

## 국내 적포도주스의 항산화능과 색도의 상관성

김주영<sup>1</sup> · 성기운<sup>1</sup> · 황인욱<sup>2</sup> · 정신교<sup>1</sup>

<sup>1</sup>경북대학교 식품공학부  
<sup>2</sup>경북대학교 식품생물산업연구소

### Correlation between Antioxidant Capacities and Color Values in Korean Red Grape Juices

Joo-Young Kim<sup>1</sup>, Gi-Un Seong<sup>1</sup>, In-Wook Hwang<sup>2</sup>, and Shin-Kyo Chung<sup>1</sup>

<sup>1</sup>School of Food Science and Biotechnology and <sup>2</sup>Food and Bio-industry Research Institute, Kyungpook National University

**ABSTRACT** Grape juice is consumed worldwide and studied due to the high antioxidant activities and contents. The color of grape juice is due to the presence of phenolic compounds such as anthocyanins. Therefore, color values can be an indicator of antioxidant capacities of grape juice. However, the correlation between color values and antioxidant activities in grape juice has not been well studied. In this study, the physicochemical characteristics and correlation between color values and antioxidant capacities of Korean red grape juices (five commercial juices from market and two juices prepared in the laboratory) were investigated to estimate antioxidant capacities. Antioxidant capacities were determined by 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical scavenging assay, ferric ion reducing antioxidant power assay, and oxygen radical absorbance capacity assay. Total phenolic contents, total flavonoid contents, and total anthocyanin contents, including five kinds of polyphenolic compounds, were examined by high performance liquid chromatography (HPLC). The results for physicochemical properties showed similar values, except titratable acidity. The color hue values of the prepared juices were higher than those of commercial juices, which was in contrast to the lower color intensity values ( $P < 0.05$ ). The Hunter L, a, and b values showed almost no difference between commercial and prepared juices. The antioxidant activities and total phenolic contents of commercial juices were higher than those of prepared ones. Gallic acid, catechin, and quercetin were confirmed by HPLC in all samples. The total phenolic and total flavonoid contents showed positive correlation with antioxidant activities. In addition, antioxidant activities and contents correlated with color values. Thus, estimation of antioxidant capacity could be feasible through the spectrophotometric measurement of color values.

**Key words:** Korean grape juice, antioxidant, quercetin, correlation, color intensity

## 서 론

적포도(*Vitis vinifera* L.)는 갈매나무목(Rhamnales) 적포도과(Vitaceae)의 낙엽성 덩굴식물이며, 주로 열대 지역과 아열대 지역에서 자생하는 과일나무이다(1). 적포도는 세계적으로 가장 많이 소비되는 과일 중 하나로 폴리페놀을 다량 함유하고 있어(2) 유리 산소 라디칼을 포착하여 생체 성분의 산화를 방지함으로써 동맥경화, 당뇨, 암 등을 예방하는 효과를 가진다(3). 2013년 기준 우리나라의 적포도 생산량은 260,280톤에 달하며(4), 8월 말에서 9월 초순경에 집중하여 출하되고 적포도주스, 적포도주, 적포도잼 등으로

가공 비율이 10~15% 정도로 낮아서 과일 생산 시에는 재배 농가가 큰 피해를 입게 된다(5,6). 최근 건강 지향적인 식품 섭취 경향으로 탄산음료 시장이 점차 감소하고 천연 과일주스류의 소비가 증가하고 있다(3). 과일주스는 과일 중의 폴리페놀 화합물이나 미네랄, 식이섬유와 같은 건강기능성 성분을 손쉽게 섭취할 수 있는 가공식품으로서 장관계 질환을 예방하거나 인체의 면역력과 생체 항산화성을 증강하는 효과가 있다(7).

적포도주스의 색깔은 안토시아닌 및 폴리페놀 화합물과 같은 항산화 물질에 의하여 발생되므로 색도는 항산화 활성을 비롯한 건강기능성의 지표가 될 수 있다(8). 식품의 색도는 주로 분광광도계를 이용하거나 Hunter 색차계로 측정되며, 적포도주스 중의 안토시아닌 함량과 red color 및 tint 값과의 상관성(9), 적포도주의 총 페놀 성분, 항산화 활성과 color intensity 값과의 상관성(10)이 보고된 바 있다. 또한 블랙베리 및 블루베리 와인의 Hunter L, a 값과 항산화 활성

Received 30 April 2015; Accepted 23 June 2015

Corresponding author: Shin-Kyo Chung, School of Food Science and Biotechnology, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea

E-mail: kchung@knu.ac.kr, Phone: +82-53-950-5778

(11), 맥주의 색도와 항산화 활성(12)의 상관성이 보고되었다.

이에 본 연구는 적포도 가공제품의 주요한 품질지표인 항산화 활성을 신속 간편하게 측정하기 위한 연구의 일환으로, 먼저 적포도주스의 항산화 활성과 항산화 성분, 색도 값을 다양한 방법으로 측정하고 이들 각각의 상관성을 조사하였기에 보고하는 바이다.

