

뽕잎의 품종별·시기별 resveratrol 함량 변이

김현복*[†] · 김정봉* · 김선림* · 고성혁** · 석영식*** · 김용순* · 성규병* · 강필돈*

*농촌진흥청, 경기도 수원시 권선구 서둔동 250

**전북농업기술원 원종사업소, 전북 완주군 용진면 운곡리 905-2

***강원도 농산물원종장, 강원도 동산면 조양2리 511번지

Quantitative Analysis of Resveratrol in Mulberry Leaves

Hyun-bok Kim*[†], Jung-Bong Kim*, Sun-Lim Kim*, Seong-Hyouk Koh**, Young-Seek Seok***, Yong-Soon Kim*, Gyo-Byung Sung*, and Pil-Don Kang*

*Rural Development Administration, Suwon 441-707, Korea

**Registered Seed Center, Jeollabuk-Do Agricultural Research & Extension Services, Wanju, 565-811, Korea

***Gangwon Province Agricultural Product Registered Seed Station, Chuncheon 200-150, Korea

ABSTRACT Resveratrol has been associated with reduced cardiovascular disease and reduced cancer risk. This phytochemical has been reported in a number of plant species including grapes, peanuts and pine trees in response to stress such as fungal infection, heavy metal ions or UV irradiation. The objective of this study was to determine the resveratrol contents in leaves of mulberry varieties at different collecting times. Quantitative analysis of 16 cultivars showed a range of 102~466 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ on dry weight basis (which is equivalent to 25~116.5 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ on fresh weight basis). Resveratrol contents in mulberry leaves was higher in autumn than spring, and higher in fully matured leaves than in juvenile leaves. Among the tested samples, 'Kaeryangppong', 'Sugeppong' and 'Cheongilppong' collected in the middle of October showed high resveratrol contents of 838 $\mu\text{g}/100\text{ g}$, 803 $\mu\text{g}/100\text{ g}$, 800 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ on dry weight basis, respectively. Especially mulberry leaves dried in the shade showed of 1,030 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ on dry weight basis in resveratrol content, this result may contribute to utilization of mulberry leaves.

Keywords : resveratrol, mulberry leaves, HPLC, variety

뽕나무 열매인 오디에는 여러 가지 생리활성물질이 들어 있는데, C3G(cyanidin-3-glucoside)(Kim & Kim, 2003), 루틴(Kim & Kim, 2004), 불포화지방산(Kim *et al.*, 2003), 아미노산 (Kim *et al.*, 2004)과 더불어 레스베라트롤(Kim *et al.*, 2005) 함량도 매우 높다.

레스베라트롤(*trans*-3,5,4'-trihydroxystilbene, $\text{C}_{14}\text{H}_{12}\text{O}_3$)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), 인체 내에서 혈소판 응집 억제(Pace-Asciak *et al.*, 1995), 지방 과산화 억제 및 free radical 소거 기능과 같은 항산화 작용(Frémont *et al.*, 1999), cyclooxygenase 저해 등의 항염증 작용(Subbaramaiah *et al.*, 1999; MacCarrone *et al.*, 1999), 암세포 성장 억제(Lee *et al.*, 2004) 및 암 예방(Fontecative *et al.*, 1998; Ragione *et al.*, 1998) 효능 등 다양한 생리활성을 갖는 것으로 알려져 있으며(Frémont, 2000), 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 있다.

따라서 레스베라트롤을 함유하는 식물을 찾아내어 기능성 식품이나 의약품의 원료로 이용하고자 하는 연구가 추진되고 있는데, 현재까지 레스베라트롤의 공급원으로서 밝혀진 포도(Creasy & Coffee, 1988; Jeandel *et al.*, 1991), 땅콩(Sanders *et al.*, 2000; Sovolev & Cole, 1999; Sanders & McMichael, 1997; Sovolev *et al.*, 1995; Arora & Strange, 1991; Ingham, 1976; Keen, 1975), 소나무 외에 뽕나무 오디가 새롭게 기대되고 있다.

1995년 이전까지 단순히 누에의 사료공급원으로 인식되어 온 뽕잎은 누에뿐 만 아니라 인간이 이용할 수 있는 식품 또는 약용의 부가가치를 지닌 소재로 탈바꿈하였다. 즉 뽕잎은 단백질, 아미노산, 비타민, 미네랄, 식이섬유는 물론

[†]Corresponding author: (Phone) +82-31-290-8525

(E-mail) hyunbok@korea.kr <Received September 6, 2010>

다양한 생리활성물질을 함유하고 있으며, 항당뇨, 항고지혈 증 등 여러 가지 생리적·약리적 작용에 관한 연구결과들이 보고됨에 따라 기능성 식품, 화장품 및 의약품의 신소재로서 가능성을 제시하고 있다.

