

## The Physicochemical Qualities and Antioxidant Activities of Apple Juices Marketed in Korea

In-Wook Hwang<sup>1</sup>, Chang-Seob Kim<sup>2</sup> and Shin-Ky Chung<sup>1,3\*</sup>

<sup>1</sup>School of Food Science and Bioechnology, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

<sup>2</sup>Division of Food Service & Hotel Culinary Industry, Pohang 791-711, Korea

<sup>3</sup>Food and Bio-industry Research Institute, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

### 사과주스의 이화학적 품질과 항산화 기능성

황인욱<sup>1</sup> · 김창섭<sup>2</sup> · 정신교<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>경북대학교 농업생명과학대학 식품공학부,

<sup>2</sup>외식호텔조리산업계열, 포항대학교,

<sup>3</sup>경북대학교 식품생물산업연구소

#### Abstract

The physicochemical qualities, antioxidant activities, and polyphenols composition of eight kinds of cloud and clear apple juice products marketed in Korea were investigated. The acidities of eight kinds of cloud and clear apple juice products were in the range of 0.299~0.556 and showed no significant difference ( $p < 0.05$ ). The soluble solid contents of the cloud type were higher than those of the clear type which had higher reducing sugar contents. The color value and turbidity of the cloud type were also higher, but the vitamin c contents showed no significant differences. The total phenolic contents of the cloud type (1.13~1.42 g/L) were four fold to eight fold higher than the clear type (0.12~0.32 g/L). Nine polyphenolic compounds, including chlorogenic acid, caffeic acid (-)-epicatechin, quercitrin, phloridzin, and 5-hydroxymethyl furfural (5-HMF), were isolated by HPLC analysis, and the total amount of the cloud type (319.37~985.63 mg/L) was higher than that of the clear type (92.88~214.39 mg/L). The antioxidant activities, by DPPH and FRAP assays, of the cloud type showed stronger than those of the clear type. The antioxidant activity and the color value were highly correlated with total phenolic content and polyphenols content ( $r > 0.95$ ).

Key words : apple juice, antioxidant, chlorogenic acid, 5-HMF, polyphenols

### 서 론

국내의 음료 소비 경향은 7, 80년대의 탄산음료에 이어서 사과, 오렌지 등의 천연과실 음료 시대를 거쳐, 현재는 기호성과 건강성, 편의성과 운동성을 추구하는 복합적이고 다양한 생활 양상으로 가공 음료의 소비는 더욱 증가하고 있다. 사과 주스는 1990년대 이후 지역 가공공장의 설립으로 생산량이 늘어나면서 소비량도 정점에 이른 이후 감소하는 추세에 있다. 대부분 사과주스는 착즙 후 농축하고 다시 희석하여 개별 포장기에 충전하여 판매하는 형태이지만,

소비자들의 건강 지향적 사고방식과 천연적이며 신선한 과일의 향과 맛을 선호하는 경향에 따라 최근 수확기에 직접 착즙하여 바로 충전하는 프리미엄급의 주스도 소규모로 가공되고 있다. 사과주스 제조에 있어서 품질저하의 요인은 주로 살균 등의 열처리에 의한 갈변화 반응이 있으며 (1,2) 부분적으로 고온 열처리에 의한 향미의 변화와 영양소의 파괴 등도 문제가 된다(3). 사과 및 사과주스는 유기산과 당류와 같은 기호성 성분 이외에도 비타민, 미네랄 성분 및 폴리페놀화합물과 같은 생리활성물질들을 함유하고 있으며, 그 중에서 chlorogenic acid, caffeic acid, epicatechin과 같은 폴리페놀 물질(4)은 활성산소에 의한 생체 성분의 산화적 손상에 의하여 유발되는 동맥경화, 당뇨, 고혈압을 비롯하여 각종 암과 같은 퇴행성 질환의 예방에 효과가

\*Corresponding author. E-mail : [kchung@mail.knu.ac.kr](mailto:kchung@mail.knu.ac.kr)  
Phone : 82-53-950-5778, Fax : 82-53-950-6772

있다(5-6). 따라서 포도나 블루베리 등의 과일과 다양한 채소와 약용식물 뿐만 아니라 가공 음료 및 다양한 종류의 발효 제품에 대하여도 함유하고 있는 천연 항산화 성분과 항산화 활성에 대하여 연구되어 보고되고 있다. 특히 1990년도 이후 녹차(7-9)와 와인(10-13) 등에 관하여 식품학뿐만 아니라, 의학, 약학 등의 여러 학문 분야에서 심도 있게 연구가 이루어져서 전 세계적으로 관련 제품의 열풍을 일으킨 바 있다. 본인 등도 포도주스를 비롯하여 국내의 여러 과일 주스의 폴리페놀 성분 함량과 항산화 활성을 비교하여 보고(14)한 바 있다.