## 재료 및 방법

### 실험 재료 및 시약

실험 재료 중 적포도주스는 실험실에서 분쇄 후 착즙하여 제조한 적포도주스 2종[A(충북 영동), B(경북 영천), Campbell early]과 대구지역에서 2014년 9월경 구입한 포도과즙 100%인 시판 적포도주스 5종(C~G)을 사용하였다. 항산화 활성, 항산화 성분 및 색도 측정용 시료는 methanol로 10배 희석하여 원심분리(5,000 rpm, 15분, 4°C)하고 침전물을 제거한 용액으로 하였다. Gallic acid, Trolox, naringin, caffeic acid, ferulic acid, catechin, quercetin, kaempferol, 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH), ferric chloride, sodium acetate, ferric chloride, potassium ferricyanide, 2,4,6-tris(2-pyridyl)-1,3,5-triazine(TPTZ)은 Sigma-Aldrich Co.(St. Louis, MO, USA)의 제품을 사용하였고, methanol 등의 추출용 용매는 일급 시약(Duksan Co., Seoul, Korea), HPLC 용매는 J. T. Baker(Phillipsburg, NJ, USA) 제품을 사용하였다.

### 이화학적 품질 특성 측정

적포도주스의 이화학적 품질 특성을 조사하기 위하여 가용성 고형분, 환원당 함량, 적정산도, pH를 측정하였다. 가용성 고형분은 굴절당도계(Master-a, Atago Co., Tokyo, Japan)로 측정하였으며, 환원당 함량은 DNS 비색법(13)으로 측정하였고 적정산도는 AOAC 표준시험법(14)으로, pH는 pH meter(Mettler Toledo MP220, Mettler Toledo Co., Schwerzenbach, Switzerland)를 사용하여 측정하였다.

### 색도 측정

색도 측정은 분광광도계를 이용한 color hue, color intensity, yellow, red, blue 값과 색차계를 이용한 Hunter L, a, b 값을 측정하였다. 각 시료를 UV-visible Spectrometer(UV 1601, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 420 nm와 520 nm, 620 nm에서 흡광도를 측정하여 color hue(420 nm/520 nm) 값과 color intensity(420 nm+ 520 nm+ 620 nm) 값, yellow(100·420 nm/color intensity), red(100·520 nm/color intensity)와 blue(100·620 nm/color intensity) 값을 각각 계산하였다(15). Hunter L(명도), a(적색도) 및 b(황색도) 값은 표준 백색판(L=97.79, a=-0.38, b=2.05)으로 보정된 colorimeter(CM-700d, Minolta Co., Osaka, Japan)를 이용하여 측정하였다.

### 항산화 활성 및 항산화 성분 측정

적포도주스의 항산화 활성은 DPPH 라디칼 소거 활성, ferric ion reducing antioxidant power(FRAP) 방법과 oxygen radical absorbance capacity(ORAC) 방법으로 측정하였다. DPPH 라디칼 소거 활성(16)은 시료 100 µL와 200 µM DPPH 용액 900 µL를 혼합하여 30분간 암실에서 방치한 다음 96 well plate에 200 µL씩 분주한 후 micro-plate reader(Emax precision, Molecular Devices, Sunnyvale, CA, USA)를 이용하여 490 nm에서 측정하였고, gallic acid 검량선의 회귀식에서 gallic acid equivalent mM(GAE mM)로 환산하여 나타내었다. FRAP value의 측정은 Khanizadeh 등(17)의 방법을 변용하여 실험에 이용하였다. 시료 25 µL와 cocktail solution(acetate buffer : TPTZ : ferric chloride solution=10:1:1) 175 µL를 혼합하여 암실에서 30분간 방치 후 650 nm에서 흡광도를 측정했으며 Trolox 검량선의 회귀식에서 Trolox equivalent mM(TE mM)로 나타내었다. ORAC value 측정은 Ou 등(18)의 방법으로 측정하였다. 시료 20 µL에 200 nM fluorescein 용액을 120 µL 첨가하고 37°C에서 15분간 방치 후, 200 mM AAPH 용액 60 µL를 혼합하여 multilabel plate counter(Victor 3 1420, Perkin Elmer Inc., Boston, MA, USA)를 이용하여 37°C에서 5분 간격으로 총 120분 동안 형광의 감소를 측정하였으며(excitation 488 nm, emission 520 nm), Trolox 검량선의 회귀식에서 Trolox equivalent mM(TE mM)로 나타내었다.