따라서 본 연구는 뽕 품종별 채취시기별로 뽕잎을 채취하여 HPLC를 이용하여 레스베라트롤 함량을 분석함으로써, 뽕 품종의 육종 효율을 높이는 동시에 뽕잎의 기능성 및 이용성을 증대시키고자 하였다.

재료 및 방법

공시재료

뽕잎의 레스베라트롤 함량 분석을 위해 본 시험에 공시한 품종은 16품종이다. 모두 장려뽕 품종으로서 ‘개량뽕’, ‘청일뽕’, ‘신일뽕’, ‘수성뽕’, ‘수계뽕’, ‘신광뽕’, ‘청운뽕’, ‘밀성뽕’, ‘상일뽕’, ‘대륙뽕’, ‘수원뽕’, ‘용천뽕’, ‘검설뽕’, ‘수봉뽕’, ‘청을뽕’ 및 ‘홍을뽕’이 포함되며, 농촌진흥청 국립농업과학원 농업생물부 유전자원 보존용 시험포장(수원시 권선구 서둔동 소재)에서 채취하였다.

각각의 품종은 시기별로 총 7회 채취하였다. 즉 춘기에는 5개엽기를 기준으로 시작하여 2주 간격으로 총 4회 채취하였으며, 추기에는 하벌 후 새로 자란 뽕잎을 8월 중순, 9월 중순 및 경화 직전인 10월 중순에 1달 간격으로 총 3회 채취하였다. 채취한 뽕잎은 즉시 -70°C 에서 급속 냉동시킨 후 동결건조(ilShin Lab Co., Ltd)하여 분말로 제조하였으며 품종별, 채취시기별 레스베라트롤의 함량 분석을 위한 시료로 사용하였다.

뽕잎 수확 후 관리방법에 따른 레스베라트롤의 함량 분석을 위한 시료는 ‘청일뽕’ 뽕잎을 채취하여 음건 또는 동결건조하여 분말로 제조하였다. 뽕잎의 음건은 채취한 뽕잎을 깨끗이 씻어 물기를 뺀 후 바람이 잘 통하는 그늘에서 선풍기를 이용하여 건조하였으며, -70°C 에서 보관한 뽕잎은 동결건조기를 이용하여 건조하였다.

레스베라트롤 함량 분석

건조된 시료 각 1 g에 80% methanol 5ml을 가하여 실온

에서 24시간 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 \times 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°C 로 유지하였으며, 분석 파장은 254 nm를 그리고 유량은 1 ml/min 속도로 측정하였다.

결과 및 고찰

뽕잎의 품종 및 채취시기별 레스베라트롤 함량 변화

우리나라 장려뽕 16품종에 대한 뽕잎의 레스베라트롤 함량을 채취시기별로 분석한 결과 오디에 비해 상당히 낮은 함량을 나타냈으나 8월 중순에 채취한 추기의 뽕잎은 오히려 레스베라트롤의 주요 공급원으로 알려진 포도 품종과 비교했을 때에는 4배 높았다(표 1). Kim *et al.*(2003)은 국내산 포도 32품종에 대한 레스베라트롤의 평균 함량은 25.94 $\mu\text{g}/100\text{g}$ 이며, 계절간 변이가 매우 심하다고 하였다. 본 연구에서 분석한 우리나라 장려뽕 16품종의 채취시기별 평균 레스베라트롤 함량은 102(어린잎)~483(성숙잎) $\mu\text{g}/100\text{g}$ 이며, 뽕잎의 수분함량이 75% 정도인 점을 계산하면 생뽕잎의 레스베라트롤 함량은 25~121 $\mu\text{g}/100\text{g}$ 이 된다. 따라서 포도와 마찬가지로 뽕잎 자체의 레스베라트롤에 대한 이용성 및 활용방안에 대한 많은 연구가 이루어져야 할 것이다.

