

뽕나무 계통별 오디의 레스베라트롤 함량 분석

김현복* · 김정봉¹ · 김선림²
농업과학기술원 농업생물부, ¹농업생명공학연구소, ²작물과학원

Varietal Analysis and Quantification of Resveratrol in Mulberry Fruits

Hyun Bok Kim*, Jung Bong Kim¹ and Sun Lim Kim²

Department of Agricultural Biology, National Institute of Agriculture Science and Technology,
Rural Development Administration, Suwon 441-100, Korea

¹National Institute of Agricultural Biotechnology, Rural Development Administration,
Suwon 442-857, Korea

²National Institute of Crop Science, Rural Development Administration,
Suwon 442-857, Korea

ABSTRACT

Resveratrol is naturally occurring phytoalexin compounds produced by grape berries, peanuts, and their products in response to stress such as fungal infection, heavy metal ions or UV irradiation. The objective of this study was to develop a reliable high performance liquid chromatographic (HPLC) method for the quantitative determination of trans-resveratrol in mulberry fruit. Samples were extracted in 80% MeOH and filtered with 0.45 μ m syringe filter. The trans-resveratrol was separated Waters C₁₈ column, using a mobile phase containing 0.025% trifluoroacetic acid in 5% acetonitril and 0.035% trifluoroacetic acid in 50% acetonitril, detected by photodiode array detector (PDA) at 254 nm and the flow rate was 1 ml/min. Under this analytical condition, the mean content of mulberry fruits (fifty varieties) was 777.3 \pm 585.9 ppm. Among the tested samples, 'Mansaengbaekpinosang (II)' was the highest level in 3450.6 ppm. However four accessions including 'Gukbu', 'Sabangso (I)', 'Simseol' and yield mulberry fruit were not able to detected. Eight suitable varieties selected for the production of fruit were 'Jeolgokchosaeng (Chungbuk)' 777.8 ppm, 'Dangsang 7' 771.1 ppm, 'Jangsosang' 133.9 ppm, 'Susungppong' 31.1 ppm, 'Suwonnosang' 639.7 ppm, 'Palcheongsipyung' 1475.9 ppm, 'Kangsun' 864.0 ppm, and 'Jukcheonchosaeng' 1458.5 ppm. 'Daesungppong' which was the first authorized variety for the production of mulberry fruit was 1236.7 ppm. In conclusion, these results suggest that mulberry including fruit and leaf may a good new resource for resveratrol production.

Key words : Resveratrol, Mulberry fruits, HPLC, Variety

서 론

레스베라트롤(*trans*-3,5,4'-trihydroxystilbene, C₁₄H₁₂O₃)은 UV 조사, 금속이온 혹은 *Botrytis cinerea*나 *Plasmopara viticola*에 의한 감염 등 생물학적, 비생물학적 스트레스에 대해 자신을 방어하기 위하여 만드는 항독성 물질(stilbene phytoalexin)로서(Dixon, 2001) 포도(Creasy & Coffee, 1988; Jeandel *et al.*, 1991), 땅콩(Arora & Strange, 1991; Ingham, 1976; Keen, 1975; Sanders & McMichael, 1997; Sanders *et al.*, 2000; Sovolev & Cole, 1999; Sovolev *et al.*, 1995), 소나무 등에 함유되어 있으며, 꽃감이나 포도의 표면에

흰색 분말 형태로 존재한다.

레스베라트롤을 분석하는 방법으로는 high performance liquid chromatography(HPLC), gas chromatography(GC) 또는 소량의 시료 양으로도 분석 가능한 capillary electrophoresis(CE) 등의 분석기기를 이용한 방법이 대부분이며(Arce *et al.*, 1998; Chu *et al.*, 1998; Kim *et al.*, 1999; Pezet *et al.*, 1994; Prasongsidh & Skkurray, 1998; Sato *et al.*, 1997), 특히 포도와 포도주를 중심으로 연구가 이루어져 왔다(Maria *et al.*, 2003; Sieman & Creasy, 1992). 즉 품종, 부위 및 제조 과정시 가공기술에 미치는 요인(제조자의 숙련도, 제조과정, 지역, 기후, 곰팡이의 감염 등)에

*Corresponding author. E-mail: hyunbok@rda.go.kr

다른 레스베라트롤의 함량을 분석한 결과(김 등, 2003; 조 등, 2003)와 AlCl₃ 처리(Adrian *et al.*, 1996), UV 조사(Roggero, 2000), Rhizopus균 접종(Sarig *et al.*, 1997) 및 침지 조작(이 등, 2005)에 의해 직접 레스베라트롤을 증가시키는 방법 등이 연구되어 보고되었다.