항산화 성분은 총 페놀 화합물(total phenolic contents), 총 플라보노이드 화합물(total flavonoid contents), 총 안토시아닌(total anthocyanin content) 함량을 측정하였다. 총 페놀 화합물 함량은 Folin-Ciocalteu 방법(19)을 이용하여 측정하였다. 시료 100 µL에 2 N Folin-Ciocalteu 시약 50 µL와 20% sodium carbonate 300 µL를 가하여 실온에서 15분간 방치한 후 증류수 1 mL를 넣고 원심분리 하여 상등액을 725 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질 gallic acid 검량선의 회귀식에서 gallic acid equivalent(GAE mg/L)로 환산하여 나타내었다. 총 플라보노이드 함량은 Zhishen 등(20)의 방법을 변형하여 측정하였다. 시료 70 µL에 50% ethanol 430 µL와 5% sodium nitrite 50 µL를 넣고 30분간 방치 후, 10% aluminium nitrate nonahydrate 50 µL를 가하여 6분간 방치한다. 마지막으로 1 N sodium hydroxide 500 µL를 넣고 510 nm에서 흡광도를 측정한다. 표준물질 rutin 검량선의 회귀식에서 rutin equivalent(RE mg/L)로 환산하여 나타내었다. 총 안토시아닌 함량은 pH differential method(21)를 이용하여 측정하였다. 시료에 0.025 M potassium chloride buffer(pH 1.0)와 0.4 M sodium acetate buffer(pH 4.5)에 각각 혼합하여 반응액의 흡광도 값을 510 nm와 700 nm에서 측정하였다. 총 안토시아닌 함량(mg/L)은 cyanidin-3-glucoside의 몰흡광계수( $\epsilon = 26,900 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$ )를 이용하여 산출하였다.

**Table 1.** The contents of soluble solid, reducing sugar, the values of titratable acidity, and pH of the Korean red grape juices

Sample <sup>1)</sup>	Soluble solid contents (%)	Reducing sugar contents (%)	Titratable acidity (%)	pH
A	15.97±0.15 <sup>a2)</sup>	21.93±0.19 <sup>a</sup>	0.70±0.01 <sup>a</sup>	2.97±0.01 <sup>e</sup>
B	12.60±0.10 <sup>e</sup>	14.24±0.02 <sup>d</sup>	0.68±0.02 <sup>a</sup>	3.21±0.01 <sup>a</sup>
C	14.17±0.06 <sup>c</sup>	15.60±0.61 <sup>bc</sup>	0.44±0.04 <sup>b</sup>	3.09±0.01 <sup>c</sup>
D	14.83±0.06 <sup>b</sup>	16.30±0.34 <sup>b</sup>	0.46±0.01 <sup>b</sup>	3.07±0.01 <sup>d</sup>
E	14.83±0.06 <sup>b</sup>	16.60±1.21 <sup>b</sup>	0.40±0.02 <sup>c</sup>	3.06±0.01 <sup>d</sup>
F	12.13±0.06 <sup>f</sup>	13.93±0.27 <sup>d</sup>	0.43±0.01 <sup>bc</sup>	2.86±0.01 <sup>f</sup>
G	13.37±0.06 <sup>d</sup>	15.01±0.39 <sup>cd</sup>	0.43±0.02 <sup>bc</sup>	3.18±0.01 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>A, B: prepared juices, C~G: commercial juices.

<sup>2)</sup>Values with different letters within the same column are significantly different at  $P<0.05$ . Values are expressed as the mean±SD.

### 폴리페놀 화합물의 high performance liquid chromatography(HPLC) 분석

시료 1 mL에 0.1 M hydrogen chloride 9 mL를 가한 후 90°C에서 30분간 증탕하고, 10 mL ethyl acetate로 2번 분획 후 감압 농축하였다. 농축된 시료에 methanol 1 mL를 가하여 용해시킨 후 0.45 µm 필터로 여과하여 HPLC(1260 Infinity Quaternary LC System, Agilent Technologies, Waldbronn, Germany)로 시료의 폴리페놀 화합물을 분석하였다. HPLC 분석 조건은 다음과 같다. 분석용 칼럼은 C18 column(Develosil ODS-HG-5, 4.6×150 mm, Nomura Chemical Co., Aichi, Japan)을 사용하였고, injection volume은 5 µL, 이동상은 용매 A[0.1% formic acid(v/v) in 40% methanol(v/v)]와 B[0.1% formic acid(v/v) in acetonitrile : methanol(1:1, v/v)]를 유속 0.4 mL/min으로 A 액과 B액의 비율을 2분까지 100:0(v/v), 5분까지 80:20(v/v), 10분에서 20분까지 50:50(v/v)의 비율로 UV detector 254 nm, 330 nm에서 분석하였다. 표준물질 gallic acid, caffeic acid, ferulic acid, catechin, quercetin, kaempferol을 이용하여 구한 검량선의 회귀식에서 각 성분의 함량을 구하였다.

### 통계 처리

모든 실험은 3회 반복하였으며 SAS(statistical analysis system, version 9.3, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)

에 의하여 유의차를 검정하였으며(Duncan's multiple range test,  $P<0.05$ ), 요인 간의 상관성(Pearson's correlation coefficient)을 분석하였다.

## 결과 및 고찰

### 이화학적 품질 특성

실험실 제조 및 시판 적포도주스 7종의 이화학적 품질 특성을 측정된 결과는 Table 1과 같다. 적포도주스의 가용성 고형분 함량은 12.13~15.97%, 환원당은 13.93~21.93%, 적정산도는 0.40~0.70%, pH는 2.86~3.21의 범위로 나타났다. 가용성 고형분과 적정산도에 비하여 적포도주스의 환원당의 함량이 제품 간에 비교적 편차가 크게 나타났다. 그리고 제조한 적포도주스에 비하여 시판 적포도주스의 적정산도가 낮았다( $P<0.05$ ). 이러한 결과는 Lee 등(7)이 조사한 시판 적포도주스의 이화학적 특성과 유사하였다. 그러나 전반적인 산도 값은 Burin 등(9)이 보고한 브라질산의 시판 적포도주스의 산도 값(5.60~9.84 g/L)보다는 낮았다.

