

## 포도의 품종 및 부위별 Resveratrol 함량의 차이

이나래 · 최성진<sup>†</sup>

대구가톨릭대학교 생명공학과

## Contents of Resveratrol in Different Parts of Various Grape Cultivars

Na-Rae Lee and Seong-Jin Choi<sup>†</sup>

Department of Biotechnology, Catholic University of Daegu, Kyungsan, Kyungsan, 712-702, Korea

### Abstract

The resveratrol contents in grapes showed a great variation according to the cultivars. In spite of it, a high resveratrol content in fruit was found generally in cultivars of Shigyoku, Pione, Muscat of Alexandria (black colored cultivars) and Muscatel Ruso, Gold Finger, Niunai (green colored cultivars). But in case included fruit stem and rachis, some cultivars, i.e. Shigyoku, Muscat of Alexandria and Baby Finger, showed relatively higher resveratrol content, and these cultivars could be advantageous for cultivation without chemical fungicide, because resveratrol was known as a phytoalexin. While resveratrol was not detected in fruit flesh, fruit stem and rachis contained considerably high content of resveratrol; that shows resveratrol may be synthesized in these parts.

**Key words** : grape, cultivar, resveratrol, pericarp, fruit stem, rachis

### 서 론

오디, 땅콩, 포도, 솔방울, 콩 등에서 발견되는 polyphenol의 하나인 레스베라트롤 (3,4,5-trihydroxystilbene)은 서양 약초의 하나인 white hellebore (*Veratrum grandiflorum*)에서 1940년에 처음으로 분리되었다. 레스베라트롤은 식물의 항생물질인 phytoalexin의 일종으로서 곰팡이의 감염이나 자외선 조사, 변온 등의 스트레스에 대한 반응으로 합성이 촉진된다(1). 최근의 연구에 따르면, 항산화 작용, 소염작용, 혈소판 응집 억제, 세포분열 억제 등의 다양한 생물학적 활성을 가지는 것으로 보고되어있기도 하다(2, 3). 특히 포도 또는 포도주에 많이 함유되어있는 것으로 알려져 있는 레스베라트롤은 심혈관계 질환의 예방에 효과가 있다. 따라서 포도주 섭취량이 많은 프랑스인은 음주 문화가 다른 미국 등의 타국인에 비해 심혈관계 질환 발병율이 상대적으로 낮은 현상을 일컫는 French paradox의 원인 물질로 레스베라트롤이 꼽히기도 한다(4).

포도에서 레스베라트롤은 병의 감염에 의해 합성이 촉진

된다. Langcake와 Price (5)는 레스베라트롤의 합성량과 합성의 신속성은 잣빛곰팡이병에 대한 포도의 품종별 저항성과 밀접한 상관관계가 있음을 보고하였고, Roh 등(6)은 흰가루병 및 탄저병에 대해 저항성을 보이는 포도 품종에서는 *Plasmopora viticola* 또는 *Elisinoe ampelina*를 접종하였을 때 잎의 레스베라트롤의 함량이 증가하는 것으로 보고한 바 있다. 레스베라트롤은 또한 *P. viticola*(7), *Phomopsis viticola*(8), *Rhizopus stonifer*(9) 등에 대한 저항성을 증진하는 것으로 보고되어 있다.

근래에 들어 식품의 안전성과 건강 기능성에 대한 소비자의 관심이 증대됨에 따라 과실 생산에서도 저농약 또는 무농약 재배가 증가하는 추세에 있다. 이러한 유기농 재배에서는 병에 대해 저항성을 보이는 품종의 선택이 중요한 요인으로 작용한다. 따라서 지금까지 포도의 레스베라트롤에 관한 연구는 주로 재배적인 측면에서 병 저항성에 대한 역할에 집중되어 왔으며 식품적인 측면에서는 주로 포도주의 레스베라트롤 함량 및 건강 기능성 등에 초점을 맞추어 다양한 연구가 수행되어 왔다. 그러나 포도는 어느 작물보다도 품종의 분화가 다양한데, 포도의 이러한 다양한 품종 또는 각 품종별 과실의 부위에 따른 레스베라트롤의 함량의

<sup>†</sup>Corresponding author. E-mail : [sjchoi@cu.ac.kr](mailto:sjchoi@cu.ac.kr),  
Phone : 82-53-850-3548, Fax : 82-53-850-3548

차이에 관한 연구는 많지 않은 편이다. 본 연구에서는 다양한 포도 품종을 대상으로 병저항성이 강하여 유기농 재배에 적합한 품종을 선발하고 건강기능성의 포도 가공품 생산의 기초자료를 확보하기 위하여 LC-MS를 이용하여 여러 포도 품종에서 부위별 레스베라트롤 함량의 차이를 분석하였다.

