Flavonoid intake and

- risk of chronic diseases. *Am J Clin Nutr*, 76, 560 - 568
5. Liu S, Manson JE, Lee IM, Cole SR, Hennekens CH, Willet WC (2000) Fruit and vegetable intake and risk of cardiovascular disease: the women's health study. *Am J Clin Nutr*, 72, 922 - 28
 6. Nantz MP, Rowe CA, Nieves C Jr, Percival SS (2006) Immunity and antioxidant capacity in humans is enhanced by consumption of a dried, encapsulated fruit and vegetable juice concentrate. *J Nutr*, 136, 2606-2610
 7. Jeong SM, Son MH, Lee SC (2003) A survey on contents of phenolic compounds of market fruit and vegetable juices. *J Basic Science*, 18, 117-123
 8. Lee MH, Kim MS, Shin HG, Sohn HY (2011) Evaluation of antimicrobial, antioxidant, and antithrombin activity of domestic fruit and vegetable juice. *Korean J Microbiol Biotechnol*, 39, 146-152
 9. Klimczak I, Maecka M, Szlachta M, Gliszczynska-Swigo A (2007) Effect of storage on the content of polyphenols, vitamin C and the antioxidant activity of orange juices. *J Food Comp Anal*, 20, 313-322
 10. Lee HY, Seog HM, Nam YJ, Chung DH (1987) Physicochemical properties of Korean mandarin (*Citrus reticula*) orange juice. *Korean J Food Sci Technol*, 19, 338-345
 11. Park HJ, Song JY, Chea KS, Lee HK, Choi HR (2012) Quality characteristics and functional components of Bokbunja (*Black Raspberry*) juice. *Food Engin Prog*, 16, 52-57
 12. Oh YS, Swang JH, Oh HJ, Lim SB (2012) Physicochemical properties and antioxidative activities of mixed citrus and carrot juice. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 41, 598-604
 13. 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
 14. Lee SJ, Jang HL, Shin SR, Yoon KY (2012) Quality characteristics of apple juice according to the sterilization methods. *Korean J Food Preserv*, 19, 178-184
 15. 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
 16. Miller GL (1959) Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal Chem* 29, 707-710
 17. Folin O, Denis W (1912) On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagent. *J Biol Chem*, 12, 239-243
 18. Lee YC, Hwang KH, Han DH, Kim SD (1997) Compositions of *Opuntia ficus-indica*. *Korean J Food Sci Tehcnol*, 5, 847-853
 19. Kim YS, Cho KA, Choi DB (2010) Effect of solvents of extraction on the biological activities of *Phyllostachys Nigra Munro*. *Appl Chem Eng*, 21, 6-10
 20. Wong JY, Chye FY (2009) Antioxidant properties of selected tropical wild edible mushrooms. *J Food Compos Anal*, 22, 269-277
 21. Kato H, Le IE, Chuyen NV, Kim SB, Hayase F (1987) Inhibition of nitrosamine formation by nondialyzable melanoidins. *Agri Biol Chem*, 51, 1333-1338
 22. Yusof S, Ghazali HM, King GS (1990) Naringin content in local citrus fruits. *Food Chem*, 37, 113-121
 23. Hermann K (1989) Occurrence and content of hydroxycinnamic and hydroxyl-benzoic acid compounds in foods. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 28, 315-347
 24. Yu MH, Im HG, Lee HJ, Ji YJ, Lee I.S (2006) Components and their antioxidative activities of methanol extracts from sarcocarp and seed of *Zyzyus jujuba* var. *inermis rehder*. *Korean J Food Sci Technol*, 38, 128-134.
 25. 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
 26. Lee SN, Kang KJ (2008) The effect of blueberry on ROS accumulation and cell death in human normal breast epithelial and breast cancer cells. *Korean J Food Nutr*, 21, 416-424
 27. Piljac-Zegarac J, Valek L, Martinez S, Belscak A (2009) Fluctuations in the phenolic content and antioxidant capacity of dark fruit juices in refrigerated storage. *Food Chem*, 113, 394-400
 28. Tezcan F, Gultekin-Ozguven M, Diken T, Ozcelik B, Erim FB (2009) Antioxidant activity and total phenolic, organic acid and sugar content in commercial pomegranate juices. *Food Chem*, 115, 873-877
 29. Mhatre M, Tilak-Jain J, De S, Devasagayam TPA (2009) Evaluation of the antioxidant of non-transformed and transformed pineapple: a comparative study. *Food Chem Toxicol*, 47, 2696-2702
 30. Vallverdu-Queralt A, Medina-Reimon A, Andres-Lacueva C, Lamuela-Raventos RM (2011) Changes in phenolic profile and antioxidant activity during production of diced tomatoes. *Food Chem*, 126, 1700-1707

31. 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
32. Wootton-Beard P, Moran A, Ryan L (2011) Stability of the total antioxidant capacity and total polyphenol content of 23 commercially available vegetable juices before and after in vitro digestion measured by FRAP, DPPH, ABTS and Folin-Ciocalteu methods. *Food Res Int*, 44, 217-224
33. Kim YJ, Uyama H (2005) Tyrosinase inhibitors from natural and synthetic sources: structure, inhibition mechanism and perspective for the future. *Cell Mol Life Sci*, 62, 1707-1723
34. Tsatmali M, Ancans J, Thody AJ (2002) Melanocyte function and its control by melanocortin peptides. *J Histochem Cytochem*, 50, 25 - 133
35. Woo YM, Kim AJ, Kim JY, Lee CH (2011) Tyrosinase inhibitory compounds isolated from *Persicaria tinctoria* Flower. *J Appl Biol Chem*, 54, 47-50
36. Parvez S, Kang M, Chung HS, Cho C, Hong MC, Shin MK, Bae H (2006) Survey and mechanism of skin depigmenting and lightening agents. *Phytother Res*, 20, 921 - 934
37. Hwang HS, Kim JM, Song YA, Jeon YJ (2001) Inhibitory effect of ethnaol extract and juice of the Korean cherry (*Prunus tomentosa* Thunberg) on tyrosinase activity *in Vitro*. *Korean J Food Sci Technol*, 33, 760-763
38. Wang HGC, Prior RL (1996) Total antioxidant capacity of fruits. *J Agric Food Chem*, 44, 700-705
39. Massey RC, Crews C, Gavies R, McWeeney DJ (1978) A study of the competitive nitrosamine of pyrrolidine, ascorbic acid, cysteine and p-cresol in a protein based model system. *J Sci Food Agri* 29, 815-816
40. Jeong CH, Nam EK, Shim KH (2006) Antioxidative activities and nitrate scavenging activity in different parts of *Erigeron annuus*. *J Agric Life Sci*, 40, 13-29
41. Shin JH, Lee JY, Ju JC, Lee SJ, Cho HS, Sung NJ (2005) Chemical properties and nitrite scavenging ability of citron (*Citrus junos*). *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 34, 496-502