### 색도

적포도주스의 색깔은 적포도 과피 중의 안토시아닌과 프로안토시아닌 등의 폴리페놀 화합물이 제조 과정에서 주스에 이행되어 나타난 것이다. 색도는 포도주스의 신선함을 나타내는 기호적 품질 요소이면서 색소 성분의 함량과 이에 따른 건강기능성에도 관련이 크며(9), Lee 등(22)은 국내산 포도 품종으로 제조한 적포도주스의 발효 및 저장 과정에서의 색도 변화를 분광법과 Hunter 색차계로 조사한 바 있다. 본 실험에서도 이와 같이 분광법과 Hunter 색차계로 측정된 적포도주스의 색도 값을 Table 2에 나타내었다. 분광법으로 측정된 color hue 값은 제조한 적포도주스(A, B)가 2.74~2.90으로 시판주스(C~G)보다 높은 반면에, color intensity 값은 시판 적포도주스가 1.87~3.07로 제조한 적포도주스의 값(0.51~0.86)보다 높게 나타났다( $P<0.05$ ). 또한 yellow 값 역시 제조한 것(68.97~69.28)이 시판주스(39.98~52.10)에 비하여 높았으며, red와 blue는 상반된 경향을 보여 제조한 적포도주스(23.85~25.19, 5.83~6.87)에 비해 시판주스(35.95~46.89, 11.95~13.15)에서 더 높게 측정되었다. Hunter 색차계로 측정된 명도를 나타내는 L 값은

**Table 2.** The color values of the Korean red grape juices by the spectrophotometer and Hunter colorimeter

Sample <sup>1)</sup>	Color hue	Color intensity	Yellow	Red	Blue	Hunter L	Hunter a	Hunter b
A	2.74±0.03 <sup>b2)</sup>	0.86±0.00 <sup>f</sup>	68.97±0.13 <sup>b</sup>	25.19±0.28 <sup>c</sup>	5.83±0.29 <sup>c</sup>	25.04±0.00 <sup>d</sup>	23.27±0.01 <sup>b</sup>	10.45±0.00 <sup>c</sup>
B	2.90±0.01 <sup>a</sup>	0.51±0.00 <sup>g</sup>	69.28±0.09 <sup>a</sup>	23.85±0.10 <sup>f</sup>	6.87±0.17 <sup>d</sup>	31.24±0.00 <sup>b</sup>	21.66±0.00 <sup>d</sup>	17.03±0.02 <sup>a</sup>
C	0.96±0.00 <sup>e</sup>	2.71±0.00 <sup>b</sup>	43.09±0.02 <sup>c</sup>	44.80±0.01 <sup>b</sup>	12.11±0.03 <sup>c</sup>	24.66±0.01 <sup>f</sup>	22.43±0.01 <sup>c</sup>	6.78±0.01 <sup>e</sup>
D	0.85±0.00 <sup>f</sup>	2.48±0.00 <sup>c</sup>	39.98±0.03 <sup>g</sup>	46.89±0.01 <sup>a</sup>	13.13±0.02 <sup>a</sup>	24.79±0.02 <sup>e</sup>	24.20±0.01 <sup>a</sup>	6.38±0.02 <sup>f</sup>
E	0.86±0.00 <sup>f</sup>	3.07±0.00 <sup>a</sup>	40.16±0.02 <sup>f</sup>	46.69±0.01 <sup>a</sup>	13.15±0.01 <sup>a</sup>	22.05±0.01 <sup>g</sup>	19.04±0.04 <sup>g</sup>	5.48±0.02 <sup>g</sup>
F	1.02±0.00 <sup>d</sup>	2.24±0.00 <sup>d</sup>	44.28±0.01 <sup>d</sup>	43.27±0.01 <sup>c</sup>	12.45±0.00 <sup>b</sup>	30.09±0.01 <sup>c</sup>	20.27±0.01 <sup>e</sup>	9.55±0.01 <sup>d</sup>
G	1.45±0.00 <sup>c</sup>	1.87±0.00 <sup>e</sup>	52.10±0.03 <sup>e</sup>	35.95±0.01 <sup>d</sup>	11.95±0.02 <sup>c</sup>	33.26±0.02 <sup>a</sup>	19.68±0.01 <sup>f</sup>	12.69±0.01 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>Samples are the same as in Table 1.

<sup>2)</sup>Values with different letters within the same column are significantly different at  $P<0.05$ . Values are expressed as the mean±SD.