## 재료 및 방법

### 실험 재료

군위, 영천, 대구 성동(고산), 김천, 경산 등의 지역에서 시설재배 또는 노지에서 비가림 재배한 포도를 6월에서 9월 사이에 품종별로 수집하였다. 흑색계통으로 켈벨어리, 머스캣베일리에이(MBA), 거봉, 피오네, 자옥, 스투벤, 머스캣함부르크, 킹델라 등의 8 품종, 적색계통으로 노스레드, 리자마트, 베니발라디, 적령, 홍이두 등 5 품종, 청색계통으로 뉴나이, 발라디, 조생네오마스, 다마유다까, 랑옥, 로자리오비앙코, 머스캣오브알렉산드리아, 머스카텔루소, 골드핑어, 베이비핑어, 세네카, 이탈리아, 경조정, 청수, 하니비너스 등 15 품종을 분석 대상으로 하였다(총 28품종). 수집한 포도를 과피, 과육, 종자, 과경, 과축, 잎, 줄기로 분류하여 부위별 레스베라트롤 함량을 분석하였다.

### 당도 및 산도의 측정

당도는 굴절당도계를 이용하여 측정하였으며, 5 mL의

과즙에 10 mL의 증류수를 가하여 0.1N NaOH로 적정 한 후 NaOH 소요량으로부터 산도를 측정하였다. 산도는 주석산 함량(%)으로 환산하여 표시하였다.

### 레스베라트롤 분석시료 준비 및 추출

시료는 수확 당일 각 부위별로 분리하여 액체질소에 동결한 후 추출에 이용할 때 까지  $-70^{\circ}\text{C}$ 에 보관하였다. 레스베라트롤은 동결시료 1g당 80% 메탄올 5g을 가하고 막자사발을 이용하여 마쇄하여 추출하였다. 추출액은 glass wool로 1차 여과한 후  $0.1\mu\text{m}$  membrane filter로 재차 여과하였다. 레스베라트롤은 광에 노출시 이성질체화하는 경향이 있으므로 모든 추출 및 분석 과정은 희미한 조명 조건에서 수행되었다.

### LC-MS를 이용한 레스베라트롤의 분석

레스베라트롤은 HPLC(Waters 2695)를 이용하여 분리하였다. Column은 Xterra C-18 (3.5  $\mu\text{m}$ , 2.1x150 mm, Waters)을 이용하였다. 용매는 0.1% formic acid/water(용매 A)와 0.1% formic acid/acetonitrile(용매 B)을 혼합 이용하였으며, 용매 B를 초기 20%에서 10분간에 걸쳐 100%까지 상승시켰고 유속은 0.2 mL/min으로 하였다. 시료는 auto sampler를 이용하여  $5^{\circ}\text{C}$ 를 유지하면서 10  $\mu\text{L}$ 를 주입하였다. 분리된 레스베라트롤은 MS(Waters 3100 MSD)를 이용하여 검출하였다. Electro spray ionization negative (ESI-) mode로 시료를 이온화하였으며, 이때, source temperature는  $120^{\circ}\text{C}$ , cone

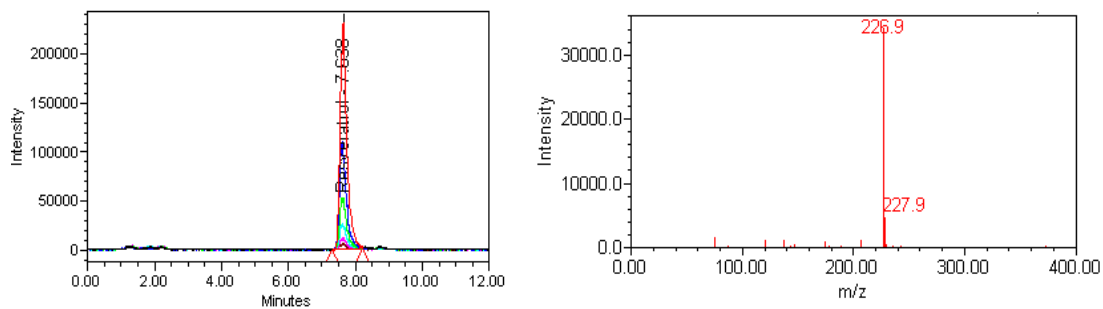


Fig. 1. SIR (m/z 227) chromatogram (left) and MS spectrum (right) of authentic resveratrol standard.

