

강원도 일대에서 채취한 야생뽕의 시기별 뽕잎과 오디의 항산화능 분석

김 현 복*
농업과학기술원 농업생물부

Antioxidant Capacity Analysis of Water-Soluble Substances according to Maturity Stages in Yield-type Mulberry Leaves and Fruits Collected from Kang-Won Province

Hyun Bok Kim*

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

ABSTRACT

The antioxidant capacity of yield-type mulberry leaves and fruits (*Morus alba* L., *M. bombycis* Koidz, and *M. Lhou* (Ser.) Koidz) collected from In-je, Won-ju and Yang-yang regions, Kang-won province, Korea, was investigated with minilum L-100 device and ARAW-KIT (anti-radical ability of water-soluble substance), in comparison to the ascorbic acid. The results indicated that total antioxidant capacity of yield-type mulberry leaves was 2711.2 nmol (ascorbic acid equivalents). The highest stage of antioxidant capacity (3587.6 nmol) was opening stage of five leaves in spring. Especially, antioxidant capacity of mulberry leaf collected from In-je region was higher than that of other regions. No. 7 mulberry leaf showed the strongest antioxidant capacity (6184.9 nmol) at opening stage of five leaves in spring. Also, fruit growing condition including fruit size and yield was good, too. Therefore, No. 7 mulberry tree from In-je region, possessed not only high antioxidant capacity but also considerable fruit quality, was selected as potent resource for mulberry breeding and functional material development.

Key words : Mulberry leaves, Fruits, Antioxidant capacity, Ascorbic acid, Yield-type, Resource

서 론

식물이나 식품에 존재하는 각종 phytochemical 중에는 항산화 활성을 가지는 성분이 포함되어 있으며, 특히 과일이나 채소에 다량으로 함유된 천연 항산화 물질들은 산화적 스트레스 수준을 줄일 수 있는 잠재 가능성을 가지고 있기 때문에 많은 관심의 대상이 되고 있다.

항산화 작용의 메커니즘은 free radical 형성에 관여하는 효소를 억제하거나 미량 원소들을 chelation 시킴으로써 반응을 억제하는 작용과 활성산소를 소거하는 작용 및 항산화제의 방어 조절 또는 보호 작용을 포함하며(Halliwell & Gutteridge, 1998), 항산화 활성(antioxidants activity)은 항산화 작용(antioxidants action)의 정도를 측정한다는 의미로써 산화 과정에서 생성된 radical(基) 혹은 중간생성

물의 총량이 항산화제에 의하여 소멸되는 정도를 의미한다(이·박, 2004).

Free radical들은 인체 내에서 생체막에 존재하는 불포화 지방산을 산화시켜 막의 유동성을 저하하고, 효소와 receptor의 활성을 손상시키며, 막 단백질에 상해를 입혀 결국에는 세포의 불활성화를 일으키는 작용을 통하여 노화 및 각종 질병에 관여하는 것으로 알려져 있는데(Dean *et al.*, 1993), 항산화 물질은 유지의 자동산화 과정의 연쇄반응을 억제하는 radical scavenger나 금속이온 킬레이트 또는 LDL 산화에 의한 동맥경화, 심장병 예방, 노화 억제 등의 다양한 효과가 있는 것으로 보고되었다(Manach *et al.*, 1998; Rice-Evans *et al.*, 1996).

따라서 천연 식품소재에 함유된 항산화 활성 물질을 포함한 기능성 물질을 규명함으로써 보다 부가가치가 높은

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

식품소재 및 식품으로 제공하고자 하는 연구가 국내·외에서 활발히 진행되고 있으며(Hassimotto *et al.*, 2005; Kuo *et al.*, 1999, 1998a, 1998b; Wu *et al.*, 1998; Yeh & Kuo, 1998, 1997; 장 등, 2005; 이 등, 2005; 황 등, 2004; 김 등, 2004; 박·오, 2003; 신, 2003; 윤 등, 2002; 장·한, 2002), 누에의 먹이인 뽕잎에 함유된 많은 phytochemical이 인체에 기능성 물질로 이용될 수 있음이 보고됨에 따라 뽕잎 뿐만 아니라 뿌리, 줄기 껍질, 상백피 및 오디에서 분리한 물질, 추출물 및 부가 생성물의 항산화 활성에 대한 연구 결과도 보고 되었다(Hassimotto *et al.*, 2005; Zaderowski *et al.*, 2005; Tewari *et al.*, 2005; El-Beshbishy *et al.*, 2005; Chen *et al.*, 2005; Dai *et al.*, 2004a, 2004b, 2004c; Andallu & Varadacharyulu, 2003; Lorenz *et al.*, 2003; Chung *et al.*, 2003; Oh *et al.*, 2002; Sharma *et al.*, 2001; Yen *et al.*, 1996;尹·李, 1995).

