



Analyses of functional components of grapes and grape products

Hyeon Ji Kim*, Hae Geun Hong, Yeon Ok Kwon, Jin Ok Ha, Yu Na Song,

Myeong Jin Son, Jeong Hwa Park, Jong Su Kim, Jo Gyo Oh

Food Analysis Team in North Branch, Gyeonggi-do Institute of Health and Environment, Uijeongbu 11780, Korea

포도 및 포도가공식품의 기능성 성분 분석

김현지* · 홍해근 · 권연옥 · 하진옥 · 송유나 · 손명진 · 박정화 · 김종수 · 오조교

경기도 보건환경연구원 북부지원 식품분석팀

Abstract

In this study, various functional components of grapes and grape products were analyzed. Resveratrol and ellagic acid, representative components of polyphenols found in grapes, were analyzed using high-pressure liquid chromatography. Relatively higher contents of resveratrol in seedless grapes and ellagic acid in Muscat Bailey A (MBA) grapes were found compared to those in other grape cultivars. Total polyphenols and total flavonoids were significantly higher in ‘Campbell Early’ grape varieties. A comparison of the antioxidant activity showed that the DPPH and ABTS scavenging activities of the MBA grape varieties were significantly higher. Among the grape products, wine had higher contents of the functional components than grape juice, particularly, red wine, which had higher content than white wine due to the differences in the manufacturing and fermentation processes. Grape juice contained higher contents of functional components in the concentrated form (100%). Some varieties contained relatively higher functional components compared to other antioxidants (ascorbic acid, trolox). In conclusion, grape is considered an excellent antioxidant fruit with representative food color.

Key words : resveratrol, ellagic acid, antioxidant, wine, grape juice

서 론

포도(*Vitis vinifera*)는 세계적으로 광범위하게 재배되는 과실 중 하나로서 과실생산량의 대부분을 차지하며, 우리나라에서는 포도 생산량의 90%가 생과로 소비되고 있다(Park과 Kim, 2000). 또한, 포도를 이용한 음료, 주류 가공품 등으로도 다양하게 이용되고 있다. 포도에는 카테킨, 퀘르세틴, 안토시아닌 등의 폴리페놀 성분이 풍부하게 함유되어 있는데, 이러한 페놀화합물들이 건강에 유익한 것으로 알려져 있다(Lee 등, 2014). 포도에 있는 페놀화합물 중 레스베라트롤(3,5,4'-trihydroxystilbene)이 주요 기능성 성분으로 알려져

있다. 레스베라트롤은 미생물 감염에 의한 생물학적 또는 비 생물학적 스트레스에 반응하여 식물에서 자연적으로 생성되는 방어물질 중 하나로 항암, 항바이러스, 신경보호 등의 다양한 효과가 보고되었으며(Kim 등, 1999; Romero-Perez 등, 2001), 주요 공급원으로는 포도, 땅콩, 오디, 적포도주 등이 있다. 이 중 적포도주는 제조 및 발효과정의 차이로 인해 백포도주에 비해 그 함량이 많은 것으로 보고되었다(Orea 등, 2001). 포도에는 레스베라트롤뿐만 아니라, 식물성 페놀류인 엘라그산 또한 함유되어 있는데, 엘라그산(ellagic acid)은 식물체 내에서 전구물질인 엘라기탄닌(ellagitannin)의 형태로 존재한다. 엘라그산은 피부, 전립선, 췌장 등에서의 암세포

*Corresponding author. E-mail : bliss3333@gg.go.kr, Phone : +82-31-8030-5935, Fax : +82-31-8030-5939

Received 7 August 2020; Revised 15 October 2020; Accepted 20 October 2020.

Copyright © The Korean Society of Food Preservation.

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

활동을 억제하는 것으로 밝혀졌으며(Jang 등, 1998), 포도, 석류, 딸기 등에 다량 함유되어 있는 것으로 알려져 있다. 현재까지 국내에서는 포도의 기능성 성분 함량을 종자, 과피, 과육, 송이까지 등의 부위별로 분류한 연구가 많았으며(Cho 등, 2003; Kim 등, 2003), 엘라그산 분석은 주로 석류, 딸기 등의 식물에서 국한하여 분리 정량한 연구가 보고되었다(Kim 등, 2013; Kim 등, 2012). 이에 본 연구에서는 송이가지를 제외한 포도의 가식부위 전체를 대상으로 하여 분석법의 유효성을 검증하였고, 포도에서의 엘라그산 분리정량을 통해 포도의 다양한 생리활성을 살펴보았다. 또한 국내 유통되는 여러 종류의 포도주 및 포도주스 등의 포도가공식품에 함유되어 있는 기능성 성분의 분석방법을 검증하여 그 함량을 보고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

포도는 2019년 4월부터 10월까지 경기도 내 대형마트, 로컬푸드 매장, 전통시장, 농원에서 67건을 수거하였다. 포도의 품종은 MBA(MuscatBaileyA), Seedless(Sweetsapphire, Sables, Redglobe, Crimson, Muscat(Shine Muscat, Alexandria), Campbell Early, Kyoho, Green grape(Seneka, Niagara)로 분류하였다. 포도가공식품은 경기도 내 대형마트 및 백화점에서 시판되는 제품을 구입하였으며, 와인은 원산지별로 알코올 농도 12-13.5%의 제품으로 제한하여 12건(레드와인 7건, 화이트와인 5건), 포도주스는 농축과즙이 함유된 과채주스 13건을 구입하였다. 포도는 세척 후 송이가지를 제외하고 동결건조를 진행하였다. Resveratrol과 ellagic acid 표준시약은 Sigma-Aldrich Co.(St.Louis, MO, USA) 제품을 사용하였다.