SIR chromatogram shows peaks of the concentration of 6.25, 12.5, 25, 50, 100, and 200 ppb of resveratrol in methanol.

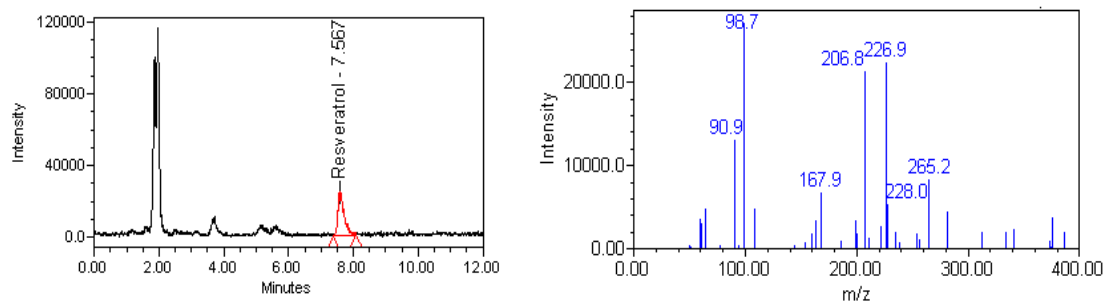


Fig. 2. SIR (m/z 227) chromatogram (left) and MS spectrum (right) of resveratrol extracted from grape sample.

voltage는 35 V로 하였다. 레스베라트롤은 m/z 227의 이온을 SIR mode에서 검출하는 동시에 m/z 50-400을 mass scanning하였고(Fig. 1, 2), Empower 2 소프트웨어(Waters)를 이용하여 외부표준물법에 의해 정량하였다.

결과 및 고찰

품종별 당도 및 산도의 차이

당도는 흑색계에서 MBA, 자옥, 킹델라 순으로 높았다. 적색계에서는 적령, 홍이두에서 높았으며 청색계에서는 조생네오마스, 머스카텔루소, 경조정, 하니비너스 등에서 높았다. 한편, 산도는 청색계 품종이 대체적으로 낮았다(Table 1). 그러나 이러한 차이는 품종 고유의 차이뿐만 아니라 재배 방법 또는 수확 시기의 차이 등에서 비롯되는 것으로 생각된다.

Tab. 1. Soluble solid and tartaric acid contents in various grape cultivars.

Black or red color cultivars		Green color cultivars			
Cultivars	SS (Brix)	TA (%)	Cultivars	SS (Brix)	TA (%)
Campbell Early	16.6	0.43	Niunai	16.8	0.38
Muscat Bailey A	20.8	0.34	Baladi	15.8	0.39
Kyoho	15.8	0.64	Early Neomuscat	19.8	0.36
Pione	18.8	0.53	Tamayutaka	16.6	0.40
Shigyoku	20.1	0.52	Ryogyoku	15.3	0.55
Steuben	19.2	0.41	Rosario Bianco	18.7	0.39
Muscat Hamburg	16.5	0.75	Muscat of Alexandria	17.8	0.74
King Dela	21.9	0.47	Moscatel Ruso	20.1	0.50
North Red	16.8	0.30	Gold Finger	16.3	0.74
Rizamat	16.2	0.32	Baby Finger	15.9	0.25
Beni Baladi	16.1	0.69	Seneca	16.9	0.36
Sekirei	21.5	0.69	Italia	15.1	0.54
Benizu	20.5	0.36	Jingzaozing	19.6	0.48
			Cheongsoo	16.0	0.51
			Honey Venus	18.9	0.62

품종 및 부위별 Resveratrol 함량

과실을 부위별로 분리하지 않고 과실 전체를 대상으로 레스베라트롤을 추출하였을 때, 과실의 레스베라트롤 함량은 대체적으로 흑색계 품종이 적색계 또는 청색계 품종보다 높은 경향을 보였다(Fig. 3). 흑색계에서는 자옥, 피오네, 머스카트함부르크, MBA 순으로, 적색계에서는 적령, 베니발라디, 리자마트 순으로 레스베라트롤 함량이 높았다. 청색계 품종의 전체 과실 중 레스베라트롤 함량은 대체적으로 적색계와 유사한 수준이었으며, 머스카텔루소, 골드핑어,