그렇지만 국내외적으로 사과주스의 품질에 관한 연구로는 적정한 가열 살균 조건을 찾거나(3) 효소적, 비효소적 갈변을 억제하기 위한 연구, 농축 주스의 저장 중 품질 변화 현상과 억제 방안 등에 관한 연구(1-2)가 주로 되어 있다.

그러므로 사과주스가 다른 음료 및 과일 주스에 대하여 경쟁력을 확보할 수 있기 위하여 우선 현재 시판되고 있는 사과 주스 제품들의 품질과 건강 기능성을 분석하여 비교하는 것이 필요하다. 이에 본 연구는 제품 개발에 도움이 될 수 있도록 국내에서 주로 시판되고 있는 혼탁형과 청징형 사과주스의 색도 및 당, 산 등의 이화학적 성분 함량과 페놀성 물질의 함량과 항산화활성을 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

본 실험에 사용한 사과주스 제품은 각각 4 종의 혼탁 (cloud) 주스(A, B, C, D)와 청징(clear)주스(E, F, G, H)로서, 2010년 8월 중순 경에 대구경북농업농협에서 일부 공여 받았으며, 나머지는 같은 시기에 대구 시내의 식품 매장에서 구입하여 4℃에서 보관하면서 실험용 시료로 사용하였다. 분석용 시료는 실험 전 5,000 rpm으로 10분간 원심분리하여 상등액을 Whatman No. 1 여과지로 여과한 것을 실험에 사용하였다. 시약 중 Folin - Ciocalteu's reagent, 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH), 2,4,6-tris(2-pyridyl)-1,3,5-triazine (TPTZ), 2,4-dinitrophenylhydrazine (DNP), dinitrosalicylic acid (DNS), gallic acid, trolox, glucose 및 페놀산 분석을 위한 표준물질은 Sigma Chem Co (St Louis, MO, USA)로부터 구입하여 사용하였고, 기타 시약류는 분석용 특급 시약을 사용하였다.

### 이화학적 품질특성의 측정

적정 산도는 AOAC법(15)에 준하여 측정하였다. 희석한 사과주스 시료에 phenolphthalein 지시약을 2~3방울 떨어 뜨리고, 0.1 N NaOH로 선풍색이 될 때까지 적정하여 소비된 0.1 N NaOH의 양을 측정하였다. 산도는 malic acid 로 환산하여 구하였다. 사과주스의 당도는 상온에서 휴대용

굴절당도계(Model N1, ATAGO, Tokyo, Japan)를 사용하여 3회 반복 측정하였다(16). 환원당은 DNS (dinitrosalicylic acid) 비색법(17)으로 측정하였다. 희석한 사과주스 시료 0.15 mL에 DNS 시약 0.5 mL를 넣고, 5분간 중탕한 후 증류수 3.5 mL를 첨가하여 UV spectrophotometer (UV 1601 PC, Shimadzu Co, Kyoto, Japan)로 550 nm에서 흡광도를 측정하였다. 환원당은 glucose를 이용하여 검량 곡선을 작성하고, glucose에 대한 함량(g/L)으로 나타내었다. 색도 및 탁도는 시료 일정량을 취하고 희석하여 420 및 660 nm에서 각각의 흡광도를 측정하였다. 비타민 C 함량은 DNP 비색법(18)으로 측정하였으며, 표준물질로 L-ascorbic acid를 이용하였다. 총 페놀 함량은 Folin-Ciocalteu's법(19)에 의해 측정하였다. 적당하게 희석한 사과주스 시료 100 µL에 2 N Folin-Ciocalteu's 시약 50 µL를 가하여 발색시키고, 20% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 300 µL를 가하여 15분 동안 실온에서 방치하고 증류수 1 mL를 넣은 다음 1250 rpm에서 5분 동안 원심분리하고 급냉하여 상등액을 725 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로서 gallic acid를 이용하여 얻은 회귀곡선에서 시료의 총 페놀 함량(g/L)을 구하였다.