레스베라트롤이 각광을 받는 이유는 인체 내에서 혈소판 응집 억제(Pace-Asciak *et al.*, 1995), 지질대사 제어(김 등, 1998), 지방 과산화 억제 및 free radical 소거 기능과 같은 항산화 작용(Frémont *et al.*, 1999), cyclooxygenase 저해 등의 항염증 작용(MacCarrone *et al.*, 1999; Subbaramaiah *et al.*, 1999), 암세포 성장 억제(Lee *et al.*, 2004) 및 암 예방(Fontcative *et al.*, 1998; Ragione *et al.*, 1998) 효능 등 다양한 생리활성을 갖기 때문인 것으로 알려져 있다(Frémont, 2000).

이와 같은 기능 외에 레스베라트롤은 세포의 수명 연장 유전자를 자극, 활성화하여 피부의 가장 기본이 되는 세포를 건강하게 만듦으로써 피부의 탄력증진과 노화 예방 효과를 기대할 수 있어 기능성 화장품에 이용·출시되고 있으며, 레스베라트롤을 함유하는 식물을 찾아내어 기능성 식품이나 의약품의 원료로 이용하고자 하는 연구가 추진되고 있다. 그러나 이와 관련하여 뽕나무 오디는 지금까지 밝혀진 기능성 물질이나 효능 측면에서 볼 때 레스베라트롤에 관한 연구는 전무하다.

따라서 본 연구는 우리나라에 유전자원으로 보존 중인 뽕나무의 결실 오디를 계통별로 채취하여 HPLC를 이용하여 레스베라트롤 함량을 분석함으로써, 오디 생산용 뽕품종의 육종 효율을 높이는 동시에 오디의 기능성 및 이용성을 증대시키고자 하였다. 즉 레스베라트롤의 새로운 공급원으로서 뽕나무 오디의 가능성을 검토하였으며, 동시에 뽕잎과 꾸지뽕의 잎과 열매에 대한 레스베라트롤 함량을 비교하였다.

재료 및 방법

1. 공시재료

본 시험에 공시한 오디 계통들은 '97년 식재(식재거리 3.0×2.4 m) 후 이듬해에 1.2 m에서 중예정지한 후 오디수확을 위해 재배되어 온 뽕나무에서 수확한 계통들이며, 농업과학기술원 농업생물부 유전자원 보존용 시험포장(수원시 권선구 서둔동 소재)에서 재배환경 및 재배법을 동일하게 하여 관리된 것들이다. 레스베라트롤 함량 분석을 위해 선정된 오디 계통들은 채취하여 즉시 초저온 냉동고(-70°C)에 보관하였다가 동결 건조(ilShin Lab Co., Ltd)하여 사용하였다.

뽕잎의 레스베라트롤 함량 분석에는 농가에 가장 널리

보급된 청일뽕의 뽕잎과 강원도 횡성군 야산에서 채취한 뽕잎을 건조하여 사용하였으며, 꾸지뽕(*Cudrania tricuspidata* (Carriere) Bureau)은 농업과학기술원 농업생물부 시험포장에서 잎과 열매를 각각 채취하여 동결 건조하여 사용하였다.

2. 기기 분석 및 분석 조건

동결건조된 시료 각 1 g에 80% methanol 5 ml을 가하여 추출한 후 0.45 μm syringe filter로 여과하여 HPLC (Shimadzu 10A)로 분석하였다. PDA(Shimadzu SPD-M 10A, photodiode array detector) 검출기와 Waters C₁₈(5 μm, 250 mm×4.6 mm) column을 이용하였으며 이동상은 용매 A(0.025% trifluoroacetic acid in 5% acetonitril)와 용매 B(0.035% trifluoroacetic acid in 50% acetonitril)를 gradient로 변화를 주었다. 35분 동안 용매 B를 10%에서 50%까지 증가시켜 주었고 5분 동안 같은 농도를 유지하다가 10분 후 다시 처음 농도인 10%로 감소시키면서 분석하였다. Column oven의 온도는 35°C로 유지하였으며, 분석 파장은 254 nm를 그리고 유량은 1 ml/min 속도로 측정하였다.