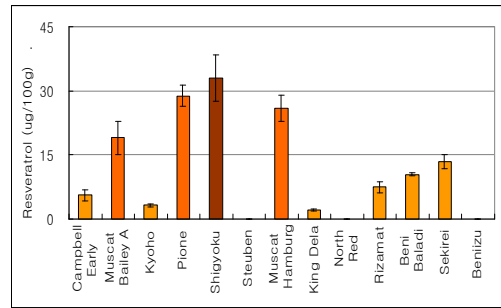


Fig. 3. Resveratrol contents in whole berries of black or red color grape cultivars.

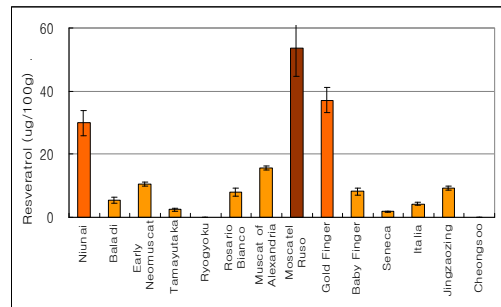


Fig. 4. Resveratrol contents in whole berries of green color grape cultivars.

뉴나이 순으로 레스베라트롤 함량이 높았다(Fig. 4).

과피만을 대상으로 레스베라트롤을 분석하였을 때, 흑색계 및 적색계에서 품종별 과피 레스베라트롤 함량의 차이는 대체적으로 전체 과실을 대상으로 분석했을 때와 유사한 경향을 보였다. 흑색계 품종에서 피오네, MBA 순으로(Fig. 5), 적색계 품종에서는 베니발라디, 적령의 순으로(Fig. 6), 청색계 품종에서는 뉴나이, 머스카텔루소, 하니비너스 순으로 과피의 레스베라트롤 함량이 높았다(Fig. 7).

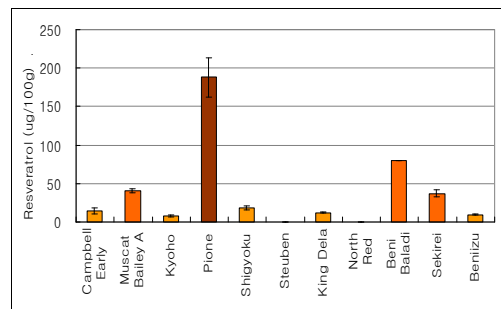


Fig. 5. Resveratrol contents in pericarp of black or red color grape cultivars.

종자의 레스베라트롤 함량은 흑색계, 청색계, 적색계 순으로 높았다. 흑색계 품종에서는 스투벤, 청색계 품종에서는 청수, 하니비너스, 경조정 등의 레스베라트롤 함량이 높았다(Fig. 8). 스투벤, 청수, 하니비너스 품종의 경우 특이하게 과실의 레스베라트롤 함량은 매우 낮으나 종자에서는

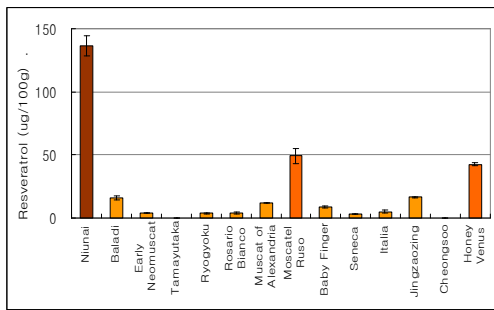


Fig. 6. Resveratrol contents in pericarp of green color grape cultivars.

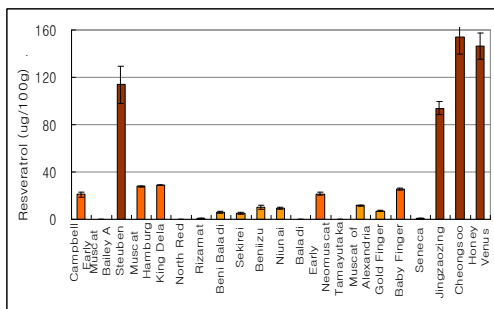


Fig. 7. Resveratrol contents in seeds of various grape cultivars.