그러나 대부분의 경우 뽕나무의 품종이나 환경적인 차이를 고려하지 않았을 뿐 아니라 야생 뽕나무의 유전자원에 대한 연구는 야생뽕의 형태학적 특성 및 오디의 효능(김 등, 2002)에 대해 보고된 정도로 극히 적다. 현재 세계적으로 생물다양성에 대한 인식이 새롭게 부각되고 있으며 유전자원 수집, 보존 및 이용 기술은 또 하나의 국가 경쟁력으로 작용하고 있다고 해도 과언이 아니다. 따라서 본 연구는 야생 뽕나무의 자원화 및 이용기술을 개발하기 위해 강원도 원주, 인제, 양양 3개 지역에서 성숙 단계별로 채취한 야생 뽕나무를 대상으로 형태적 특성 및 뽕잎과 오디의 항산화능을 비교분석 하였으며, 뽕육종 및 이용 효율이 높은 자원을 선별하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 공시재료

야생 뽕나무의 항산화능(antioxidant capacity)을 분석하기 위해 강원도 원주시 호저면(No. 1~3), 인제군(No. 4~7), 양양군(No. 8~10) 3개 지역에서 각각의 뽕나무를 선정 후 표식 카드(labeling card)를 부착하였다. 표식 카드가 부착된 뽕나무를 대상으로 시기별(춘기 4회, 추기 3회)로 총 7회 채취하였다. 즉 춘기에는 5개엽기인 2005년 5월 9일을 시작으로 5월 23일, 6월 7일 및 6월 20일에 걸쳐 2주 간격으로 채취하였으며, 추기에는 9월 5일, 9월 20일 및 경화 직전인 10월 4일에 채취하였다. 단, 인제군의 야생뽕은 10월 4일에 이미 경화가 시작되어 시료 채취를 할 수 없었다.

오디가 결실된 야생 뽕나무에 대해서는 오디와 뽕잎을 분리하여 각각 채취하였다. 채취한 뽕잎 또는 오디는 -20°C 에 보관한 후 냉동건조(iShin Lab Co., Ltd) 하였으며, 분석을 위해 분말로 제조하였다.

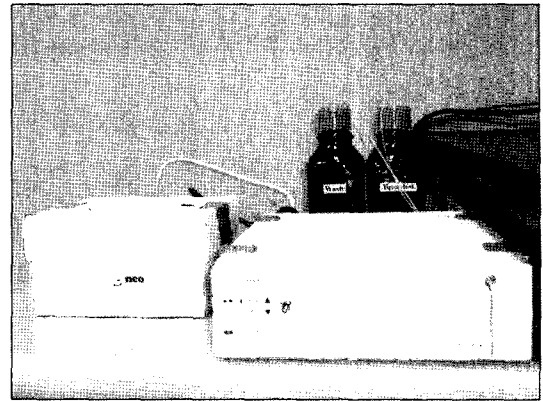


Fig. 1. Anti-oxidative capacity measuring device (minilum L-100) and ARAW-KIT.

2. 시료 전처리

냉동건조한 분말시료 각 0.1 g에 80% MeOH 10 ml을 가하여 30초간 vortex mixing 한 후 filter paper(No. 6)로 여과하였다. 여과액 1 ml을 취해 원심분리(12,000 rpm, 4°C , 15 min.) 하였으며, 상등액을 sample solution으로 하였다.

3. 항산화능 분석

야생 뽕나무의 뽕잎과 오디에 대한 항산화능 분석은 항산화능 측정장치(minilum L-100, ABCD GmbH) 및 ARAW-KIT(anti-radical ability of water-soluble substance)를 사용하였다(그림 1). Ascorbic acid를 표준물질로 사용하여 0, 10, 20, 40, 50 μl 에 대한 calibration curve를 작성하였으며, TIC(thermo-initiated chemiluminescence) 방법에 따라 ARAW-KIT ampule에 시료 희석액 10 μl 와 buffer 1.5 ml를 가한 즉시 37°C 의 항산화 측정 장치에 주입하여 반응시켰다. PC에 연결된 Oxida-Q program으로 시료의 항산화능을 분석하였으며, 시료 희석액 주입 후 항산화능 분석에 소요되는 시간은 5분이었다. 시료의 항산화능은 ascorbic acid의 농도(nmol)로 환산하여 표시하였다. 항산화능 측정 장치의 기기구성 및 측정원리는 그림 2 및 3과 같다.