### 폴리페놀페놀화합물의 분석

사과주스 5 mL를 동량의 ethyl acetate로 3회 반복하여 폴리페놀을 추출하고, 상등액을 농축하였다. 농축한 시료에 메탄올 1 mL를 가한 후 0.45 µm membrane filter로 여과하여 HPLC (high performance liquid chromatography, LC-10A, Shimadzu Co, Kyoto, Japan)로 분석하였다. HPLC 칼럼은 ODS-HG5 (Develosil, 150×4.6 mm ID)를 사용하였고, 이동상 (A) 2% acetic acid/water (v/v), (B) 0.5% acetic acid/50% acetonitrile/water (v/v)를 0.8 mL/min의 유속으로 하여 12% B→25% B (0-15 min), 25% B→35% B (15-25 min), 35% B→55% B (25-50 min), 55% B→65% B (50-60 min), 65% B→12% B (60-70 min)의 농도기울기 조건에서 UV detector (290 nm)로 분석하였다.

### 항산화활성의 측정

사과주스의 항산화활성은 DPPH 라디칼 소거 활성과 FRAP (ferric reducing antioxidant power) 방법으로 측정하였다. DPPH 라디칼 소거 활성은 Blois의 방법(20)에 의해 측정하였다. 사과주스 시료 100 µL와 메탄올에 100 µM의 농도로 녹인 DPPH 용액 900 µL를 넣고 혼합하여 실온에서 암실에 30분간 방치한 다음 Victor3 1420 multilabel counter (PerkinElmer Inc, Boston, MA, USA)로 520 nm에서 흡광도를 측정하였다. 소거활성은 gallic acid에 대한 당량으로 환산하여 µM GAE (gallic acid equivalent)로 나타내었다. FRAP 활성은 Benzie 등의 방법(21)을 변형하여 측정하였다. 반응용액을 acetate buffer (pH 3.6, 23 mM), 10 mM TPTZ (2,4,6-tripyridyl -s-triazine) 및 20 mM FeCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O를

10 : 1 : 1의 비율로 혼합하여 만든 후, 실험 전까지 37°C를 유지하였다. 이 용액 700 µL에 시료 100 µL를 혼합하여, 암실에서 30분 방치한 후 590 nm에서 흡광도를 측정하여 trolox에 대한 당량으로 환산하여 µM TE (trolox equivalent)로 나타내었다.

### 통계 처리

모든 실험은 3회 반복 측정하고 결과를 평균 ± 표준편차 (n=3)로 나타내었으며, SAS (statistical analysis system, SAS) package(22)를 이용하여 Duncan의 다중검정법으로 평균치의 유의차를 검정하였다(p<0.05).

## 결과 및 고찰

### 이화학적 품질특성

시판 사과주스 8종의 적정산도, 당도 및 환원당 함량을 측정된 결과는 Table 1과 같다. 적정산도는 대개 0.299~0.556 범위이었으며, 제품 E를 제외하고는 거의 0.45에서 0.53% 정도로 유사하였으며, 혼탁주스와 청징주스 그룹간의 차이는 거의 없었다. 가용성 당질의 함량은 대개 10~13° Brix 정도이며, 청징 주스에 비하여 혼탁 주스의 함량이 높았다. 환원당의 함량은 대개 86~120 g/L였으며, 혼탁 주스에 비하여 청징주스의 함량이 높았다. 한편 미국 와싱턴 지역에서 생산된 사과주스의 품질 성분을 분석한 결과, 대개 가용성 당질 함량은 10~22° Brix, 총산은 malic acid 기준으로 0.23~1.82% 정도이며, 유리당은 sucrose, glucose, fructose, sorbitol로 구성되어있다고 보고된 바(23) 있다.

**Table 1. Acidity, soluble solid and reducing sugar contents of apple juice products**

| Samples | Acidity (%)                | Soluble solid content (°Brix) | Reducing sugar content (g/L) |
|---------|----------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| A       | 0.525±0.024 <sup>ab*</sup> | 12.33±0.12 <sup>b</sup>       | 105.63±0.331 <sup>c</sup>    |
| B       | 0.491±0.018 <sup>bc</sup>  | 13.00±0.00 <sup>a</sup>       | 86.66±0.759 <sup>d</sup>     |
| C       | 0.523±0.018 <sup>ab</sup>  | 13.00±0.00 <sup>a</sup>       | 86.26±0.274 <sup>d</sup>     |
| D       | 0.534±0.044 <sup>a</sup>   | 12.23±0.06 <sup>b</sup>       | 88.25±1.023 <sup>d</sup>     |
| E       | 0.299±0.018 <sup>d</sup>   | 11.77±0.06 <sup>d</sup>       | 40.47±2.223 <sup>c</sup>     |
| F       | 0.556±0.013 <sup>a</sup>   | 11.73±0.12 <sup>d</sup>       | 119.17±0.591 <sup>a</sup>    |
| G       | 0.529±0.012 <sup>ab</sup>  | 12.03±0.06 <sup>c</sup>       | 118.00±0.820 <sup>a</sup>    |
| H       | 0.456±0.013 <sup>c</sup>   | 10.03±0.15 <sup>e</sup>       | 111.00±2.012 <sup>b</sup>    |