시료의 전처리 및 표준용액의 조제

포도(과피, 씨 포함)는 동결건조 후 막자사발에 분쇄하여 시료 1 g 정량 후 80% MeOH 용액 10 mL를 가하여 ultrasonicator(5210R-DTH, BRANSONIC, Danbury, CT, USA)로 20℃, 10분간 추출하였다. 20분간 원심분리(Mega 17R, Hanil Science Industry, Incheon, Korea)하여(20℃, 10,000 rpm) 상정액을 취한 후 0.45 µm 주사기(syringe filter, Whatman International Ltd., Maidstone, UK)로 여과 후 HPLC(Agilent 1260 series, Agilent Technology, Santa Clara, CA, USA)로 분석하였다. 와인과 포도주스는 여과지(Adventec No.1, Adventec, Tokyo, Japan)로 여과 후 0.45 µm 주사기(syringe filter, Whatman International Ltd.)를 이용하여 여과한 후 분석하였다. 엘라그산은 dimethyl sulfoxide(Fisher scientific, Pittsburgh, PA, USA) 로 녹여 표준원액을 제조 후

methanol(Merk, Darmstadt, Germany)로 희석하여 표준용액을 제조하였다(Lee와 Kim, 2018). 제조된 표준원액과 표준용액은 냉장보관 하였으며, 용액의 특성을 고려하여 실험은 최대한 빛이 차단된 환경에서 이루어졌다.

레스베라트롤 및 엘라그산 함량 분석

HPLC 분석은 Agilent series HPLC(Agilent 1260 series, Agilent Technology)를 이용하였다. 레스베라트롤과 엘라그산의 분석칼럼은 각각 Symmetry(C₁₈, 4.6×250 mm, 5.0 µm, Waters Co., Milford, MA, USA), Capcell pak(C₁₈, 4.6×250 mm, 5.0 µm, Shiseido, Tokyo, Japan) 을 사용하였다. 레스베라트롤의 이동상 조건은 acetonitrile과 water를 40:60으로 혼합하였으며, 이때 유속과 칼럼의 온도는 0.3 mL/min, 30℃로 하였고, DAD/UV 검출기의 검출파장은 306 nm로 하였다. Ellagic acid의 이동상 용매 A는 1% formic acid, 용매 B는 100% acetonitrile을 사용하였다. A 용매를 7분간 90%에서 유지(B 용매 10%), 21분간 45%(B 용매 55%), 4분간 30%(B 용매 70%), 8분간 다시 90%(B 용매 10%)의 기울기로 용출하는 조건이며, 0.5mL/min, 30℃의 조건으로 분석하였다. 이때 UV 검출기의 파장은 254 nm로 하였다.

레스베라트롤 및 엘라그산의 유효성 검증

검량선 작성을 위해 순차적으로 5개의 농도로 희석하였다. 표준용액의 크로마토그램으로부터 얻은 피크의 농도별 면적에 대해 검량선을 작성하였으며, 검량선은 높은 직선성을 보였다($R^2 > 0.999$). 직선성 검증으로부터 얻어진 검량선의 기울기(S)와 표준편차(SD)를 이용해 검출한계(limits of detection, LOD)와 정량한계(limits of quantification, LOQ)를 확인하였으며, 표준용액을 각 3회 반복 측정하였다. Resveratrol의 LOD, LOQ는 각각 0.08 µg/mL, 0.24 µg/mL, ellagic acid의 LOD, LOQ는 각각 0.26 µg/mL, 0.55 µg/mL이었다.

$$LOD = 3.3 \times SD/S, LOQ = 10 \times SD/S$$

총폴리페놀 함량 측정

총폴리페놀 함량은 Folin-Ciocalteu법(Amerine과 Ough, 1980)을 이용하여 비색 정량하였다. 추출시료 0.1 mL에 2% Na₂CO₃ 용액 2 mL를 가한 후 3분간 방치하여 50% Folin-Ciocalteu reagent 100 µL를 가하고, 30분 후 반응액의 흡광도 값을 UV-spectrophotometer(specord 205 BU, analytikjena AG, Thuringia, Germany)를 이용하여 750 nm에서 측정하였다. 페놀 화합물 함량은 표준물질인 gallic acid를 이용한 표준곡선으로 양을 환산하였고, gallic acid equivalent(GAE)로 나타내었다.

총플라보노이드 함량 측정

총플라보노이드 함량은 aluminium chloride법(Moreno 등, 2000)을 이용하여 비색정량 하였다. 시료용액 0.5 mL에 95% 에탄올 1.5 mL, 10% aluminium chloride 0.1 mL, 1M potassium acetate 0.1 mL 및 증류수 2.8 mL를 첨가하여 혼합한 후, 실온에서 30분간 정치하여 반응시킨 다음 UV-spectrophotometer(specord 205 BU, analytikjena AG)를 이용하여 415 nm에서의 흡광도를 측정하였다. 총플라보노이드 함량은 quercetin을 표준물질로 하여 작성한 표준검량곡선을 통해 시료 추출물의 플라보노이드 함량을 환산하여 quercetin equivalent(QE)로 나타내었다.