채취시기별 뽕잎의 평균 레스베라트롤 함량에 있어서는 추기의 뽕잎이 춘기보다 함량이 높았으며(표 1), 춘기의 뽕잎은 어린잎보다 성숙잎의 레스베라트롤 함량이 높았다. 즉 춘기 5개엽기 어린잎의 평균 레스베라트롤 함량은 102 $\mu\text{g}/100\text{g}$ 이었으며 뽕잎의 성숙시기가 경과함에 따라 165, 209, 359 $\mu\text{g}/100\text{g}$ 으로 증가하였다. 하벌 후 새로 자란 뽕잎을 8월 중순에 채취한 것은 466 $\mu\text{g}/100\text{g}$ 이었으며, 9월 중순에 채취한 뽕잎은 391 $\mu\text{g}/100\text{g}$ 이었고, 10월 중순에 채취한 뽕

Table 1. Resveratrol content of 16 cultivar's mulberry leaves according to collecting times.

Collecting times	Spring ($\mu\text{g}/100\text{g}$)				Autumn ($\mu\text{g}/100\text{g}$)		
	5-leaf stage	The middle of May	The latter ten days of May	The middle of June	The middle of August	The middle of September	The middle of October
Mean	102 \pm 41	165 \pm 115	209 \pm 128	359 \pm 211	466 \pm 171	391 \pm 151	483 \pm 228

앞은 483 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 으로 가장 높은 함량을 나타냈다.

춘기 뽕잎의 성숙 시기에 따른 각 품종별 레스베라트롤 함량은 표 2와 같다. 품종간 변이가 매우 심한 것으로 나타났다. 5개엽기 어린잎의 분석 결과 ‘밀성뽕’의 함량이 202 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 으로 가장 높았으며, ‘대륙뽕’, ‘수성뽕’, ‘개량뽕’은 각각 42 $\mu\text{g}/100\text{ g}$, 44 $\mu\text{g}/100\text{ g}$, 46 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 으로 낮았다. 일반 농가에 가장 많이 보급된 ‘청일뽕’의 레스베라트롤 함량은 118 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 로서 평균 함량 수준이었다. 5개엽기 이후 2주 자란 뽕잎의 레스베라트롤 평균 함량은 165 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 로 증가하였으며, ‘밀성뽕’과 ‘검설뽕’의 레스베라트롤 함량은 각각 412 $\mu\text{g}/100\text{ g}$, 331 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 으로 높았다. 반면 ‘수성뽕’, ‘청일뽕’, ‘상일뽕’, ‘수원뽕’ 4품종의 레스베라트롤 함량은 27~29 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 로 매우 낮았으며 5개엽기 어린잎의 레스베라트롤 함량보다 오히려 감소하였다. 5월 하순에 채취한 뽕잎의 평균 레스베라트롤 함량은 5개엽기 어린잎에 비해 2배 증가하였다. ‘수봉뽕’의 레스베라트롤 함량이 490 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 으로 가장 높았으며, 다음으로 ‘개량뽕’이 444 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 을 나타낸 반면, ‘대륙뽕’과 ‘용천뽕’은 흔적을 나타내는 수준이었다. 오디의 수확 시기와 맞물려 있는 6월 중순의 뽕잎의 레스베라트롤 평균 함량은 359 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 으로 5개엽기 어린잎에 비해 3배 이상 증가하였다. 이 시기의 뽕잎을 채취하여 레스베라트롤을 이용하기 위해

서는 ‘홍을뽕’(669 $\mu\text{g}/100\text{ g}$), ‘수봉뽕’(627 $\mu\text{g}/100\text{ g}$), ‘검설뽕’(576 $\mu\text{g}/100\text{ g}$) 및 ‘청을뽕’(553 $\mu\text{g}/100\text{ g}$)의 함량이 매우 높았으므로 이 품종을 선택하도록 하는 반면, ‘신광뽕’과 ‘신일뽕’은 각각 16 $\mu\text{g}/100\text{ g}$, 84 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 으로 낮으므로 두 품종은 피해야 할 것이다. 후기 뽕잎의 성숙 시기에 따른 각 품종별 레스베라트롤 함량은 표 3과 같다. 춘기와 마찬가지로 품종간 변이가 매우 심한 것으로 나타났다. 8월 중순에 채취한 뽕잎의 경우 ‘수성뽕’, ‘밀성뽕’, ‘신일뽕’ 순으로 레스베라트롤 함량이 높았으며 각각 713 $\mu\text{g}/100\text{ g}$, 651 $\mu\text{g}/100\text{ g}$, 598 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 이었다. ‘개량뽕’, ‘청일뽕’, ‘신광뽕’, ‘상일뽕’, ‘대륙뽕’, ‘수원뽕’도 평균 함량보다 높은 값을 나타냈으며, ‘수계뽕’과 ‘청운뽕’은 평균 함량과 비슷한 수준이었다. ‘용천뽕’, ‘검설뽕’, ‘수봉뽕’, ‘청을뽕’ 및 ‘홍을뽕’은 평균 함량보다 낮았다. 9월 중순에 채취한 뽕잎의 레스베라트롤 평균 함량은 391 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 으로 8월에 채취한 뽕잎보다 다소 낮은 함량을 나타냈으나, ‘용천뽕’, ‘검설뽕’, ‘수봉뽕’, ‘청을뽕’ 및 ‘홍을뽕’은 오히려 레스베라트롤의 함량이 증가하였다. 10월 중순에 채취한 뽕잎의 평균 레스베라트롤은 483 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 이었으나 이 시기의 뽕잎은 엽질이 매우 거칠기 때문에 직접 식용으로의 이용 가능성은 매우 적다. ‘개량뽕’, ‘수계뽕’ 및 ‘청일뽕’ 품종의 경우 뽕잎의 레스베라트롤 함량이 각각 838 $\mu\text{g}/100\text{ g}$, 803 $\mu\text{g}/100\text{ g}$, 800 $\mu\text{g}/100\text{ g}$