제조주스(25.04~31.24)와 시판주스(22.05~33.26)의 차이가 뚜렷하지 않았으며, 적색도를 나타내는 a 값(제조주스 21.66~23.27, 시판주스 19.04~24.20)도 마찬가지였다. 황색도를 나타내는 b 값은 제조품에서 10.45~17.03, 시판주스에서 5.48~12.69 범위로 대체로 제조품에서 더 높은 값을 나타냈다.

### 항산화 활성 및 항산화 성분

적포도주스의 항산화 활성과 항산화 성분을 Table 3에 나타내었다. 항산화 활성은 DPPH 라디칼 소거 활성법, FRAP 및 ORAC 방법으로 측정하였으며, 항산화 성분은 총 페놀 화합물, 총 플라보노이드 화합물 및 총 안토시아닌 함량을 측정하였다. DPPH 라디칼 소거 활성은 0.45~1.47 GAE mM, FRAP 활성은 1.91~4.80 TE mM, ORAC 활성은 79.34~475.22 TE mM 범위로 나타났다. 전반적으로 제조한 것에 비하여 시판주스의 항산화 활성이 높았다. 또한 총 페놀 화합물 함량은 257.94~941.14 GAE mg/L, 총 플라보노이드 화합물 함량은 425.14~1,472.00 RE mg/L였으며, 항산화 활성과 유사하게 제조한 주스보다 시판주스의 함량이 높았다. 이는 시판주스 중에 보존의 목적으로 첨가하는 안식향산 등의 방향성 첨가물에 의한 것으로 사료된다. 총 안토시아닌 함량은 1.78~16.40 mg/L였으며 시판주스와 제조주스의 차이는 크지 않았다. 한편 시판되는 국내의 사과주스, 오렌지주스, 자몽주스, 과인애플주스, 청포도주스와 포도주스의 항산화 활성과 총 페놀 함량을 비교하였을 때 포도주스의 총 페놀 함량(73.07~205.64 g/L)과 항산화 활

성(37.82~331.09 TE  $\mu$ M)이 비교적 높은 것으로 보고된 바 있다(3).

### 폴리페놀 화합물 조성

채소나 과일 중의 페놀산이나 플라보노이드와 같은 폴리페놀 화합물들은 대부분 배당체의 형태로 존재하므로 산이나 효소로 가수분해하여 aglycone의 함량을 분석하여 나타낸다(23). 적포도주스 가수분해물의 폴리페놀 화합물 조성을 HPLC로 분석하여 Table 4에 나타내었다. 페놀산의 일종인 gallic acid, 플라보노이드 화합물인 catechin, quercetin이 모든 적포도주스에서 검출되었으며, 그 함량은 각각 31.61~38.08 mg/L, 56.63~73.87 mg/L, 47.20~51.87 mg/L의 범위로 나타났다. Caffeic acid와 kaempferol은 적포도주스 C에서, ferulic acid는 제조한 주스 A, B에서만 확인되었다. 크랜베리, 석류, 사과, 자몽, 오렌지, 과인애플, 토마토 등 여러 종류의 과일주스 중에 적포도주스가 flavan-3-ol 및 hydroxy cinnamic acid의 함량이 가장 높다고 보고되었다(24).

### 항산화 활성 및 항산화 성분과 색도의 상관성

적포도주스의 항산화 활성과 항산화 성분 간의 상관계수를 나타낸 결과는 Table 5와 같다. 총 페놀 화합물 함량은 모든 항산화 활성과 높은 상관성( $r=0.8942\sim0.9195$ )을 나타냈으며, 총 플라보노이드 화합물 함량은 DPPH 라디칼 소거 활성, FRAP 활성과 비교적 상관성을 보였다( $r=0.8375$ ,  $r=0.7661$ ). 이와는 다르게 총 안토시아닌 함량은 항산화 활

**Table 3.** The antioxidant activities and the antioxidant contents of the Korean red grape juices

Sample <sup>1)</sup>	DPPH <sup>2)</sup> (GAE mM)	FRAP (TE mM)	ORAC (TE mM)	TPC (GAE mg/L)	TFC (RE mg/L)	TAC (mg/L)
A	0.46±0.00 <sup>cs)</sup>	2.49±0.01 <sup>f</sup>	79.34±17.62 <sup>e</sup>	388.53±1.00 <sup>e</sup>	743.71±14.91 <sup>d</sup>	16.40±0.10 <sup>a</sup>
B	0.45±0.01 <sup>e</sup>	1.91±0.01 <sup>g</sup>	137.37±6.09 <sup>e</sup>	257.94±2.56 <sup>f</sup>	425.14±19.22 <sup>g</sup>	8.74±0.03 <sup>e</sup>
C	1.47±0.03 <sup>a</sup>	4.80±0.02 <sup>a</sup>	310.99±84.75 <sup>cd</sup>	671.38±13.22 <sup>c</sup>	1,472.00±34.76 <sup>a</sup>	9.18±0.13 <sup>d</sup>
D	1.37±0.03 <sup>b</sup>	4.62±0.01 <sup>c</sup>	420.78±52.90 <sup>ab</sup>	941.14±9.34 <sup>a</sup>	1,022.48±16.50 <sup>c</sup>	10.62±0.03 <sup>c</sup>
E	1.44±0.02 <sup>a</sup>	4.74±0.02 <sup>b</sup>	475.22±13.96 <sup>a</sup>	928.29±17.68 <sup>a</sup>	1,329.14±44.63 <sup>b</sup>	15.67±0.11 <sup>b</sup>
F	0.74±0.03 <sup>d</sup>	3.55±0.03 <sup>c</sup>	264.85±21.88 <sup>d</sup>	523.76±17.82 <sup>d</sup>	519.62±18.37 <sup>f</sup>	1.78±0.05 <sup>g</sup>
G	1.10±0.01 <sup>c</sup>	4.21±0.03 <sup>d</sup>	348.52±33.97 <sup>bc</sup>	739.48±53.76 <sup>b</sup>	641.52±3.30 <sup>e</sup>	5.86±0.07 <sup>f</sup>