\*Different letters in a column are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

시판 사과주스 8종의 색도 및 탁도를 측정된 결과는 Table 2와 같다. 색도와 탁도 모두 제품에 따라 유의적인 차이를 보였으며, 전체적으로 혼탁 주스의 색도 및 탁도는

청징 주스보다 높은 값을 나타내었다.

**Table 2. Color and turbidity values of apple juice products**

| Samples | Color                      | Turbidity                |
|---------|----------------------------|--------------------------|
| A       | 1.185±0.012 <sup>bc*</sup> | 1.128±0.002 <sup>b</sup> |
| B       | 1.164±0.006 <sup>c</sup>   | 1.043±0.004 <sup>c</sup> |
| C       | 0.989±0.006 <sup>d</sup>   | 0.697±0.002 <sup>d</sup> |
| D       | 1.444±0.023 <sup>a</sup>   | 1.993±0.011 <sup>a</sup> |
| E       | 0.193±0.002 <sup>e</sup>   | 0.146±0.002 <sup>e</sup> |
| F       | 0.103±0.001 <sup>e</sup>   | 0.015±0.002 <sup>e</sup> |
| G       | 0.121±0.002 <sup>f</sup>   | 0.015±0.001 <sup>e</sup> |
| H       | 0.202±0.002 <sup>e</sup>   | 0.092±0.001 <sup>f</sup> |

\*Different letters in a column are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

시판 사과주스 8종의 비타민 C 및 총 페놀 함량을 Table 3에 나타내었다. 비타민 C 함량은 0.74~1.22 g/L 범위로 제품이나 형태에 따른 큰 유의적인 차이는 보이지 않았다. Hong 등(1)은 12.5° Brix로 희석한 사과주스의 비타민 C 함량이 1.50~1.98 g/L라고 보고한 바 있다. Park 등(3)은 95°C로 열수 살균하였을 때 사과주스의 비타민 C 함량이 0.017 g/L로 낮아진다고 보고하였다. 그러므로 시판 사과주스의 비타민 C는 주스 가공시에 첨가되는 비타민 C 함량에 크게 의존하는 것으로 사료된다.

총 페놀 함량은 혼탁주스가 1.13~1.42 g/L 정도로 청징 주스보다 4~12배 정도 많은 함량을 나타내었다(Table 3). Schilling 등(24)과 Will 등(25)은 혼탁 사과주스의 총 페놀 함량이 각각 1.0~1.3 g/L, 0.8~1.2 g/L로 보고하였고, 전반적으로 색도가 높을수록 총 페놀 함량이 증가하는 경향을 나타내었다. 청징주스가 혼탁주스보다 총 페놀 함량이 낮은 것은 청징화 공정 중에서 일부 페놀성 화합물이 섬유질과 같이 제거되었기 때문으로 사료된다. 총페놀 성분은 과일 주스 등에서 섭취 및 흡수되어서 혈장에서 유해한

**Table 3. Vitamin C and total phenolic contents of apple juice products**

| Samples | Vitamin C content (g/L)  | Total phenolic content (g/L) |
|---------|--------------------------|------------------------------|
| A       | 1.22±0.03 <sup>de*</sup> | 1.21±0.02 <sup>c</sup>       |
| B       | 1.13±0.03 <sup>ab</sup>  | 1.13±0.02 <sup>d</sup>       |
| C       | 1.16±0.08 <sup>ab</sup>  | 1.35±0.08 <sup>b</sup>       |
| D       | 0.74±0.05 <sup>d</sup>   | 1.42±0.03 <sup>a</sup>       |
| E       | 0.75±0.09 <sup>d</sup>   | 0.12±0.02 <sup>e</sup>       |
| F       | 1.07±0.08 <sup>bc</sup>  | 0.27±0.02 <sup>ef</sup>      |
| G       | 1.00±0.03 <sup>e</sup>   | 0.23±0.05 <sup>f</sup>       |
| H       | 1.05±0.05 <sup>bc</sup>  | 0.32±0.04 <sup>e</sup>       |

\*Different letters in a column are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

활성산소종을 소거할 수 있는 식이성 폴리페놀 성분의 총량을 의미하며 식품의 생체 항산화성과 상관성이 크다 (14,19).