Table 2. Resveratrol content of mulberry leaves according to varieties in spring.

Varieties	5-leaf stage ($\mu\text{g}/100\text{g}$)	The middle of May ($\mu\text{g}/100\text{g}$)	The latter ten days of May ($\mu\text{g}/100\text{g}$)	The middle of June ($\mu\text{g}/100\text{g}$)
Kaeryangppong	46	172	444	163
Cheongilppong	118	28	137	103
Sinilppong	107	252	271	84
Suscongppong	44	27	174	111
Sugeppong	97	103	216	371
Shingwangppong	131	245	267	16
Cheongunppong	90	267	236	493
Milseongppong	202	412	220	480
Sangilppong	56	29	174	448
Daeroukppong	42	131	2	446
Suwonppong	99	29	230	346
Yongcheonppong	116	188	5	262
Keomseolppong	113	331	140	576
Subongppong	115	167	490	627
Cheongolppong	123	161	190	553
Hongolppong	129	102	141	669

Table 3. Resveratrol content of mulberry leaves according to varieties in autumn.

Varieties	The middle of August ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	The middle of September ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	The middle of October ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)
Kaeryangppong	576	330	838
Cheongilppong	553	391	800
Sinilppong	598	239	794
Suseongppong	713	608	606
Sugeppong	469	224	803
Shingwangppong	588	239	303
Cheongunppong	439	370	314
Milseongppong	651	389	420
Sangilppong	500	455	583
Daeroukppong	584	559	363
Suwonppong	550	109	336
Yongcheonppong	296	567	101
Keomseolppong	283	527	460
Subongppong	191	419	417
Cheongolppong	126	249	223
Hongolppong	341	580	371

Table 4. Comparison of resveratrol contents according to storage temperature after collecting the mulberry leaves.

Collecting times Storage temperature	Spring ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)			Autumn ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)			
	5-leaf stage	The middle of May	The latter ten days of May	The middle of June	The middle of August	The middle of September	The middle of October
Shade	150	161	376	658	1,030	512	480
-70°C	118	28	137	103	553	391	800

으로 매우 높으므로 기능성 화장품 등에 첨가물로 사용하고 자 할 때 레스베라트롤을 추출하기 위한 재료로서 이 시기의 뽕잎을 이용한다면 자연 낙엽 또는 폐기물로 버려질 수 있는 뽕잎을 새로운 용도로 개발하여 농가소득은 물론 부가가치를 올릴 수 있으므로 그 활용 가능성은 매우 클 것이다. 따라서 산업체 등과 공동으로 활용방안을 적극 모색하는 태도가 요구되어진다. 또한 '신일뽕', '수성뽕' 및 '상일뽕'의 레스베라트롤 함량도 각각 794 $\mu\text{g}/100\text{ g}$, 606 $\mu\text{g}/100\text{ g}$, 583 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 으로 높으므로 품종 선택시 검토할 만한 것으로 판단되었다.