DPPH 라디칼 소거능 측정

1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH) radical 소거능은 Blois (Blois, 1958)의 방법을 일부 변형하였다. 시료용액 160 μ L에 0.2 mM DPPH액 40 μ L를 가하여 혼합하고, 실온에서 30분간 반응시킨 후 517 nm에서 흡광도를 측정하여 시료용액 첨가군과 무첨가군 간의 흡광도 비(%)로 나타내었다. 양성대조군은 ascorbic acid를 사용하였으며, 시료의 DPPH 전자공여능(electron donating activity, EDA)은 아래와 같이 나타내었다.

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

A: (Sample+DPPH) 30분 후 흡광도

B: Sample 흡광도

C: Control 흡광도

ABTS 라디칼 소거능 측정

2,2-Azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)(ABTS) 라디칼 소거능은 ABTS cation decolorization assay법(Re, 1999)을 일부 변형하여 측정하였다. ABTS 용액 7.4 mM과 potassium persulphate 2.6 mM을 혼합한 다음, 암소에서 24 시간 동안 방치 후 라디칼을 형성시켜 냉장보관 하였다. ABTS 용액은 실험 전 732 nm에서 흡광도가 0.70 \pm 0.03이 되도록 메탄올로 희석하였다. 추출물 40 μ L에 ABTS 용액 960 μ L를 첨가하여 암소에서 30분간 반응시킨 후 732 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준검량 곡선은 trolox를 사용하였다.

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

A: (Sample+ABTS) 30분 후 흡광도

B: Sample 흡광도

C: Control 흡광도

통계처리

실험결과는 3회 반복 측정한 후 평균 \pm 표준편차로 나타내었

다. 평균치 간 차이의 유의성은 SPSS program(Version 23.0, SPSSInc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였으며, 유의적 차이가 있는 항목은 Duncan의 다중 범위검정(Duncan's multiple range test)을 실시하여 시료 간의 유의차를 $p < 0.05$ 수준에서 검정하였다.

결과 및 고찰

품종별 레스베라트롤 및 엘라그산 함량

포도의 레스베라트롤과 엘라그산의 함량은 Table 1에 나타내었다. 본 연구에서 분석한 포도 67건의 레스베라트롤 평균함량은 81.43 \pm 3.51 μ g/g 이었다. 기존 연구(Kim, 등 2006)에 비해서는 낮은 함량을 보였다. 품종별 레스베라트롤은 Seedless, Green grape, Campbell Early, MBA(Muscat Bailey A), Muscat, Kyoho 순으로 함량이 높았으며, Seedless (143.66 μ g/g)는 Kyoho(37.86 μ g/g)에 비해 약 3.8배 높은 함량을 나타냈다. 레스베라트롤은 주로 포도의 과피에 많이 함유되어 있는 것으로 알려져 있으며(Woo 등, 2006), Seedless는 주로 껍질째 섭취하기 때문에 레스베라트롤을 더 많이 섭취할 수 있을 것으로 여겨진다. Jung 등(2020)에 따르면, Seedless 품종에 해당하는 Crimson SDS 품종의 레스베라트롤 함량이 가장 높게 나타나 본 연구와 동일한 결과를 보였다. 포도를 부위별로 분석한 기존 연구에서는 과육에서 레스베라트롤이 거의 검출되지 않았으며, 과경과 과축에 주로 고농도로 분포하는 것으로 나타났다(Lee와 Choi, 2009). 포도 송이가지의 우수성이 알려져 있지만(Choi 등, 2017), 일반적인 포도의 가식부위를 고려해 본다면 과피와 과육을 활용한 연구의 필요성이 증대될 것이라 여겨진다. 엘라그산의 평균함량은 6.89 \pm 0.51 μ g/g이었으며, 산딸기(34.35-55.25 mg/100 g FW)의 엘라그산 함량을 본 기존의 연구결과보다는 적은 함량을 보였다(Lee 등, 2014). 품종별로는 MBA, Green grape,

Table 1. Contents of resveratrol and ellagic acid in grape cultivars

Cultivar	Resveratrol (μ g/g)	Ellagic acid (μ g/g)
Campbell Early	63.46 \pm 14.11 ^{1)c2)}	6.38 \pm 0.37 ^c
Green Grape	88.12 \pm 3.12 ^b	7.33 \pm 3.12 ^b
Kyoho	37.86 \pm 4.35 ^d	6.27 \pm 1.00 ^c
MBA	55.51 \pm 8.67 ^d	19.56 \pm 0.67 ^a
Muscat	46.72 \pm 13.21 ^d	7.31 \pm 2.24 ^b
Seedless	143.66 \pm 3.03 ^a	5.02 \pm 0.97 ^c

¹⁾Values are Mean \pm SD (n=3).

^{2)a-d}In each column different letters mean significant differences between results ($p < 0.05$).

Muscat, Campbell Early, Kyoho, Seedless 순으로 많이 함유했으며, 그중 MBA는 19.56 $\mu\text{g/g}$ 으로 Seedless(5.02 $\mu\text{g/g}$)에 비해 약 3.9배 높은 함량을 보였다. 국내에는 주로 엘라그산의 지표성분 개발에 관한 연구가 보고되었는데(Chea 등, 2014; Kim 등, 2012), 엘라그산의 기능성과 분리정량에 관한 연구가 더 필요할 것이라 여겨진다.