결과 및 고찰

공시된 오디 50계통의 레스베라트롤 평균 함량은 777.3 ±585.94 ppm으로 계통간 변이가 매우 심하였다. '만생백 피노상 II'는 3450.6 ppm으로 가장 높은 함량을 나타낸 반면, '사방소 I', '심설', '국부' 및 '야상오디'에서는 검출되지 않았다.

2002년부터 2004년까지 3년간 실시한 오디 우량계통 선발시험에서 과실적 특성인자인 수량, 단과중 및 당도 값을 동시에 만족시켜 오디 생산용 우량 계통으로 선발된 8계통의 레스베라트롤 함량은 각각 '절곡조생(충북)' 777.8 ppm, '팔청시평' 1475.9 ppm, '강선' 864.0 ppm, '수원노상' 639.7 ppm, '죽천조생' 1458.5 ppm, '수성뽕' 31.1 ppm, '당상 7호' 771.1 ppm, '장소상' 133.9 ppm이었다.

미색 오디인 '상전을'과 '터키D'의 레스베라트롤 함량은 각각 947.1 ppm, 652.0 ppm이었으며, 2배체인 휘카스(*Ficus*)에 콜히친을 처리하여 4배체 계통으로 육성되어 우리나라 최초의 오디생산용 뽕품종으로 등록된 '대성뽕' 오디의 레스베라트롤 함량은 1236.7 ppm으로 매우 높았다. '대성뽕' 오디는 우리나라 뽕나무 유전자원 중 가장 큰 오디이므로 오디를 이용한 와인 형태의 가공제품 개발시 이 품종의 오디를 선택한다면 기능성 및 이용성에서 유리할 것으로 판단된다.

이상에서 오디는 지금까지 밝혀진 C3G, 루틴, 지방산, 아미노산 등 여러 가지 생리활성물질 뿐 만 아니라 레스베라트롤 함량도 매우 높음을 알 수 있었다. 그러나 계통

Table 1. Resveratrol content of fruits according to mulberry varieties

Accession	Content (ppm)	Index	Accession	Content (ppm)	Index
Amloesang (I)	613.2	79	Jeolgokchosaeng (Chungbuk)	777.8	100
Amloesang (II)	318.6	41	Jeonwon 1	1162.7	150
Baekchunil	705.2	91	Jinhwasang	900.2	116
Busa	835.9	108	Jukcheonjosaeng	1458.5	188
Cheongilppong	376.9	48	Junghosang	874.4	112
Cheongnosang (I)	1067.4	137	Kangsun (I)	864.0	111
Cheongnosang (II)	1226.3	158	Kangsun (II)	433.9	56
Cheonhyunnosang	899.2	116	Mansaengbaekpiriosang (I)	2055.8	264
Daegajokbaekpisang	865.6	111	Mansaengbaekpinosang (II)	3450.6	444
Daejeongsun	1470.5	189	Moksang	204.7	26
Daesungppong	1236.7	159	Palcheongsipyung (I)	714.8	92
Dangsang 7	771.1	99	Palcheongsipyung (II)	1475.9	190
Deokcheonsang	1233.3	159	Pilipin 1	564.3	73
Eoguknosang (I)	735.4	95	Sabangso (I)	0.0	0
Eoguknosang (II)	632.5	81	Sabangso (II)	972.9	125
Ficus	116.1	15	Sabangso (III)	893.0	115
Gakyongsang	1055.3	136	Sacheongum	594.1	76
Gukbu	0.0	0	Sangchonchosaeng	864.6	111
Gukkwang	406.0	52	Sangjeoneul	947.1	122
Hwachosipmunja	831.4	107	Simseol	0.0	0
Hwansipchosaeng	267.3	34	Susungppong	31.1	4
Idaenae 1	446.6	57	Suwonnosang	639.7	82
Jangsosang	133.9	17	Taejeonjosaeng	495.7	64
Jasan (I)	1049.8	135	Turkey D	652.0	84
Jasan (II)	542.4	70	Yield fruit	0.0	0
Mean ± S.D.			777.3 ± 585.9		

간 변이가 심하므로 품종선택시 ‘만생백피노상’, ‘죽천조생’, ‘팔청시평’, ‘대성뽕’ 등 고함유 계통을 선택하여 이용성을 높이도록 해야 할 것이다. 또한 포도와 마찬가지로 뽕나무 재배과정이나 수확 후 보관 처리시 직접 레스베라트롤의 함량을 증가시킬 수 있는 기술이 개발된다면 육종에 걸리는 시간을 단축시킬 수 있을 뿐 아니라 산업화를 위한 이용기술 측면에서도 유리할 것으로 판단된다.