뽕잎의 수확 후 관리방법에 따른 레스베라트롤 함량 변화
'청일뽕' 품종의 뽕잎 수확 후 관리방법에 따른 레스베라트롤의 함량을 분석한 결과는 표 4와 같다. 그 결과 뽕잎 채

취 후 -70°C의 냉동고에 보관한 후 동결건조하는 방법보다는 수세 후 바로 실온에서 음건하는 경우 뽕잎의 레스베라트롤 함량이 높았다. 특히 8월 하순에 채취하여 음건한 뽕잎의 레스베라트롤 함량은 1,030 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 으로 가장 높았다. 뽕잎을 채취하여 냉동보관 후 동결건조하는 방법은 건조비용 또는 기기비용 등을 부담해야 하므로 일반인이 이용하기에 어려운 점이 있다. 이와 같은 결과는 뽕잎의 레스베라트롤의 기능성을 이용하기 위해서 매우 바람직한 것으로 판단되었다.

뽕잎은 품종과 채취시기에 따라 엽질과 수량은 물론 항산화능 등 기능성에도 큰 차이가 있으므로 뽕잎을 식품 또는 의약품 등의 소재로 이용하고자 할 경우 목적에 따라 각기 적합한 품종과 채취시기를 결정하는 것이 중요하다. 일반적으로 봄뽕이 가을뽕보다 엽질이 좋으며, 어린잎에 비해 성

숙잎(5월 하순~6월 초순에 채취)은 4배 이상 수량이 증가하므로 이 시기의 뽕잎을 이용하는 것이 바람직하다(농촌진흥청 국립농업과학원, 2008). 그러나 향산화능(Kim, 2005)과 레스베라트롤에 대한 기능을 화장품 등의 비식이소재로 이용할 경우에는 가을뽕의 경우 시기가 경과함에 따라 증가하였으므로 10월 중순의 뽕잎을 채취하여 사용하여도 될 것으로 보인다.

적 요

뽕 품종의 육종 효율을 높이는 동시에 뽕잎의 기능성 및 이용성을 증대시키기 위해 품종별·채취시기별로 뽕잎을 채취하여 기능성물질인 레스베라트롤 함량을 분석하였다.

그 결과, 오디에 비해 상당히 낮은 함량을 나타냈으나 레스베라트롤의 주요 공급원으로 알려진 포도 품종과 비교했을 때에는 추기의 뽕잎은 오히려 평균 함량이 4배 높았다.

채취시기별 뽕잎의 평균 레스베라트롤 함량이 있어서는 추기의 뽕잎이 춘기보다 함량이 높았으며, 춘기의 뽕잎은 어린잎보다 성숙잎의 레스베라트롤 함량이 높았다. 즉 춘기 5개엽기 어린잎의 평균 레스베라트롤 함량은 102 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 이었으며 뽕잎의 성숙시기가 경과함에 따라 165, 209, 359 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 으로 증가하였다. 하벌 후 새로 자란 뽕잎을 8월 중순에 채취한 것은 466 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 이었으며, 10월 중순의 뽕잎은 483 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 이었다. 특히 10월 중순에 채취한 뽕잎은 엽질이 매우 거칠기 때문에 직접 식용으로의 이용 가능성은 매우 적으나 ‘개량뽕’, ‘수계뽕’ 및 ‘청일뽕’ 품종의 경우 뽕잎의 레스베라트롤 함량이 각각 838 $\mu\text{g}/100\text{ g}$, 803 $\mu\text{g}/100\text{ g}$, 800 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 으로 매우 높으므로 기능성 화장품 등에 첨가하여 사용하기 위한 레스베라트롤 추출물 등을 위한 시료로서 이용한다면 그 활용 가능성은 매우 클 것으로 판단하였다. 또한 ‘신일뽕’, ‘수성뽕’ 및 ‘상일뽕’의 레스베라트롤 함량도 각각 794 $\mu\text{g}/100\text{ g}$, 606 $\mu\text{g}/100\text{ g}$, 583 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 으로 높았다.

‘청일뽕’ 품종의 뽕잎에 대한 수확 후 관리방법에 따른 레스베라트롤의 함량을 분석한 결과 뽕잎 채취 후 -70°C 에서 냉동, 동결건조하는 방법보다는 수세 후 바로 실온에서 음건하는 경우 뽕잎의 레스베라트롤 함량이 높았다.

사 사

본 연구는 2010년도 농촌진흥청 바이오그린21사업(주관 과제번호 PJ007186) 연구비 지원에 의하여 이루어졌으며, 이에 감사드립니다.