과피색상별 레스베라트롤 및 엘라그산 함량

포도의 과피 색상은 Seedless 품종을 각각 포함하여 흑색계통은 Kyoho, Campbell Early, Sweetsapphire, 청색계통은 Muscat, Green grape, 적색계통은 Redglobe, Crimson, Sables를 분석대상으로 분류하였다(Table 2). 레스베라트롤은 청색계 품종이 108.13 $\mu\text{g/g}$ 으로 가장 많이 함유하고 있었으며, 흑색계 품종이 63 $\mu\text{g/g}$ 으로 가장 적은 함량을 나타내었다. 기존 연구에서도 마찬가지로 레스베라트롤이 흑색계 품종에서 적은 함량을 보였으며, 성분별로 전혀 검출되지 않는 품종도 존재하였다(Chang 등, 2011). 전반적으로 청색계통의 청수 품종이 부위별로 각각 가장 낮은 함량을 보인 기존 연구(Chang 등, 2013)와는 상이한 결과를 보였는데, 이와 같이 과피색상에 따른 레스베라트롤의 함량 차이는 포도 품종의 유전적 배경이나 재배 원산지의 환경에 따라 달라지기 때문인 것으로 여겨진다(Iacopini 등, 2008). 엘라그산은 흑색계 품종이 7.21 $\mu\text{g/g}$ 으로 가장 많이 함유했으며, 적색계 품종은 4.96 $\mu\text{g/g}$ 으로 가장 적은 함량을 보였다.

총폴리페놀, 총플라보노이드 함량

포도에서 총폴리페놀 함량 및 총플라보노이드 함량을 측정한 결과는 Table 3과 같다. 총폴리페놀 함량은 Campbell Early, Kyoho, MBA, Green grape, Seedless, Muscat 순으로 높게 나타났으며, Campbell Early가 129.57 mg GAE/100 g으로 가장 높은 함량을 나타내었고, 가장 낮은 함량을 나타낸 Muscat(38.22 mg GAE/100 g)에 비해 약 3.4배 유의적으로 높았다. 총 플라보노이드 함량은 Campbell Early, Kyoho, Green grape, MBA, Muscat, Seedless 순으로 높게 나타났다. 총폴리페놀과 마찬가지로 Campbell Early가 82.43 mg

Table 3. Total phenolics and flavonoids contents in grape cultivars

Cultivar	Total phenolics (mg GAE/100 g)	Total flavonoids (mg QE/100 g)
Campbell early	129.57 \pm 1.01 ^{1)a2)}	82.43 \pm 7.19 ^a
Green Grape	71.98 \pm 8.48 ^c	57.88 \pm 2.15 ^c
Kyoho	119.12 \pm 7.26 ^a	66.34 \pm 0.47 ^b
MBA	103.37 \pm 2.04 ^b	30.31 \pm 2.91 ^d
Muscat	38.22 \pm 4.26 ^c	22.49 \pm 12.01 ^d
Seedless	49.38 \pm 10.28 ^d	8.55 \pm 2.69 ^c

¹⁾Values are Mean \pm SD (n=3).

^{2)a-c}In each column different letters mean significant differences between results (p<0.05).

QE/100 g으로 가장 높았으며, Seedless(8.55 mg QE/100 g)에 비해 10배 이상 높게 나타났다. Moon 등(2003)에 따르면, 총폴리페놀과 총플라보노이드의 함량은 일반적으로 포도의 품종, 재배원산지, 재배환경, 숙성시기 등에 따라 달라진다는 결과를 고려할 수 있으나, Campbell Early가 동일하게 다른 품종에 비해 유의적으로 높은 함량을 보였다. 포도의 과피색상별 총폴리페놀과 총플라보노이드의 함량을 비교한 결과, 모두 흑색계 > 청색계 > 적색계 순으로 많이 함유했다. 특히 총폴리페놀은 흑색계(116.86 mg GAE/100 g)가 적색계(43.89 mg GAE/100 g)에 비해 약 2.7배 유의하게 높은 함량을 나타냈다. 포도의 과피색은 과피에 축적되는 안토시아닌 색소의 함량과 종류 등에 의해 결정되는데, 안토시아닌의 축적량이 많을수록 흑색으로 나타난다. 기존 연구에 의하면 총 안토시아닌 함량은 총폴리페놀 화합물의 함량과 비교적 높은 상관관계를 가지고 있으며(Kim 등, 2019; Yun 등, 2018) 이에 따라 안토시아닌 함량이 높은 흑색계 품종이 총폴리페놀 함량 또한 높게 나타난 것으로 여겨진다.