뽕잎의 경우 오디에 비해 높은 레스베라트롤 함량을 나타냈는데 오디 평균 함량(777.3 ppm)의 5배~10배에 달했다. 재배뽕인 청일뽕 뽕잎(4317 ppm)에 비해 토양, 기후, 비배관리 등 재배환경이 다른 강원도 횡성군 야산에서 채취한 야생뽕잎의 경우 8485.3 ppm으로 레스베라트롤의 함량이 매우 높았다(표 2). 따라서 금후 뽕 품종, 재배환경을 포함한 보다 면밀한 검토가 요구되어지며 동시에 레스베라트롤을 다량 함유하는 뽕잎의 이용성에 대해서도 연구되어야 할 것이다.

Table 2. Resveratrol content of mulberry leaf powder

Accession	Cultivated type	Yield type
Content (ppm)	4317.4	8485.3

Table 3. Resveratrol content of leaf and fruit of *Cudrania tricuspidata*

Accession	Leaf	Fruit
Content (ppm)	1122.0	142.4

표 3은 꾸지뽕나무의 잎과 열매에 대한 레스베라트롤 함량을 비교한 것으로서, 과실인 열매의 경우 오디에 비해 낮은 함량(142.4 ppm)을 나타냈으나 잎은 1122.0 ppm으로 높았다.

꾸지뽕나무는 활뽕나무 등의 다른 이름이 있고 중국에

서는 자목, 상자, 지황 등으로 부른다. 뽕나무과(Moraceae)에 속하지만 뽕나무와는 생김새 뿐 만 아니라 여러 가지 면에서 차이가 있다. 즉 6월에 꽃이 피어서 가을에 둥근 열매가 붉게 익는데 사람이 먹을 수 있고 새들이 즐겨 먹는다. 줄기에는 날카로운 가시가 붙어 있으며, 자웅이주(雌雄異株)이다. 꾸지뽕나무는 경남, 전남, 제주 등 우리나라의 남쪽지방에 흔하나 중부지방에서는 거의 보기 어렵다.

약으로 쓸 때는 줄기, 줄기껍질, 잎, 열매, 뿌리를 쓴다. 약성은 따뜻하고 맛은 달고 쓰며 독은 없다. 이 나무는 여성들의 여러 가지 질병에 좋은 약으로 알려져 있는데, 부인의 붕중혈결을 다스리고 월경을 통하게 하며 어혈을 풀고 신장의 결석을 없앤다. 또한 근골을 튼튼하게 하고 혈액을 맑게 하는 작용이 있다. 위암, 식도암, 간암, 대장암, 폐암, 부인암 등 갖가지 암에 민간요법으로 널리 쓰이고 있다.

결론적으로 뽕나무는 오디뿐만 아니라 뽕잎의 레스베라트롤 함량이 매우 높았으므로, 레스베라트롤을 함유하는 새로운 작목으로 가능성이 크며, 이를 이용한 산업화 시장에서 새로운 공급원으로 역할을 수행할 수 있기를 기대한다.

적 요

레스베라트롤(Resveratrol)은 UV 조사, 금속이온 혹은 *Botrytis cinerea*나 *Plasmopara viticola*에 의한 감염 등 생물학적, 비생물학적 스트레스에 대해 자신을 방어하기 위하여 만드는 항독성 물질(stilbene phytoalexin)로서 인체 내에서 지질대사 제어, 혈소판 응집 억제 및 암 예방 등 다양한 효능을 가지는 것으로 알려져 있는 생리활성물질이다. 본 연구는 우리나라에 유전자원으로 보존 중인 뽕나무의 결실 오디를 계통별로 채취하여 레스베라트롤 함량을 분석함으로써, 레스베라트롤의 새로운 공급원으로서 오디 생산용 뽕 품종의 육종 효율을 높이는 동시에 오디의 기능성 및 이용성을 증대시키고자 하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 공시계통의 평균함량은 777.3±585.94 ppm으로 계통간 변이가 매우 심하였다. ‘만생백피노상 II’는 3450.6 ppm으로 가장 높은 함량을 나타낸 반면, ‘사방소 I’, ‘심실’, ‘국부’ 및 ‘야상오디’에서는 검출되지 않았다.