결과 및 고찰

1. 지역별 야생뽕의 형태학적 특성

강원도 원주시, 인제군 및 양양군 3개 지역에서 채취한 야생뽕의 형태학적 특성을 조사한 결과, 각각 백상형(*Morus alba* L.), 산상형(*Morus bombycis* Koidz) 및 노상형(*Morus Lhou*(Ser.) Koidz)의 뽕나무로 분류되었다. 강원도 원주시 호저면의 그늘진 산등성이에서 채취한 야생뽕(No. 1~3)은 백상형의 특징을 나타냈다. 즉 가지가 가늘고 희색 또는 회갈색을 띠며, 잎면은 대개 매끄러우며, 광택이 있는 것

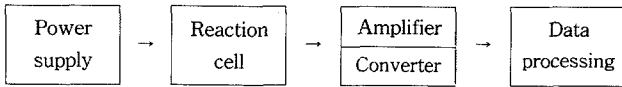


Fig. 2. Schematic diagram of measuring device (minilum L-100) for anti-oxidative capacity.

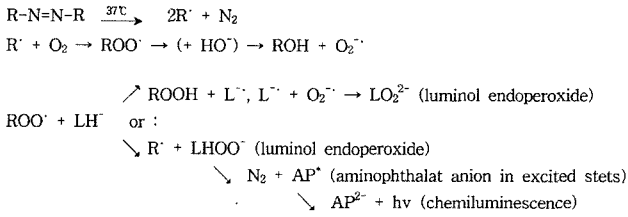


Fig. 3. Measuring principle of anti-oxidative capacity with minilum L-100.

과 없는 것이 있고, 등근 잎 또는 갈래 잎으로서 개량뽕, 용천뽕, 수원뽕, 청일뽕 등의 장려품종이 백상형에 속한다.

일반적으로 발아가 빠르고 겨울눈이 크며, 나무껍질이 꺼칠꺼칠하고 적갈색을 띠는 산상형의 뽕나무는 내동성이 비교적 강하고 함경북도에서 제주도에 이르기까지 우리나라 전역에 걸쳐 자생하고 있는데, 인제군에서 채취한 야생뽕(No. 4-6)은 전나무 숲림의 생육조건이 불리한 환경에서 자라고 있었으며, 잎과 오디 모두 매우 작고 광택이 없었으며, 경화가 빠른 산상형의 특징을 나타냈다(그림 4). 양지의 산등성이에서 자란 대형 교목으로부터 채취한 야생뽕(No. 7)도 적갈색의 산상형 특징을 갖고 있었으나 잎이 조금 크며 광택이 있고 오디결실 상태는 양호한 반면 병해에 약한 것으로 판단되었다. 장려 품종 중 검설뽕은 산상형에 속한다.

양양군 손양면 수산항에서 채취한 야생뽕(No. 8-10)은 바닷가의 발둑에서 자라고 있었으며, 잎이 크고 광택이 있었으며, 오디결실 상태는 양호하고 가지는 굵고 발조수

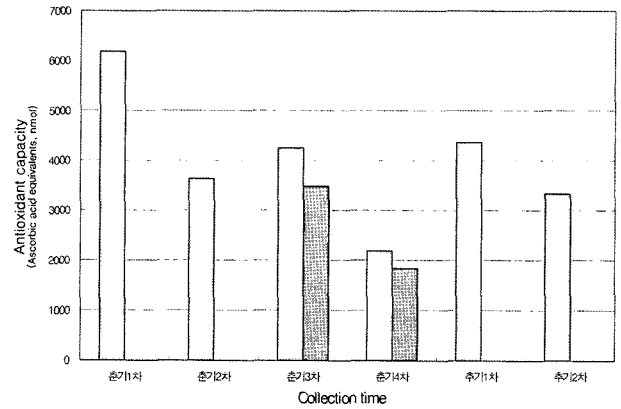


Fig. 5. Antioxidant capacity of yield type mulberry according to maturity stage.

가 적은 노상형의 특징을 가지고 있었다(그림 4). 노상, 당상, 국상21호 등의 재배 품종이 노상형에 속한다.

2. 야생 뽕의 항산화능 분석

강원도 원주, 인제 및 양양 지역에서 자생하고 있는 야생 뽕나무의 뽕잎에 대한 전체적인 항산화능을 분석한 결과는 그림 5와 같다. 봄 뽕의 경우 5개엽기의 어린 뽕잎의 항산화능이 3587.6 nmol로 가장 높았으며, 시기가 경과함에 따라 뽕잎의 항산화능은 점차 감소하는 경향이 있었다. 일반적으로 누에 사육을 위한 뽕나무 재배의 경우 가을 누에의 먹이 공급을 위해 하벌(夏伐)을 하게 되며, 이 경우 뽕잎의 항산화능은 하벌 후 새로 나온 뽕잎의 성숙도에 따라 다시 증가하는 경향이 있었지만, 야생뽕의 경우 춘기 오디의 결실 및 성숙기에 따라 각각 증가, 감소했던 뽕잎의 항산화능은 성숙기 이후 다시 높아졌으며, 추기에 시기가 경과함에 따라 뽕잎이 경화되기 직전까지 항산화능이 다시 감소하는 것으로 나타났다.