항산화 활성(DPPH, ABTS)

Radical은 기질에 따라 선택적으로 작용을 하는 페놀성 물질이 존재하기 때문에, DPPH와 ABTS 두가지 모두 측정하여 활성을 비교하였다. DPPH와 ABTS radical을 이용한 항산화력 측정 결과는 Fig. 1에 나타내었다. 양성대조군인 ascorbic acid와 동일 농도(100 mg/mL)로 비교했을 때의 DPPH 소거 활성은 각각 MBA(98.57%), Campbell Early(84.42%), Kyoho (76.1%), Seedless(57.13%), Green grape(55.59%), Muscat (30.43%)으로 나타났다. 이 중 MBA는 ascorbic acid(91.99%)보다 높은 활성을 보였다. ABTS 소거능은 양성대조군인 Trolox와 동일 농도로 비교 시 소거활성은 각각 MBA (102.98%), Kyoho(95.46%), Campbell Early(92.22%), Green

Table 2. Contents of resveratrol and ellagic acid in grape colors

Color	Resveratrol ($\mu\text{g/g}$)	Ellagic acid ($\mu\text{g/g}$)
Black	63.02 \pm 13.21 ^{1)b2)}	7.21 \pm 2.24
Green	108.13 \pm 8.67 ^a	6.83 \pm 0.67
Red	82.74 \pm 14.11 ^b	4.96 \pm 0.37

¹⁾Values are Mean \pm SD (n=3).

^{2)a,b}In each column different letters mean significant differences between results (p<0.05).

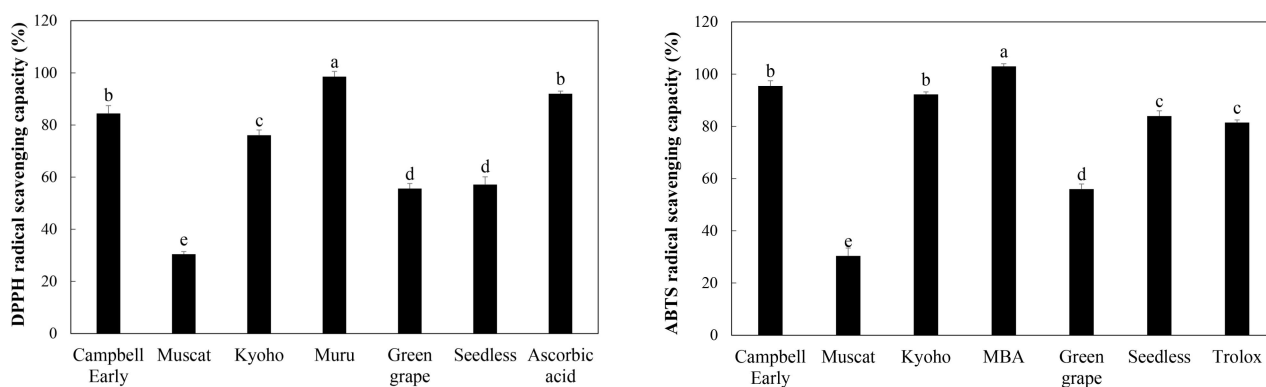


Fig. 1. DPPH and ABTS radical scavenging capacity of grapes.

^{a-c}Different letters above the bars indicate significantly different at $p < 0.05$.

grape(83.95%), Seedless(55.95%), Muscat(30.38%)로 나타났다. 항산화 활성은 모두 MBA 품종이 가장 우수하게 나타났다. 이는 머루 계통 과립의 추출물(101.4%)이 L-ascorbic acid (97.7%)보다도 뛰어난 소거능을 보였으며(Jeong 등, 2007), 산머루 종자 추출물의 DPPH radical 소거능이 Campbell Early에 비해 높았다는 결과와 일치했다(Park 등, 2003).

포도가공식품의 레스베라트롤 및 엘라그산 함량

Table 4와 Table 5에 12종류의 와인과 13종류의 포도주스에 대한 레스베라트롤 및 엘라그산의 함량을 나타내었다. 레

Table 4. Concentrations of resveratrol and ellagic acid in wines products

Samples	Resveratrol ($\mu\text{g/L}$)	Ellagic acid ($\mu\text{g/L}$)
A	ND ¹⁾	60.15 \pm 4.35
B	1,150.69 \pm 0.43 ²⁾	2,022.88 \pm 2.49
C	220.28 \pm 0.57	420.35 \pm 0.48
D	120.19 \pm 0.32	411.82 \pm 1.24
E	ND	242.37 \pm 2.75
F	3,690.73 \pm 0.55	6,740.21 \pm 0.64
G	340.48 \pm 1.32	5,334.69 \pm 1.68
H	6,410.22 \pm 0.97	3,987.45 \pm 1.19
I	3,380.83 \pm 0.25	3,682.24 \pm 0.13
J	ND	355.08 \pm 0.15
K	1,260.54 \pm 0.18	2,148.35 \pm 0.94
L	250.11 \pm 0.97	1,146.47 \pm 1.33

¹⁾Not detected.

²⁾The results are expressed as mean \pm SD (n=3).

Table 5. Concentrations of resveratrol and ellagic acid in grape juice products

Samples	Resveratrol ($\mu\text{g/L}$)	Ellagic acid ($\mu\text{g/L}$)
A	1,160.49 \pm 1.58 ¹⁾	500.33 \pm 0.35
B	4,320.10 \pm 0.67	400.94 \pm 1.23
C	10.34 \pm 0.11	546.21 \pm 2.59
D	50.81 \pm 3.57	319.08 \pm 3.06
E	130.26 \pm 5.67	511.64 \pm 2.42
F	10.71 \pm 1.08	303.92 \pm 3.15
G	10.60 \pm 2.55	469.46 \pm 0.22
H	ND ²⁾	335.20 \pm 0.13
I	2,400.23 \pm 3.67	1,1073.71 \pm 0.29
J	470.38 \pm 0.96	246.29 \pm 2.37
K	340.25 \pm 6.47	331.55 \pm 4.38
L	600.15 \pm 2.66	263.27 \pm 3.81
M	800.10 \pm 5.48	343.85 \pm 1.25

¹⁾The results are expressed as mean \pm SD (n=3).