### 폴리페놀화합물 조성

시판 사과주스의 폴리페놀화합물의 조성을 HPLC를 이용하여 분석하였다. Fig. 1. 은 시판 사과주스 A제품의 폴리페놀화합물을 분석한 HPLC 크로마토그램이다. 5-hydroxymethyl furfural (5-HMF), chlorogenic acid, caffeic acid, (-)-epicatechin, quercitrin, phloridzin 등 9 개의 페놀산과 플라보노이드와 같은 폴리페놀 화합물이 분리되었다. 각 사과주스 제품에서 분리한 폴리페놀화합물의 함량을 Table 4에 나타내었다. 전반적으로 chlorogenic acid와 (-)-epicatechin의 함량이 각각 8.45~279.90 mg/L, 74.47~523.24 mg/L로 가장 높았으며, 각 페놀화합물의 조성은 모든 제품에서 유사한 경향을 나타내었다. 그러나 폴리페놀화합물의 함량은 혼탁주스가 319.37~985.63 mg/L로 청징주스보다 높게 나

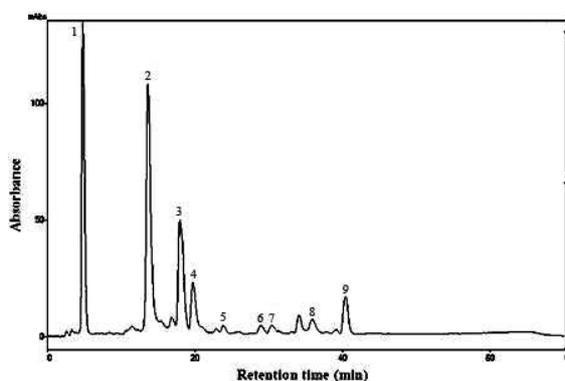


Fig. 1. HPLC chromatogram of polyphenol compounds in apple juice product A.

1, 5-hydroxymethyl furfural; 2, chlorogenic acid; 3, caffeic acid; 4, (-)-epicatechin; 5, p-coumaric acid; 6, ferulic acid; 7, quercetin-3-D-galactoside; 8, quercitrin; 9, phloridzin.

Table 4. Polyphenolic compounds contents of apple juice products (mg/L)

| Peak No. | Compounds                | A      | B      | C      | D      | E     | F      | G      | H      |
|----------|--------------------------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|
| 1        | 5-hydroxymethyl furfural | 46.08  | 21.47  | 61.92  | 18.45  | 2.72  | 2.62   | 3.98   | 11.36  |
| 2        | Chlorogenic acid         | 122.28 | 57.57  | 109.20 | 279.90 | 8.45  | 9.93   | 9.40   | 10.12  |
| 3        | Caffeic acid             | 19.77  | 12.81  | 24.04  | 27.58  | 1.53  | 2.12   | 1.84   | 1.86   |
| 4        | (-)-Epicatechin          | 427.34 | 193.29 | 201.43 | 523.24 | 74.47 | 185.49 | 124.30 | 139.67 |
| 5        | p-Coumaric acid          | 1.58   | 0.41   | 0.67   | 1.26   | 0.29  | 0.59   | 0.44   | 0.48   |
| 6        | Ferulic acid             | 2.77   | 1.94   | 4.05   | 4.70   | 0.11  | 0.76   | 12.06  | 13.29  |
| 7        | Q-3-D-galactoside        | 6.16   | 9.84   | 17.93  | 37.14  | 0.56  | 1.32   | 0.89   | 1.75   |
| 8        | Quercitrin               | 20.05  | 8.73   | 14.62  | 48.77  | 2.00  | 4.97   | 2.97   | 2.76   |
| 9        | Phloridzen               | 18.08  | 13.30  | 25.78  | 44.61  | 2.75  | 6.59   | 3.09   | 3.97   |
|          | Sum                      | 664.11 | 319.37 | 459.63 | 985.63 | 92.88 | 214.39 | 158.97 | 185.29 |