<sup>1)</sup>Samples are the same as in Table 1.

<sup>2)</sup>DPPH, DPPH radical scavenging activity; FRAP, ferric ion reducing antioxidant power; ORAC, oxygen radical absorbance capacity; TPC, total phenolic content; TFC, total flavonoid content; TAC, total anthocyanin content.

<sup>3)</sup>Values with different letters within the same column are significantly different at  $P<0.05$ . Values are expressed as the mean±SD.

**Table 4.** The polyphenol composition of the Korean red grape juices by HPLC analysis

Sample <sup>1)</sup>	Gallic acid	Caffeic acid	Ferulic acid	Catechin	Quercetin	Kaempferol
A	31.61±1.51 <sup>c2)</sup>	— <sup>3)</sup>	23.66±0.44 <sup>a</sup>	56.93±2.55 <sup>d</sup>	47.20±0.23 <sup>e</sup>	—
B	31.93±0.61 <sup>c</sup>	—	19.25±0.10 <sup>b</sup>	68.43±2.03 <sup>b</sup>	48.24±0.16 <sup>d</sup>	—
C	35.89±0.24 <sup>ab</sup>	18.16±0.21	—	73.87±1.74 <sup>a</sup>	51.29±0.10 <sup>b</sup>	0.69±0.70
D	32.71±2.21 <sup>c</sup>	—	—	64.36±1.99 <sup>bc</sup>	49.35±0.11 <sup>c</sup>	—
E	38.08±3.52 <sup>a</sup>	—	—	68.78±4.69 <sup>b</sup>	51.01±0.36 <sup>b</sup>	—
F	34.19±0.17 <sup>bc</sup>	—	—	59.66±1.09 <sup>cd</sup>	51.87±0.19 <sup>a</sup>	—
G	35.98±0.22 <sup>ab</sup>	—	—	56.63±3.96 <sup>d</sup>	47.35±0.17 <sup>e</sup>	—

<sup>1)</sup>Samples are the same as in Table 1.

<sup>2)</sup>Values with different letters within the same column are significantly different at  $P<0.05$ . Values are expressed as the mean±SD.

<sup>3)</sup>Not detected.

**Table 5.** The correlation coefficients between the antioxidant activities and the antioxidant contents of the Korean red grape juices

Variables	TPC	TFC	TAC	Gallic acid	Catechin	Quercetin
DPPH <sup>1)</sup>	0.8942**	0.8375**	0.0948	0.6104	0.4500	0.4803
FRAP	0.9168**	0.7661**	-0.0188	0.6362	0.2777	0.5136
ORAC	0.9195**	0.5733	-0.0182	0.5836	0.2764	0.4530

<sup>1)</sup>Abbreviations are the same as in Table 3.

Significant at  $P < 0.0001$ .

**Table 6.** The correlation coefficients between the antioxidant capacities and the color values of the Korean red grape juices

Variables	DPPH <sup>1)</sup>	FRAP	ORAC	TPC	TFC	TAC	Gallic acid	Catechin	Quercetin
Color hue	-0.8593**	-0.9335**	-0.8530**	-0.8362**	-0.6042	0.2432	-0.5856	-0.2288	-0.7097*
Color intensity	0.9046**	0.9478**	0.8606**	0.8434**	0.7524**	-0.0387	0.6615	0.3382	0.7298*
Yellow	-0.8665**	-0.9220**	-0.8658**	-0.8355**	-0.6261	0.2024	-0.5668	-0.2886	-0.7358*
Red	0.8642**	0.9168**	0.8483**	0.8224**	0.6575	-0.1605	0.5509	0.3118	0.7550**
Blue	0.8417**	0.9051**	0.8906**	0.8468**	0.5015	-0.3307	0.5971	0.2028	0.6464
Hunter L	-0.4906	-0.4273	-0.3244	-0.4019	-0.8055**	-0.7426*	-0.1915	-0.4208	-0.3722
Hunter a	-0.1091	-0.1656	-0.3274	-0.1710	0.0812	0.2632	-0.6197	0.0606	-0.2568
Hunter b	-0.7692**	-0.8135**	-0.6529	-0.7364*	-0.8223**	-0.3087	-0.4264	-0.2563	-0.6006

<sup>1)</sup>Abbreviations are the same as in Table 3.