²⁾Not detected.

스베라트롤은 120-6,410 $\mu\text{g/L}$ 의 함량분포를 나타냈으며, 엘라그산은 60-6,740 $\mu\text{g/L}$ 의 함량분포를 보이며 레스베라트롤에 비해 높은 함량을 나타내었다. 레스베라트롤, 엘라그산 모두 적포도주가 백포도주에 비해 높은 함량을 나타냈으며, 기존의 연구 결과(Gerogiannaki-Christopoulou 등, 2006; Kim 등, 2009)와 일치했다. 와인을 만드는 품종이나 재배환경, 숙련도, 제조과정 등 여러 가지 환경요인에 의한 차이가 있으며, 적포도주의 특성상 포도의 과피를 포함하여 제조하고, 1, 2차의 발효과정이 추가되기 때문에 적포도주와 백포도주의

함량 차이가 나는 것으로 사료된다. 포도주스의 기능성 성분 함량은 시료간의 유의적인 차이는 없었으나, 100% 농축된 주스일수록 레스베라트롤과 엘라그산의 함량이 높았으며, 이는 포도주스 제조 시 농축의 과정을 거치며 그 함유량이 높아진 것으로 여겨진다.

포도주의 생산지역별 레스베라트롤 및 엘라그산 함량

포도주의 레스베라트롤과 엘라그산의 함량을 조사하기 위해 서로 다른 지역에서 제조된 포도주(알코올 농도 12-13.5%)를 구입한 후 분석하였다(Table 6). 분석 결과, 레스베라트롤의 함량은 프랑스(6,414 µg/L), 아르헨티나(3,690 µg/L), 호주(3,380 µg/L), 칠레(880 µg/L), 스페인(340 µg/L), 포르투갈(120 µg/L) 순으로 높았으며, 전혀 검출되지 않은 지역도 있었다. 엘라그산은 아르헨티나(6,740 µg/L), 스페인(5,334 µg/L), 프랑스(3,987 µg/L), 호주(3,682 µg/L), 칠레(1,530 µg/L), 포르투갈(411 µg/L), 이탈리아(355 µg/L), 독일(242 µg/L) 순으로, 레스베라트롤과 비슷한 경향을 나타냈다. 포도는 품종이나 지역 및 환경조건의 변화에 영향을 많이 받기 때문에, 재배 지역의 기후, 토양, 강수량 등의 여러 가지 다른 자연환경의 차이가 이러한 함량의 변화에 영향을 준 것으로 여겨진다.

포도가공식품의 항산화 성분 및 항산화 활성

Table 7에 따르면, 총폴리페놀과 총플라보노이드 모두 포도주가 포도주스의 2배 이상 높게 나타났다. 이러한 결과는 포도주의 제조 공정에서 발효와 숙성을 통해 포도주에 함유되어 있는 페놀화합물의 함량이 증가된 것으로 여겨지며, 국내에서 유통되고 있는 포도주스는 대부분 수입산 농축과즙이 사용되므로 제조방법에 따른 차이 또한 있을 것으로 사료된다.

Table 6. Resveratrol and ellagic acid concentrations in the different wine manufacturing countries

Samples	Resveratrol (µg/L)	Ellagic acid (µg/L)
Chile	880.65±11.31 ^{1)c2)}	1,530.82±0.36 ^d
Portugal	120.89±3.24 ^d	411.91±7.88 ^e
Germany	ND ³⁾	242.58±12.35 ^f
Argentina	3,690.14±5.66 ^b	6,740.37±10.29 ^a
Spain	340.75±10.27 ^d	5,334.10±5.63 ^b
France	6,410.32±2.37 ^a	3,987.56±9.71 ^c
Australia	3,380.14±6.98 ^b	3,682.87±6.58 ^c
Italy	ND	355.32±2.13 ^c

¹⁾The results are expressed as mean±SD (n=3).

^{2)a-c}In each column different letters mean significant differences between results (p<0.05).

³⁾Not detected.

Table 7. Total phenolics and flavonoids contents in wine and grape juice products

	Total phenolics (GAE mg/L)	Total flavonoids (QE mg/L)
Wine	347.64±17.51 ^{1)*2)}	712.50±5.34 [*]
Grape juice	115.67±20.09	312.47±11.48

¹⁾The results are expressed as mean±SD (n=3).

^{2)*}Letters mean significant differences between results by Student's t-test (p<0.05).

다. 포도주와 포도주스의 평균 DPPH 소거능은 각각 87%, 35%이며, ABTS 소거능은 90.12%, 70.66%로 나타났다. 포도주는 동일농도의 ascorbic acid(80.05%)보다 높은 DPPH 소거능을 보였으며, ABTS 소거능에서는 포도주와 포도주스 모두 동일농도의 trolox(60.54%)보다 더 높은 ABTS 소거능을 보였다. 또한, DPPH, ABTS 활성 모두 포도주가 포도주스에 비해 높게 나타났다(Fig. 2).