2. 과실적 특성인자인 수량, 단과중 및 당도 값을 동시에 만족시켜 오디 생산용 우량 계통으로 선발된 8계통의 레스베라트롤 함량은 각각 ‘절곡조생(충북)’ 777.8 ppm, ‘팔청시평’ 1475.9 ppm, ‘강선’ 864.0 ppm, ‘수원노상’ 639.7 ppm, ‘죽천조생’ 1458.5 ppm, ‘수성뽕’ 31.1 ppm, ‘당상7호’ 771.1 ppm, ‘장소상’ 133.9 ppm이었다.

3. 우리나라 최초의 오디생산용 뽕품종으로 등록된 ‘대성뽕’ 오디의 레스베라트롤 함량은 1236.7 ppm으로 매우 높았다. 따라서 와인 등의 가공제품 개발시 이 품종의 오디를 선택한다면 기능성 및 이용성에서 유리할 것으로 판단된다.

4. 이상에서 오디는 C3G, 루틴, 지방산, 아미노산 등 여러 가지 생리활성물질 뿐 만 아니라 레스베라트롤 함량도 매우 높음을 알 수 있었다. 그러나 계통간 변이가 심하므로 품종선택시 ‘만생백피노상’, ‘죽천조생’, ‘팔청시평’, ‘대성뽕’ 등 고함유 계통을 선택하여 이용성을 높이도록 해야 할 것이다.

인용문헌

- Adrian, M., Jeandet, P., Bessis, R and Joubert, J. M. (1996) Induction of phytoalexin (resveratrol) synthesis in grapevine leaves treated with aluminum chloride (AlCl₃). *J. Agric. Food Chem.* **44**: 1979~1981.
- Arce, L., Tena, M. T., Rios, A and Valcarcel, M. (1998) Determination of trans-resveratrol and other polyphenols in wines by a continuous flow sample clean-up system followed by capillary electrophoresis separation. *Anal. Chim. Acta.* **359**: 27~38.
- Arora, M. K and Strange, R. N. (1991) Phytoalexin accumulation in groundnuts in response to wounding. *Plant Sci.* **78**: 157~163.
- Chu, Q., O'Dwyer, M and Zeece, M. G. (1998) Direct analysis of resveratrol in wine by micellar electrokinetic capillary electrophoresis. *J. Agric. Food Chem.* **46**: 509~513.
- Creasy, L. L and Coffee, M. (1988) Phytoalexin production potential of grape berries. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* **113**: 230~234.
- Dixon, R. A. (2001) Natural products and plant disease resistance. *Nature.* **411**: 843~847.
- Fontecave, M., Lepoivre, M., Elleingand, E., Gerez, C and Guittet, O. (1998) Resveratrol, a remarkable inhibitor of ribonucleotide reductase. *FEBS Lett., Jan. 16*; **421**(3): 277~279.
- Frémont, L. (2000) Biological effects of resveratrol. *Life Sci.* **66**: 663~673.
- Frémont, L., Belguendou, L and Delpal, S. (1999) Antioxidant activity of resveratrol and alcohol-free wine polyphenols related to LDL oxidation and polyunsaturated fatty acids. *Life Sci.* **64**: 2511~2521.
- Lee, H. S., Sur, E. Y and Kim, W. K. (2004) Resveratrol Induces Apoptosis in SW480 Human Colon Cancer Cell Lines. *Food Sci. Biotechnol.* **13**(1): 80~84.
- Ingham, J. L. (1976) 3,5,4'-Trihydroxystilbene as a phytoalexin from groundnuts (*Arachis hypogaea*). *Phytochemistry.* **15**: 1791~1793.
- Jeandel, P., Bessis, R and Gautheron, B. (1991) The production of resveratrol (3,5,4'-trihydroxystilbene) by grape berries in different developmental stages. *Am. J. Enol. Vitic.* **41**: 41~46.