타났다. 한편 Eisele 등(26)은 미국 워싱턴 주에서 생산되는 175 품종의 사과로 실험실 규모로 잣 제조한 청징주스를 분석한 결과 chlorogenic acid, (-)-epicatechin, phloridzin 등이 주된 폴리페놀화합물이었으며 5-HMF은 검출되지 않았다고 보고한 바 있다. 5-HMF은 당과 아미노산을 같이 함유하고 있는 사과주스와 같은 산성식품을 열처리 가공하면 생성되는 물질로서 열처리 공정의 지표 물질로 이용된다 (27). 또한 5-HMF는 가공식품 중의 항산화성을 증가시키는 폴리페놀 성분으로서 작용하며(28), 따라서 본 연구에서의 혼탁주스의 높은 항산화성에 기여한 것으로 생각된다. 한편 chlorogenic acid, caffeic acid, ferulic acid, phloridzin 와 같은 성분들은 사과 중의 천연 항산화물질로서 가공 중 이들 성분의 소실을 줄이는 것이 바람직하다.

### 항산화 활성

시판 혼탁 및 청징 사과주스의 항산화 활성을 DPPH 라디칼 소거 활성 및 FRAP assay 로 측정하였다. DPPH 라디칼은 상당히 안정한 라디칼이므로 다른 항산화 물질과 반응하여 안정되게 자색에서 무색으로 변하므로 단순하면서 신속하게 각종 시료들의 활성산소종의 소거능을 측정하는 방법으로서 많이 이용된다. 또한 FRAP 방법은 전자공여 반응에 의한 산화환원 반응에 의하여 항산화능을 측정하는 방법 (14)으로서 측정하고자 하는 항산화물질의 이화학적 특성에 따라 방법 별로 서로 항산화 활성이 상이하게 나타날 수 있다. 두 가지 방법에 의하여 측정된 혼탁주스 4종, 청징주스 4 종의 항산화활성 측정 결과를 Table 5에 나타내었다. DPPH 방법에 의하여 측정된 사과주스의 항산화 활성은 혼탁주스(1490.92~1676.02  $\mu\text{M GAE}$ )가 청징주스(326.22~648.28  $\mu\text{M GAE}$ ) 보다 강하게 나타났으며, FRAP 방법에 의한 결과에서도 혼탁주스(3278.52~5115.22  $\mu\text{M TE}$ )가 청징주스(423.86~1506.16  $\mu\text{M TE}$ )보다 강한 활성을 보였다. 이는 진술한 혼탁 및 청징주스의 총 페놀 함량과 폴리페놀 화합물 함량을 분석한 결과에서와 같이 함량이 높은 혼탁주스가 청징주스 보다 강한 항산화 활성을 나타내었다. 특히 과일이나 채소와 같은 신선식품 중에 함유되어있는 천연항산화물질은 이들의 수확 후의 여러 가지 처리 과정에서 크게 영향을 받으며 농축, 살균과 같은 열처리 가공 공정에 따라서 감소되어 이에 의하여 항산화성이 약화 된다.

본 연구에서 조사한 사과주스의 색도, 총 페놀 함량, DPPH 라디칼 소거 활성 및 FRAP 활성 간의 상관성을 분석하여 각각의 상관계수 값을 Table 6에 나타내었다. 색도, 총 페놀 함량, DPPH 및 FRAP 간의 상관계수는 각각 0.95 이상으로 매우 높은 상관성을 나타내었으며, 이 중 총 페놀 함량과 DPPH 방법에 의한 항산화활성 간의 상관성이 가장 높게 나타났다 ( $r=0.9876$ ). 또한 Orak (29)도 적포도주의 페놀성 화합물 함량과 항산화 활성이 높은 상관성을 보였다고 보고하였다.