요 약

국내 유통되는 포도 및 포도가공식품의 폴리페놀계 화합물인 레스베라트롤, 엘라그산, 총폴리페놀, 총플라보노이드, 항산화 활성(DPPH, ABTS)을 분석하였다. 포도의 품종별 레스베라트롤 함량은 seedless가 가장 많았으며, 엘라그산은 MBA가 가장 많이 함유했다. 과피 색상별 레스베라트롤 함량은 청색계 품종이 가장 많았으며, 엘라그산은 흑색계 품종이 가장 많이 함유했다. 항산화 성분 비교 시 총폴리페놀과 총플라보노이드 모두 campbell early 품종이 유의하게 높았으며, 항산화 활성 비교 시 DPPH와 ABTS 소거능 모두 MBA 품종이 유의하게 높았다. 포도가공식품 중 기능성 성분의 함량은 포도주가 포도주스에 비해 높은 함량을 보였으며, 특히 적포도주가 백포도주에 비해 높은 함량을 보였다. 포도주스는 100% 농축제품일수록 그 기능성(레스베라트롤, 엘라그산) 함량이 높게 나타났다. 본 연구에서는 포도의 품종 및 과피색상의 분류 등을 통해 포도의 다양한 생리활성을 살펴보고, 일부 품종에서는 다른 항산화 성분들과 견주어 비교적 높은 기능성을 나타내는 것을 확인할 수 있었다. 이는 향후 소비자가 포도제품을 이해하며, 포도의 부가가치를 높이는 기초자료가 될 것으로 기대된다. 또한, 포도의 송이가지를 제외한 가식 부위에 대한 활용성을 강구할 방안이 될 것이며, 엘라그산의 분리 정량을 통해 포도의 추가적인 유효물질의 지표로써 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflict of interest.

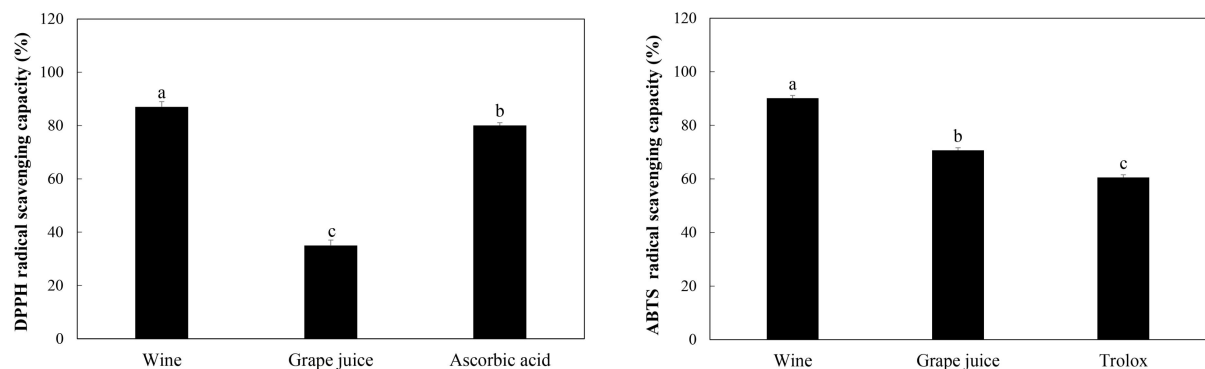


Fig. 2. DPPH and ABTS radical scavenging capacity of wine and grape juice products.

^{a-c}Different letters above the bars indicate significantly different at $p < 0.05$.

ORCID

Hyeon ji Kim <https://orcid.org/0000-0003-0483-5438>

References

- Amerine MA, Ough CS. Methods for Analysis of Musts and Wines. Wiley & Sons, New York, USA, p 176-180 (1980)
- Blois MS. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 181, 1199-1200 (1958)
- Chae KS, Son RH, Park SY, Kim KA, Lee TB, Kwon JW. Analytical method validation of ellagic acid as a marker compound for the standardization of black raspberry extract as a functional ingredient. *Food Eng Prog*, 18, 355-358 (2014)
- Chang EH, Jeong SM, Park KS, Lim BS. Contents of phenolic compounds and *trans*-resveratrol in different parts of Korean new grape cultivars. *Korean J Soc Food Sci Technol*, 45, 708-713 (2013)
- Chang SW, Kim HJ, Song JH, Lee KY, Kim IH, Rho YT. Determination of several phenolic compounds in cultivars of grape in Korea. *Korean J Food Preserv*, 18, 328-334 (2011)
- Cho YJ, Kim JE, Chun HS, Kim CT, Kim SS, Kim CJ. Contents of resveratrol in different parts of grapes. *Korean J Soc Food Sci Technol*, 35, 306-308 (2003)
- Choi AN, Lee HS, Kim JH, Cho BO, Shin JY, Jeong SI, Jang SI. Studies on anti-inflammatory and anti-melanogenic effect of grape fruit stem extract. *Kor J Herbol*, 32, 71-78 (2017)
- Gerogiannaki-Christopoulou M, Athanasopoulos P, Kyriakidis N, Gerogiannaki IA, Spanos M. *trans*-resveratrol in wines from the major greek red and white grape varieties. *Food Control*, 17, 700-706 (2006)
- Iacopini P, Baldi M, Storchi P, Sebastiani L. Catechin, epicatechin, quercetin, rutin and resveratrol in red grape: Content, *in vitro* antioxidant activity and interactions. *J Food Compos Anal*, 21, 589-598 (2008)
- Jang DD, Shin DW, Hong CM, Cho JC, Han JH. Modifying effects of ellagic acid in food on carcinogenesis. *J Food Hyg Safety*, 13, 29-33 (1998)
- Jeong HJ, Park SB, Kim SN. Total polyphenol content and antioxidative activity of wild grape (*Vitis coignetiae*) extracts depending on ethanol concentrations. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 36, 1491-1496 (2007)
- Jung SM, Kim SJ, Hur YY. Phenolic compounds in domestic and imported grape cultivars in Korea. *Korean J Food Sci Technol*, 52, 205-211 (2020)
- Kim DJ, Kim SK, Kim MH, Lee HB, Lee JS. Analysis of *trans*-resveratrol contents of grape and grape products consumed in Korea. *Korean J Soc Food Sci Technol*, 35, 764-768 (2003)
- Kim HW, Chu SM, Lee DJ. Determination of resveratrol content in grapes and wines. *Korean J Crop Sci*, 51, 259-263 (2006)
- Kim KS, Ghim SY, Seu YB, Song BH. High level of *trans*-resveratrol, a natural anti-cancer agent, found in Korean noul red wine. *J Microbiol Biotechnol*, 9, 691-693 (1999)
- Kim MS, Yun SH, Na HS, Park HJ, Choi GC, Yang SI, Lee JH. Chemical compositions and functional charac-