인용문헌

- Arora, M. K. and R. N. Strange. 1991. Phytoalexin accumulation in groundnuts in response to wounding. *Plant Sci.* 78: 157-163.
- Creasy, L. L. and M. Coffee. 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., M. Lepoivre, E. Elleingand, C. Gerez, and O. Guittet. 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., L. Belguendou, and S. Delpal. 1999. Antioxidant activity of resveratrol and alcohol-free wine polyphenols related to LDL oxidation and polyunsaturated fatty acids. *Life Sci.* 64: 2511-2521.
- Ingham, J. L. 1976. 3,5,4'-Trihydroxystilbene as a phytoalexin from groundnuts (*Arachis hypogaea*). *Phytochemistry.* 15: 1791-1793.
- Jeandel, P., R. Bessis, and B. Gautheron. 1991. The production of resveratrol (3,5,4'-trihydroxystilbene) by grape berries in different developmental stages. *Am. J. Enol. Vitic.* 41: 41-46.
- 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.
- Kim, D. J., S. G. Kim, M. H. Kim, H. B. Lee, and J. S. Lee. 2003. Analysis of trans-Resveratrol Contents of Grape and Grape Products Consumed in Korea. *KOREAN J. FOOD SCI. TECHNOL* 35(5): 764-768.
- Kim, H. B. 2005. Anti-oxidative Capacity Analysis of Water-Soluble Substances According to Varieties and Maturity Stages in Mulberry Leaves and Fruits. *Korean J. Seric. Sci.* 47(2): 62-67.
- Kim, H. B., J. B. Kim, and S. L. Kim. 2005. Varietal Analysis and Quantification of Resveratrol in Mulberry Fruits. *Korean J. Seric. Sci.* 47(2): 51-55.
- Kim, H. B. and S. L. Kim. 2003. Identification of C3G (cyanidin-3-glucoside) from Mulberry Fruits and Quantification with Different Varieties. *Korean J. Seric. Sci.* 45(2): 90-95.
- Kim, H. B. and S. L. Kim. 2004. Quantification and Varietal Variation of Rutin in Mulberry Fruits. *Korean J. Seric. Sci.* 46(1): 1-5.
- Kim, H. B., S. L. Kim, G. B. Sung, H. W. Nam, S. J. Chang and J. Y. Moon. 2003. Quantification and Varietal Variation of Fatty Acids in Mulberry Fruits. *Korean J. Seric. Sci.* 45(2): 75-79.
- Kim H. B., S. L. Kim, and S. W. Kang. 2004. Varietal

- Analysis and Quantification of Amino Acid in Mulberry Fruits. *Korean J. Seric. Sci.* 46(2): 47-53.
- Lee, H. S., E. Y. Sur, and W. K. Kim. 2004. Resveratrol Induces Apoptosis in SW480 Human Colon Cancer Cell Lines. *Food Sci. Biotechnol.* 13(1): 80-84.
- MacCarrone, M., T. Lorenzon, P. Guerrieri, and A. F. Agro. 1999. Resveratrol prevents apoptosis in K562 cells by inhibiting lipoxygenase and cyclooxygenase activity. *Eur. J. Biochem.* 265: 37-34.
- Pace-Asciak, C. R., S. E. Hahn, E. P. Diamandis, G. Soleas, and D. M. Goldberg. 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.
- Ragione, F. D., V. Cucciolla, A. Borriello, V. D. Pietra, L. Racioppi, G. Soldati, C. Manna, P. Galletti, and V. Zappia. 1998. Resveratrol arrests the cell division cycle at S/G2 phase transition. *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, Sep. 8; 250(1): 53-58.
- Sanders, T. H. and R. W. McMichael. 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., R. W. McMichael, and K. W. Hendrix. 2000. Occurrence of Resveratrol in Edible Peanuts. *J. Agric. Food Chem.* 48: 1243-1246.
- Sobolev, V. S. and R. J. Cole. 1999. trans-Resveratrol content in commercial peanuts and peanut products. *J. Agric. Food Chem.* 47: 1435-1439.
- Sobolev, V. S., R. J. Cole, J. W. Dorner, and B. Yagen. 1995. Isolation, purification, and liquid chromatographic determination of stilbene phytoalexins in peanuts. *J. Assoc. Off. Anal. Chem. Int.* 78: 1177-1182.
- Subbaramaiah, K., P. Michaluart, W. J. Chung, T. Tanabe, N. Telang, and A. J. Dannenberg. 1999. Resveratrol inhibits cyclooxygenase-2 transcription in human mammary epithelial cell. *Ann. N Y Acad. Sci.* 889: 214-223.
- 농촌진흥청 국립농업과학원. 2008. 2008년도 국립농업과학원 시험연구사업보고서-농업생물연구 I- p.788.