**Table 5. DPPH radical scavenging activities and FRAP values of apple juice products**

| Samples | DPPH ( $\mu\text{M GAE}$ )        | FRAP ( $\mu\text{M TE}$ )         |
|---------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| A       | 1540.35 $\pm$ 21.44 <sup>b*</sup> | 4234.06 $\pm$ 390.08 <sup>b</sup> |
| B       | 1490.92 $\pm$ 16.39 <sup>b</sup>  | 3278.52 $\pm$ 32.86 <sup>d</sup>  |
| C       | 1676.02 $\pm$ 20.34 <sup>a</sup>  | 3687.27 $\pm$ 25.63 <sup>e</sup>  |
| D       | 1539.43 $\pm$ 29.61 <sup>b</sup>  | 5115.22 $\pm$ 52.17 <sup>a</sup>  |
| E       | 326.22 $\pm$ 8.39 <sup>e</sup>    | 423.86 $\pm$ 12.32 <sup>f</sup>   |
| F       | 435.09 $\pm$ 56.27 <sup>d</sup>   | 549.09 $\pm$ 49.78 <sup>f</sup>   |
| G       | 389.35 $\pm$ 63.80 <sup>de</sup>  | 613.22 $\pm$ 27.80 <sup>f</sup>   |
| H       | 648.28 $\pm$ 57.05 <sup>c</sup>   | 1506.16 $\pm$ 63.06 <sup>e</sup>  |

\*Different letters in a column are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

**Table 6. Correlation coefficients of color, total phenolic contents, DPPH, FRAP values of apple juice products**

|       | Color | TPC <sup>a</sup> | DPPH   | FRAP   |
|-------|-------|------------------|--------|--------|
| Color | -     | 0.9678           | 0.9507 | 0.9729 |
| TPC   | -     | -                | 0.9876 | 0.9701 |
| DPPH  | -     | -                | -      | 0.9519 |
| FRAP  | -     | -                | -      | -      |

<sup>a</sup>TPC; total phenolic contents.

## 요 약

국내에서 제조하여 판매되고 있는 사과주스 제품(혼탁형 4종, 청징형 4종)의 이화학적 품질특성과 항산화 활성, 폴리페놀 성분 조성을 조사하였다. 적정산도는 0.299~0.556 범위로 제품형태에 따른 유의적인 차이는 없었다 ( $p < 0.05$ ). 가용성 당질 함량은 10.03~13.00 °Brix로서 클라우디형이 높았으며 환원당 함량은 40.47~119.17 g/L이었으며 청징형이 높았다( $p < 0.05$ ). 사과주스의 색도 및 탁도는 혼탁형이 청징형보다 높은 값을 나타내었다( $p < 0.05$ ). 비타민 C 함량은 0.74~1.22 g/L 범위로 형태에 따른 큰 유의적 차이는 보이지 않았다. 총 페놀 함량은 혼탁주스(1.13~1.42 g/L)가 청징주스(0.12~0.32 g/L)보다 4~12배 정도 많았다. 사과주스의 폴리페놀화합물은 chlorogenic acid, caffeic acid, (-)-epicatechin, quercitrin, phloridzin을 포함하여 9 종이 HPLC로 분리되었으며, 총 함량은 혼탁주스(319.37~985.63 mg/L)가 청징주스(92.88~214.39 mg/L)보다 높게 나타났다. DPPH 방법으로 측정된 사과주스의 항산화 활성은 혼탁주스(1490.92~1676.02  $\mu\text{M GAE}$ )가 청징주스(326.22~648.28  $\mu\text{M GAE}$ ) 보다 강하였으며, FRAP 방법에서도 혼탁주스(3278.52~5115.22  $\mu\text{M TE}$ )가 청징주스(423.86~1506.16  $\mu\text{M TE}$ )보다 강한 활성을 보였다. 사과주

스의 항산화 활성은 총 페놀 함량과 HPLC로 분석한 폴리페놀화합물의 함량과 높은 상관성( $r > 0.95$ )이 있었으며, 색도 또한 항산화 활성과 상관성이 높았다( $r > 0.95$ ).

## 감사의 글

본 연구는 경상북도 농수산기술개발사업과 대구경북능금농협의 지원으로 수행되었으므로 이에 감사를 드립니다.