- teristics of Korean and imported pomegranate (*Punica granatum* L.). Korean J Food Preserv, 20, 342-347 (2013)
- Kim SJ, Kim HI, Hur YY, Im DJ, Lee DH, Park SJ, Jung SM, Chung KH. Anthocyanin and polyphenol analysis and antioxidant activity of small fruit and berries in Korea. Korean J Plant Res, 32, 407-414 (2019)
- Kim TH, Yi DH, Kim HJ. Effect of resveratrol on wine sensory evaluation preference analysis. J Korean Soc Food Sci Nutr, 38, 1740-1745 (2009)
- Kim YJ, Han SH, Jeon JY, Hwang MH, Im YJ, Chae SW, Kim MG. Method development of ellagic acid as marker compound for standardization of Gochang Bokbunja (*Rubus coreanus* Miquel) as functional ingredient. J Korean Soc Food Sci Nutr, 41, 1554-1558 (2012)
- Lee HH, Moon YS, Yun HK, Park PJ, Kwak EJ. Contents of bioactive constituents and antioxidant activities of cultivated and wild raspberries. Kor J Hort Sci Technol, 32, 115-122 (2014)
- Lee KH, Kim SO. Comparison of ellagic acid contents in Korean and Chinese cultivated species of unripe black raspberries. Korean J Food Preserv, 25, 549-556 (2018)
- Lee NR, Choi SJ. Contents of resveratrol in different parts of various grape cultivars. Korean J Food Preserv, 16, 959-964 (2009)
- Lee SH, Kim SK, Hong EY, Chun SH, Son IC, Kim DI. Effect of harvest time on the several phenolic compounds and fruit quality of grape cultivars. Korean J Plant Res, 27, 119-124 (2014)
- Moon SO, Lee JY, Kim EJ, Choi SW. An improved method for determination of catechin and its derivatives in extract and oil of grape seeds. Korean J Food Sci Technol, 35, 576-585 (2003)
- Moreno MIN, Isla MI, Sampietro AR, Vattuone MA. Comparison of the free radical scavenging activity of propolis from several regions of Argentina. J Ethnopharmacol, 71, 109-114 (2000)
- Orea JM, Montero C, Jimenez JB, Urena AG. Analysis of *trans*-resveratrol by laser desorption coupled with resonant ionization spectrometry. Application to *trans*-resveratrol content in vine leaves and grape skin. Anal Chem, 73, 5921-5929 (2001)
- Park ER, Kim KS. Volatile flavor components in various varieties of grape (*Vitis vinifera* L.). Korean J Postharvest Sci Technol, 7, 366-372 (2000)
- Park SJ, Lee HY, Oh DH. Free radical scavenging effect of seed and skin extracts from campbell early grape (*Vitis labruscana* B.). J Korean Soc Food Sci Nutr, 32, 115-118 (2003)
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radical Biol Med, 26, 1231-1237 (1999)
- Romero-Perez AI, Lamuela-Raventos RM, Andres-Lacueva C, Carmen de la Torre-Boronat M. Method for the quantitative extracting of resveratrol and piceid isomers in grape berry skins. Effect of powdery mildew on the stilbene content. J Agric Food Chem, 49, 210-215 (2001)
- Woo KS, Son SI, Jeong HS, Lee JS, Lee HB. Effects of grape fruit stem extracts treatment on the storage property of fresh jujube (*Zizyphus jujuba*). J Korean Soc Food Sci Nutr, 35, 192-198 (2006)
- Yun HY, Lim SJ, Park HJ, Shin YJ. Correlation between antioxidant compounds and activities of '*Hibiscus sabdariffa*' teas from different origins. J East Asian Soc Diet Life, 28, 40-46 (2018)