Significant at  $P < 0.001$  and  $P < 0.0001$ .

성과 상관성이 거의 없었다. HPLC로 정량한 gallic acid, catechin, quercetin 함량은 모두 항산화 활성과 상관성이 낮았다.

적포도주스의 항산화 활성 및 항산화 성분과 색도 값들의 상관성을 분석한 결과는 Table 6과 같다. DPPH 라디칼 소거 활성, FRAP 활성, ORAC 활성 모두에서 color hue, yellow 값과는 부의 상관성(color hue:  $r = -0.8593$ ,  $r = -0.9335$ ,  $r = -0.8530$ , yellow:  $r = -0.8665$ ,  $r = -0.9220$ ,  $r = -0.8658$ ), color intensity, red, blue 값과는 정의 상관성(color intensity:  $r = 0.9046$ ,  $r = 0.9478$ ,  $r = 0.8606$ , red:  $r = 0.8642$ ,  $r = 0.9168$ ,  $r = 0.8483$ , blue:  $r = 0.8417$ ,  $r = 0.9051$ ,  $r = 0.8906$ )을 보였다. 이 색도 값들은 FRAP 활성과 가장 높은 상관성을 보였으며, 특히 color intensity가 0.9478로 매우 높은 상관성을 나타냈다.

총 페놀 화합물 함량은 color intensity, red, blue 값과 비교적 높은 정의 상관성( $r = 0.8434$ ,  $r = 0.8224$ ,  $r = 0.8468$ )을 보였으며, color hue, yellow, Hunter b 값과는 부의 상관성( $r = -0.8362$ ,  $r = -0.8355$ ,  $r = -0.7364$ )을 보였다. 총 플라보노이드 화합물 함량은 color intensity 값과 정의 상관성( $r = 0.7524$ )을 보였고, Hunter L, b 값과는 부의 상관성( $r = -0.8055$ ,  $r = -0.8223$ )을 나타내었다. HPLC를 통해 분석된 폴리페놀 화합물 중 quercetin이 높은 color hue 값을 나타냈다는 연구 결과가 있었으며(25), 포도주의 발효 중 총 페놀 화합물의 함량이 color intensity 값과 정의 상관성, color hue 값과는 부의 상관성을 나타낸다는 보고가 있었다(22). 또한 MBA 포도를 이용해 포도주를 제조하였을 때 총 페놀 화합물 함량이 증가할수록 color hue 값이 감소하는 경향을 보였다(26). 총 안토시아닌 함량은 Hunter L 값( $r = -0.7426$ ) 이외의 모든 색도 값과 상관성이 없었다. 한편 gallic acid와 catechin이 상관성을 나타내지 않은 반면에,

quercetin 함량은 총 페놀 화합물과 유사하게 color intensity와는 정의 상관성, color hue와는 부의 상관성을 나타내었다. 이는 꿀 중의 flavone, flavonol과 color intensity가 높은 상관성을 보였다는 보고(27)와도 유사하다. 따라서 color intensity와 color hue 값을 분광계로 측정하여 적포도주스 중의 폴리페놀 화합물과 같은 항산화 물질의 함량과 항산화 활성을 예측하는 것이 가능할 것으로 사료된다.

## 요 약

국내산 적포도주스의 이화학적 특성과 색도 값, 항산화 활성 및 항산화 성분을 측정하고 그 상관성을 조사하였다. 이화학적 특성은 가용성 고형분, 환원당, 적정산도와 pH 값을 측정하였으며, 색도는 분광광도계와 Hunter 색차계로 측정하였다. 항산화 활성은 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH) 라디칼 소거 활성, ferric ion reducing antioxidant power (FRAP) 방법과 oxygen radical absorbance capacity 방법으로 측정하였으며, 항산화 성분으로는 총 페놀 화합물, 총 플라보노이드 화합물, 총 안토시아닌 함량과 high performance liquid chromatography(HPLC)에 의하여 5종의 폴리페놀 화합물을 정량하였다. 가용성 고형분 함량은 12.13~15.97%, 환원당은 13.93~21.93%, 적정산도와 pH는 각각 0.40~0.70%, 2.86~3.21이었으며 시판 포도주스의 산도가 제조품에 비하여 낮았다. 분광법으로 측정한 color hue 값은 제조품이 시판품보다 높은 반면에, color intensity 값은 시판품이 높게 나타났다( $P < 0.05$ ). Hunter L, a, b 값들은 제조품과 시판품의 차이가 거의 없었다. 항산화 활성과 총 페놀 화합물의 함량은 시판 포도주스가 높았으며, HPLC에 의하여 gallic acid, caffeic acid, ferulic acid, catechin, quercetin, kaempferol을 정량하였을 때, gallic acid, cat-

echin, quercetin이 모든 시료에서 검출되었다. 총 페놀 화합물 함량은 모든 항산화 활성과 높은 상관성을 보였으며, 총 플라보노이드 화합물 함량 역시 DPPH 라디칼 소거 활성, FRAP 활성과 상관성을 보였다. FRAP 활성의 경우 색도 값들과 매우 높은 상관성을 보였으며, 특히 color intensity 값과 가장 높은 상관성을 보였다( $r=0.9478$ ). 총 페놀 화합물 함량은 color intensity, color hue 값과도 각각 정, 부의 높은 상관성을 보였다. 따라서 분광계를 이용하여 적포도주스의 색도 값을 간편하게 측정하여 항산화능을 예측하는 것이 가능할 것으로 사료된다.