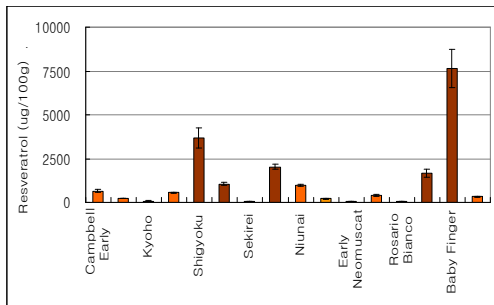


Fig. 8. Resveratrol contents in fruit stems of various grape cultivars. 높은 함량을 보였다.

과경의 레스베라트롤 함량은 과실의 다른 부위에 비해 월등히 높았으며, 거봉, 적령, 조생네오마스 등은 수십  $\mu\text{g}$ , 캠벨어리, MBA, 피오네 등은 수백  $\mu\text{g}$ , 자옥, 스투벤, 홍이 두 등은 수천  $\mu\text{g}$  수준으로 매우 높은 경향을 나타내었다 (Fig. 9). 과축의 레스베라트롤은 피오네, 홍이두, 뉴나이 등에서 수백  $\mu\text{g}$ , 다마유다까, 베이비핑어에서는 수천  $\mu\text{g}$  수준으로 매우 높았다(Fig. 10).

잎의 레스베라트롤 함량은 수십 내지 수백  $\mu\text{g}$  수준으로 경조정, 머스캣함부르크, 캠벨어리 등에서 높게 나타났으며(Fig. 11), 줄기의 레스베라트롤은 수십  $\mu\text{g}$  수준으로 경조정, 피오네, 베니발라디 등에서 높았다.

총 28 종의 포도 품종에서 레스베라트롤 함량은 품종에 따라 매우 큰 차이가 있는 것으로 조사되었다. 과실 전체에 대한 분석 결과를 비교하여 볼 때, 대체적으로 흑색계 품종에서 약간 높은 함량을 보였으며 특히 자옥, 피오네, 머스캣

함부르크 등 품종에서 과실의 레스베라트롤 함량이 높은 것으로 조사되었다. 그러나 머스캣텔루소, 골드핑어, 뉴나이 등의 일부 청색계 품종은 흑색계 품종 못지않게 높은 레스베라트롤 함량을 보였다. Gerogiannaki-Christopoulou 등(10)은 13종의 적포도주와 18종의 백포도주를 분석한 결과, 적포도주(0.352-1.99 mg/L)가 백포도주(0.005-0.57 mg/L) 보다 훨씬 많은 양의 레스베라트롤을 함유하는 것으로 보고한 바 있다. 그러나 포도주의 레스베라트롤 함량은 제조 방법에 따라 차이가 있으며, 포도 과실 중 레스베라트롤 함량은 품종 고유의 특성뿐만 아니라 재배 조건 특히 병해 관리와 수광량의 영향을 크게 받는 것으로 알려져 있다 (11,12).

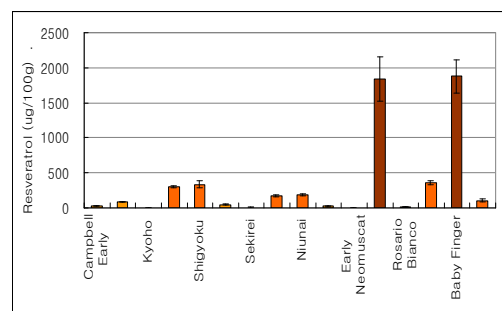


Fig. 9. Resveratrol contents in rachis of various grape cultivars.

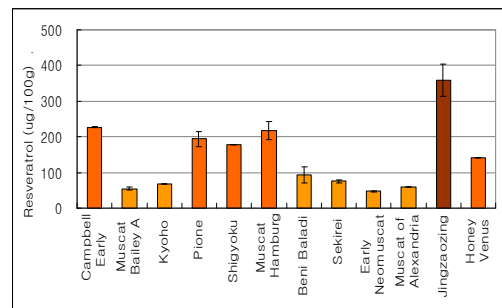


Fig. 10. Resveratrol contents in leaves of various grape cultivars.