## 참고문헌

- Hong HD, Kim SS, Kim KT, Choi HD (1999) Changes in quality of domestic apple juice concentrates during long-term storage. *J Korean Soc Agric Chem Biotechnol*, 42, 235-239
- Hong HD, Kim SS, Kim KT, Choi HD (2001) Quality changes of apple juice concentrates with different storage temperature. *Korean J Food Nutr*, 14, 28-33
- Park NY, Kim JW, Woo SC, Jeong YJ (2010) Quality changes in apple juice containing pulp upon sterilization by hot water. *Korean J Food Preserv*, 17, 230-235
- van Boekel MA, Jongen WM (1997) Product quality and food processing: how to quantify the healthiness of a product. *Cancer Lett*, 114, 65-69
- Manach C, Mazur A, Scalbert A (2005) Polyphenols and prevention of cardiovascular diseases. *Curr Opin Lipidol*, 16, 77-84
- Mennen LI, Sapinho D, De Bree A (2004) Consumption of foods rich in flavonoids is related to a decreased cardiovascular risk in apparently healthy French women. *J Nutr*, 134, 923-926
- Serafini M, Ghiselli A, Ferro-Luzzi A (1996) In vivo antioxidant effect of green and black tea in man. *Eur J Clin Nutr*, 50, 28-32
- Mukamal KJ, Maclure M, Muller JE (2002) Tea consumption and mortality after acute myocardial infarction. *Circulation*, 105, 2476-2481
- Hirano R, Momiyama Y, Takahashi R (2002) Comparison of green tea intake in Japanese patients with and without angiographic coronary artery disease. *Am J Cardiol*, 90, 1150 - 1153
- Serafini M, Maiani G, Ferro-Luzzi A (1998) Alcohol-free red wine enhances plasma antioxidant capacity in humans. *J Nutr*, 128, 1003-1007
- Di Castelnuovo A, Rotondo S, Iacoviello L, Donati MB

- , De Gaetano, G (2002) Meta-analysis of wine and beer consumption in relation to vascular risk. *Circulation*, 105, 2836-2844
12. Klatsky AL, Friedman GD, Armstrong MA, Kipp H (2003) Wine, liquor, beer, and mortality. *Am J Epidemiol*, 158, 585-595
  13. Djousse L, Ellison RC, Beiser A, Scaramucci A, D'Agostino RB, Wolf PA (2002) Alcohol consumption and risk of ischemic stroke: the Framingham Study. *Stroke*, 33, 907-912
  14. 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
  15. AOAC (1990) Official Methods of Analysis, 14th ed, p 844. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA
  16. Jeong PH, Kim YS, Shin DH (2006) Changes of physicochemical characteristics of *Schizandra chinensis* during postharvest ripening at various temperature. *Korean J Food Sci Technol*, 38, 469-474
  17. Mille, GL (1959) Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal Chem*, 31, 426-428
  18. Mill MB, Daron CM, Roe JH (1949) Ascorbic acid, dehydroascorbic acid and diketogluronic acid in fresh and processed foods. *Anal Chem*, 29, 707-710
  19. Singleton VL, Orthofer R, Lamuela-Raventos RM (1999) Analysis of total phenolic and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods Enzymol*, 299, 152-178
  20. Blois MS (1958) Antioxidants determination by the use of a stable free radical. *Nature*, 181, 1199-1200
  21. Benzie IFF, Strain JJ (1996) The ferric reducing ability of plasma as a measure of antioxidant power, the FRAP assay. *Anal Biochem*, 239, 70-76
  22. SAS Institute, Inc. (1990) SAS User's Guide. Statistical Analysis Systems Institute, Cary, NC, USA
  23. Elkins RE, Matthy, A, Lyon R, Huang CJ (1996) Characterization of Commercially Produced Apple Juice Concentrate. *J Food Compos Anal.*, 9, 43-56
  24. Schilling S, Schmid S, Jaeger H, Ludwig M, Dietrich H, Toepfl S, Knorr D, Neidhart S, Schieber A, Carle R (2008) Comparative Study of Pulsed Electric Field and Thermal Processing of Apple Juice with Particular Consideration of Juice Quality and Enzyme Deactivation. *J Agri Food Chem*, 56, 4545-4554
  25. Will F, Roth M, Olk M, Ludwig M, Dietrich H (2008) Processing and analytical characterisation of pulp-enriched cloudy apple juices. *Food Sci Technol*, 41, 2057-2063
  26. Eisele TA, Drake SR (2005) The partial compositional characteristics of apple juice from 175 apple varieties. *J Food Comp Analysis*, 18, 213-221
  27. Bielig HJ, Hofsommer HJ (1982) The importance of the amino acid spectrum in apple juices. *Flussiges Obst*, 49, 50-56
  28. Sacchetti G, Cocci E, Pinnavaia GG, Mastrocola D, Rosa MD (2008) Influence of processing and storage on the antioxidant activity of apple derivatives. *Int J Food Sci Technol*, 43, 797 - 804
  29. Orak HH (2007) Total antioxidant activities, phenolic anthocyanins, polyphenoloxidase activities correlation of some important red wine grape varieties are grown in turkey. *J Food Sci Technol*, 111, 235-241

---

(접수 2011년 3월 30일 수정 2011년 9월 1일 채택 2011년 9월 2일)