## REFERENCES

- Jo JE, Yook HS, Kim KH, Baek JY, Moon YJ, Park SJ, Jang SA. 2010. Effect of drying methods and gamma irradiation on the color changes and antioxidant activity of grape by-products. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 1826-1831.
- Choi SK, Yu QM, Lim EJ, Seo JS. 2013. The effects of extraction conditions on the antioxidative effects of extracts from Campbell Early and Muscat Bailey A grapevine leaves. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42: 116-117.
- 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.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs Republic of Korea. 2014. *Agricultural, Food and Rural Affairs Statistical Yearbook*. Sejong, Korea. p 116-117.
- Kim Y, Kim R, Choi HD, Choi IW. 2009. Optimization for the alcoholic fermentation of concentrated grape juice using response surface methodology. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 116-120.
- Hwang IW, Lee HR, Kim SK, Zheng HZ, Choi JU, Lee SH, Lee SH, Chung SK. 2008. Proanthocyanidin content and antioxidant characteristics of grape seeds. *Korean J Food Preserv* 15: 859-863.
- 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.
- Kim TH, Yi DH, Kim HJ. 2009. Effect of resveratrol on wine sensory evaluation preference analysis. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 1740-1745.
- Burin VM, Falcão LD, Gonzaga LV, Fett R, Rosier JP, Bordignon-Luiz MT. 2010. Colour, phenolic content and antioxidant activity of grape juice. *Ciênc Tecnol Aliment* 30: 1027-1032.
- Yildirim KH. 2006. Evaluation of colour parameters and antioxidant activities of fruit wines. *Int J Food Sci Nutr* 57: 47-63.
- Johnson MH, Gonzalez de Mejia E. 2012. Comparison of chemical composition and antioxidant capacity of commercially available blueberry and blackberry wines in Illinois. *J Food Sci* 77: 141-148.
- Woffenden HM, Ames JM, Chandra S. 2001. Relationships between antioxidant activity, color, and flavor compounds of crystal malt extracts. *J Agric Food Chem* 49: 5524-5530.
- Miller GL. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal Chem* 31: 426-428.
- AOAC. 2000. *Official methods of analysis*. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MA, USA. p 844.
- Ortiz J, Marín-Arroyo MR, Noriega-Domínguez MJ, Navarro M, Arozarena I. 2013. Color, phenolics, and antioxidant activity of blackberry (*Rubus glaucus* Benth.), blueberry (*Vaccinium floribundum* Kunth.), and apple wines from Ecuador. *J Food Sci* 78: C985-993.
- Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200.
- Khanizadeh S, Tsao R, Rekika D, Yang R, Charles MT, Rupasinghe HPV. 2008. Polyphenol composition and total antioxidant capacity of selected apple genotypes for processing. *J Food Compos Anal* 21: 396-401.
- Ou B, Hampsch-Woodill M, Prior RL. 2001. Development and validation of an improved oxygen radical absorbance capacity assay using fluorescein as the fluorescent probe. *J Agric Food Chem* 49: 4619-4626.
- Singleton VL, Orthofer R, Lamuela-Raventós RM. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Method Enzymol* 299: 152-178.
- Zhishen J, Mengcheng T, Jianming W. 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chem* 64: 555-559.
- Lee J, Durst RW, Wrolstad RE. 2005. Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: collaborative study. *J AOAC Int* 88: 1269-1278.
- Lee JE, Shin YS, Sim JK, Kim SS, Koh KH. 2002. Study on the color characteristics of Korean red wine. *Korean J Food Sci Technol* 34: 164-169.
- Hertog MGL, Hollman PCH, Venema DP. 1992. Optimization of a quantitative HPLC determination of potentially anticarcinogenic flavonoids in vegetables and fruits. *J Agric Food Chem* 40: 1591-1598.
- Mullen W, Marks SC, Crozier A. 2007. Evaluation of phenolic compounds in commercial fruit juices and fruit drinks. *J Agric Food Chem* 55: 3148-3157.
- Auw JM, Blanco V, O'Keefe SFO, Sims CA. 1996. Effect of processing on the phenolics and color of cabernet Sauvignon, Chambourcin, and Noble wines and juices. *Am J Enol Vitic* 47: 279-286.
- Lee JE, Chae SK. 2010. Studies on the changes in the extraction of phenolics and color characteristics by the enzyme treatment of red grape (Muscat Bailey A) wine during fermentation. *Korean J Food & Nutr* 23: 324-331.
- Pontis JA, Costa LAMA, Silva SJR, Flach A. 2014. Color, phenolic and flavonoid content, and antioxidant activity of honey from Roraima, Brazil. *Food Sci Technol (Campinas)* 34: 69-73.