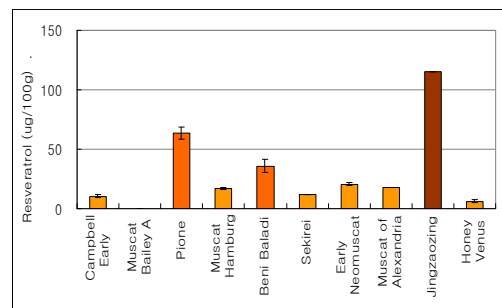


Fig. 11. Resveratrol contents in stems of various grape cultivars.

레스베라트롤은 과피에서 주로 검출되며 과육 부위에서는 레스베라트롤이 거의 검출되지 않았다(과육 데이터 제시 생략). 대체적으로 과실 전체에서 높은 레스베라트롤

함량을 보이는 품종에서는 과피의 레스베라트롤 함량이 상대적으로 높은 경향을 보였으며 과실 전체와 과피간에는 비교적 높은 상관성이 있었다(Table 2). 부위별 레스베라트롤 분포는, 흑색계 품종의 경우에는 과경, 과축, 잎, 종자, 과실, 줄기 순으로, 적색계 품종의 경우에는 잎과 과경, 과피, 종자, 과실, 줄기 순으로, 청색계 품종의 경우에는 과경, 과축, 잎, 종자, 줄기, 과실 순으로 레스베라트롤 함량이 높게 나타났다. 이는 대체적으로 과경, 과축, 잎 등에 레스베라트롤이 많이 함유되어있는 반면 과실에는 상대적으로 적은 양이 함유되어 있음을 보이는데, 이러한 분석 결과는, 과육에서는 레스베라트롤이 거의 검출되지 않는 반면 과축과 과경에는 과피 또는 종자보다 수십배 높게 레스베라트롤이 함유되어있다는 Cho 등(13)의 기존의 보고와도 잘 일치한다. 이러한 부위별 함량의 차이는 레스베라트롤의 합성 부위와 밀접한 관련이 있을 것으로 생각되는데, 다른 부위에 비하여 레스베라트롤 함량이 극단적으로 높은 과경 부위가 아마도 레스베라트롤의 합성 부위일 것으로 추측된다. 비록 잎, 줄기 등의 다른 영양기관에서 합성된 레스베라트롤이 과실로 전이되는 과정에서 과경 부위에 집중적으로 축적되었을 가능성도 본 실험 결과만으로는 배제하기 어렵지만, 본 실험실에서 본 연구와는 별도로 수행한 연구에서 과실을 줄기에서 분리하여 수확한 후 자외선을 조사한 경우에도 과실 내 레스베라트롤 함량이 크게 증가한 점에 비추어 볼 때(데이터 제시 생략), 과경이 주요한 레스베라트롤 합성 부위일 가능성은 신빙성이 높아 보인다.

본 실험에서 자옥, 머스캇오브알렉산드리아, 베이비핑어 등의 품종은 대체적으로 레스베라트롤 함량이 높은 것으로 분석되었으며, 이러한 품종은 레스베라트롤이 곰팡이 또는 세균에 대한 항균 작용성을 가지고 있음에 비추어 볼 때 화학농약 사용을 배제하는 친환경 또는 유기 재배에 유리한 품종일 것으로 생각된다. 그러나 식물 조직에 생성된 레스베라트롤은 산화와 중합 과정을 거치면서 *viniferin*으로 전환되는데, 레스베라트롤은 미생물에 대한 독성이 강하지 않은 반면 *viniferin*은 실질적인 항균 활성을 가진다(14). 따라서 무농약 친환경 재배에 적합한 품종의 최종적인 선택을 위해서는 레스베라트롤의 함량 뿐만 아니라

*viniferin*으로의 전환 정도를 추후 분석해 볼 필요가 있다. 한편, 포도에서 레스베라트롤 함량은 가식부인 과실보다 식용으로 이용하지 않는 과경이나 과축에 훨씬 많은 양이 축적되어있으며, 이러한 부위의 자원화 또는 가공 기술의 개발이 필요할 것으로 생각된다.

## 요 약

포도의 레스베라트롤 함량은 품종에 따라 매우 다양하나, 대체적으로 자옥, 피오네, 머스캇함부르크 등의 흑색계 품종에서 가식부인 과실의 레스베라트롤 함량이 높은 것으로 조사되었으며 머스캇텔루소, 골드핑거, 뉴나이 등의 일부 청색계 품종에서도 레스베라트롤 함량이 비교적 높았다. 그러나 과경과 과축을 포함하면 자옥, 머스캇오브알렉산드리아, 베이비핑어 등의 품종에서 레스베라트롤 함량이 높았으며 이러한 품종은 친환경 재배에 유리할 것으로 생각된다. 레스베라트롤은 주로 과경과 과축에 고농도로 분포하는 반면 과육에서는 거의 검출되지 않았다. 부위별 레스베라트롤의 분포로 볼 때 레스베라트롤은 아마도 과경에서 주로 합성되는 것으로 추측된다.