- 조용진, 김재은, 전향숙, 김종태, 김성수, 김철진(2003) 국내산 포도의 부위별 레스베라트롤 함량. *한국식품과학회지* **35**(2): 306~308.
- Keen, N. T. (1975) The isolation of phytoalexins from germinating seeds of *Cicer arictinum*, *Vigna sinensis*, *Arachis hypogaea* and other plants. *Phytopathology*. **65**: 91~92.
- 김대중, 김상균, 김명희, 이희봉, 이준수(2003) 포도와 포도 가공품에 함유되어 있는 *trans-resveratrol*의 함량 분석. *한국식품과학회지* **35**(5): 764~768.
- Kim, K. S., Ghim, S. Y., Seu, Y. B and Song, B. H. (1999) High level of *trans-resveratrol*, a natural anti-cancer agent, found in Korean Noul red wine. *J. Microbiol. Biotechnol.* **9**: 691~693.
- 김태희, 박은영, 양기숙(1998) Effect of *Polygonum cuspidatum* on CCl_4 Induced Hepatotoxicity and Lipid Peroxidation, *약학논문집* **15**: 23~32.
- 이선숙, 서선정, 이부용, 이희봉, 이준수(2005) 침지조작에 의한 레스베라트롤 증가조건의 최적화. *한국식품영양과학회지* **34**(4): 567~571.
- MacCarrone M, Lorenzon T, Guerrieri P, Agro A. F. (1999) Resveratrol prevents apoptosis in K562 cells by inhibiting lipoxygenase and cyclooxygenase activity. *Eur. J. Biochem.* **265**: 37~34.
- Maria, C., Claudio, C., Lisa, E., Isabella, N and Ingrid, Z. (2003) Direct HPLC Analysis of Quercetin and *trans*-Resveratrol in Red Wine, Grape, and Winemaking Byproducts. *J. Agric. Food Chem.* **51**: 5226~5231.
- Pace-Asciak, C. R., Hahn, S. E., Diamandis, E. P., Soleas, G., Goldberg, D. M. (1995) The red wine phenolics *trans-resveratrol* and quercetin block human platelet aggregation and eicosanoid synthesis: implications for protection against coronary heart disease. *Clin. Chim. Acta.* **235**: 207~219.
- Pezet, R., Pont, V and Cuenat, P. (1994) Method to determine *resveratrol* and *pterostilbene* in grape berries and wine using high-performance liquid chromatography and highly sensitive fluorimetric detection. *J. Chromatogr. A.* **663**: 191~197.
- Prasongsidh, B. C and Skurray, G. R. (1998) Capillary electrophoresis analysis *trans*- and *cis*-*resveratrol*, quercetin, catechin and gallic acid in wine. *Food Chem.* **62**: 355~358.
- Ragione, F. D., Cucciolla, V., Borriello, A., Pietra, V. D., Racioppi, L., Soldati, G., Manna, C., Galletti, P and Zappia, V. (1998) Resveratrol arrests the cell division cycle at S/G2 phase transition. *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, Sep. **8**; **250**(1): 53~58.
- Roggero, J. P. (2000) Study of the ultraviolet irradiation of *resveratrol* and wine. *J. Food Comp. Anal.* **13**: 93~97.
- Sanders, T. H and McMichael, R. W. (1997) Occurrence of *resveratrol* in edible peanuts. *Book of Abstract*, Las Vegas, NV; American Chemical Society: Washington, DC. *Abstr. AGFD* **214**: 33.
- Sanders, T. H., McMichael, R. W and Hendrix, K. W. (2000) Occurrence of *Resveratrol* in Edible Peanuts. *J. Agric. Food Chem.* **48**: 1243~1246.
- 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 Path.* **50**: 337~347.
- Sato, M., Suzuki, Y., Okuda, T and Yokotsuka, K. (1997) Contents of *resveratrol piceid*, and their isomers in commercially available wines made from grapes cultivated in Japan. *Biosci. Biotech. Biochem.* **61**: 1800~1805.
- Sieman, E. H and Creasy, L. L. (1992) Concentration of phytoalexin *resveratrol* in wine. *Am. J. Enol. Vitec.* **43**: 49-52.
- Sobolev, V. S and Cole, R. J. (1999) *trans-Resveratrol* content in commercial peanuts and peanut products. *J. Agric. Food Chem.* **47**: 1435~1439.
- Sobolev, V. S., Cole, R. J., Dorner, J. W and Yagen, B. (1999) Isolation, purification, and liquid chromatographic determination of stilbene phytoalexins in peanuts. *J. Assoc. Off. Anal. Chem. Int.* **78**: 1177~1182.
- Subbaramaiah K, Michaluart P, Chung W. J., Tanabe T, Telang N and Dannenberg A. J. (1999) *Resveratrol* inhibits cyclooxygenase-2 transcription in human mammary epithelial cell. *Ann. N Y Acad. Sci.* **889**: 214~223.