## 참고문헌

1. Dawn, B. (2007) Resveratrol: Ready for prime time? J. Mol. Cell. Cardiol., 42, 484-486
2. Bhat, K.P.L., Kosmeder II, J.W. and Pezzuto, J.M. (2001) Biological effects of resveratrol. Antioxid. Redox Sign., 3, 1041 - 1064
3. Baur, J.A. and Sinclair, D.A. (2006) Therapeutic potential of resveratrol: the in vivo evidence. Nat. Rev. Drug Discov., 5, 493 - 506
4. DKopp, P. (1998) Resveratrol, a phytoestrogen found in red wine. A possible explanation for the conundrum of the 'French paradox'? Eur. J. Endocrinol., 138, 619 - 20
5. Langcake, P. and Price, R.J. (1976) The production of resveratrol by *Vitis vinifera* and other members of the *Vitaceae* as response to infection or injury. Physiol. Plant Pathol., 12, 201-204
6. Roh, J.H., Yun, H.K., Park, K.S., Choi, Y.J., Hong, S.S. and Jeon, S.H. (2005) Salicylic acid and resveratrol content changes as affected by downey mildew and anthracnose in grapevines. J. Korean. Soc. Hort. Sci., 46, 59-63
7. Dai, G.H., Andray, C., Mondolet-Cosson, L. and Boubals,

**Tab. 2. Correlation coefficients ( $p=0.05$ ) of resveratrol contents between different parts of grapes.**

	Whole berry	Pericarp	Seed	Fruit stem	Rachis	Leaf
Pericarp	0.5813					
Seed	-0.2806	-0.1508				
Fruit stem	0.1227	-0.1118	0.1176			
Rachis	-0.0980	-0.1104	-0.1288	0.6222		
Leaf	0.1417	0.1209	0.4860	0.3838	0.2996	
Stem	-0.0325	0.2526	0.1094	0.1094	0.5463	0.7219

- D. (1995) Histochemical studies on the interaction between three species of grapevine, *Vitis vinifera*, *V. rupestris*, and *V. rotundifolia* and downy mildew fungus, *Plasmopora viticola*. *Physiol. Mol. Plant Pathol.*, 46, 177-188
8. Hoos, G. and Blaich, R.J. (1990) Influence of resveratrol on germination of conidia and mycelial growth of *Botrytis cinerea* and *Phomopsis viticola*. *J. Phytopathol.*, 129, 102-110
9. Sarig, P., Zutkhi, Y., Monjauze, A., Lisker, N. and Ben-Arie, R. (1997) Phytoalexin elicitation in grape berries and their susceptibility to *Rhizopus stolonifer*. *Physiol. Mol. Plant Pathol.*, 50, 337-347
10. Gerogiannaki-Christopoulou, M., Athanasopoulos, P., Kyriakidis, N., Gerogiannaki, I.A. and Spanos, M. (2006) trans-Resveratrol in wines from the major Greek red and white grape varieties. *Food Control*, 17, 700 - 706
11. Creasy, L. and Coffee, M. (1988) Phytoalexin production potential of grape berries. *J. Am. Hort. Sci.*, 113, 230-234
12. Jeandet, P., Bessis, R. and Gautheron, B. (1991) The production of resveratrol (3,5,40-trihydroxystilbene) by grape berries in different developmental stages. *Am. J. Enology Viticulture*, 42, 41 - 46
13. Cho, Y.J., Kim, J.E., Chun, H.S., Kim, C.T., Kim, S.S. and Kim, C. (2003) Contents of resveratrol in different parts of grapes. *Korean. J. Food Sci. Technol.*, 35, 306 - 308
14. Pezet, R., Gindro, K., Viret, O. and Spring, J.L. (2004) Glycosylation and oxidative dimerization of resveratrol are respectively associated to sensitivity and resistance of grapevine cultivars to downy mildew. *Physiol. Mol. Plant Pathol.*, 65, 297 - 303

---

(접수 2009년 9월 17일, 채택 2009년 12월 4일)