In-je

Yang-yang

Fig. 4. Mulberry trees collected from In-je and Yang-yang regions.

Table 1. Antioxidant capacity according to maturity stages in yield type-mulberry leaves

(Ascorbic acid equivalents, nmol)

Maturity stage	Spring				Autumn			
	I*	II	III**	IV	I	II	III***	
Won-ju	No. 1	3202.5	2146.4	1753.7	3075.2	2916.6	2143.2	2974.9
	No. 2	2352.4	2048.2	2040.7	2472.2	2139.9	2063.3	1681.5
	No. 3	2994.3	3006.2	2815.2	1952.2	3464.6	2724.6	2319.0
In-je	No. 4	2816.3	2055.8	3247.8	2821.7	3029.9	1813.1	-****
	No. 5	3640.5	2786.1	3005.1	2307.1	2932.8	671.7	-
	No. 6	3939.3	2507.8	2165.8	2357.8	2994.3	398.8	-
	No. 7	6184.9	3640.5	4246.7	2191.7	4358.9	3331.9	-
Yang-yang	No. 8	4098.9	2611.3	3183.1	2741.9	2753.7	2467.9	1915.5
	No. 9	3667.4	2727.8	3847.6	3583.3	2369.7	1895.0	1569.3
	No. 10	2979.2	3124.8	2714.9	2753.7	2544.4	1323.3	1601.6

*: opening stage of five leaves, **: just before the coloration stage with anthocyanin in fruits, ***: just before fallen leaves stage, ****: Not detected.

Table 2. Antioxidant capacity of yield type-mulberry fruits

(Ascorbic acid equivalents, nmol)

Maturity stage	Won-ju		In-je		Yang-yang	
	No. 1	No. 2	No. 5	No. 7	No. 8	No. 10
Spring III*	1173.4	2622.1	1430.1	3485.1	1329.8	2178.8
Spring IV	**	1972.7	1498.1	1842.2	1994.3	2501.3

*: just before the coloration stage with anthocyanin in fruits, **: Not detected.

그러나 시기에 따른 야생 뽕나무의 항산화능을 살펴보면, 개체마다 각각의 특성을 나타냈다(표 1). 인제에서 채취한 산상형의 No. 7 개체의 항산화능은 춘기 어린 잎(5개엽기 기준)의 항산화능 뿐만 아니라 춘기 4차(오디 성숙기) 시기를 제외한 전 채취 구간에서 항산화능이 다른 개체보다 높았다. 특히 춘기 어린 잎의 항산화능이 6184.9 nmol로 가장 높았으며, 평균 항산화능 값에 비해 1.7배 높았다. 반면, 원주에서 채취한 백상형의 No. 2 개체는 춘기 어린 잎의 항산화능이 2352.4 nmol로 가장 낮았으며, 전체적인 항산화능에 있어서도 가장 낮은 값을 나타냈다. 춘기 3차 야생 뽕잎의 경우 인제에서 채취한 야생 뽕나무들은 다른 지역에 비해 뽕잎의 경화 속도가 빨라 항산화능 분석을 할 수 없었으며, 또한 No. 5 및 No. 6 개체의 경우 춘기 2차 채취 시기의 항산화능도 현저히 낮은 값으로 나타나 이 시기에 이미 경화가 시작된 것으로 판단되었다. 따라서 야생 뽕나무의 시료 분석시 시료 채취 시기의 조절이 필요할 것으로 보인다.

3. 오디 결실 뽕나무의 뽕잎과 오디에 대한 항산화능 비교

No 1, 2, 5, 7, 8, 10 개체 뽕나무는 오디가 결실되었으나 오디의 수량성 및 크기 등 착과상태를 고려하여 이용 가치가 있을 것으로 예상되는 개체는 No 7, 8, 10이었다. No. 7 개체의 오디는 안토시아닌 색소가 착색되기 직전(춘기 3차 채취)의 항산화능이 3485.1 nmol로 No. 7 개체의 뽕잎(4246.7 nmol)보다는 낮았지만 공시된 전체 야생 뽕나무의 뽕잎의 평균 항산화능(2902.1 nmol)보다 높은 값을 나타냈다. 노상형의 특징을 갖고 있는 No. 8 및 No. 10 개체의 오디는 안토시아닌 색소가 착색되기 직전인 춘기 3차 시기보다 오디의 성숙기인 춘기 4차 시기의 항산화능이 높았다(표 2).

이상에서 산상형의 특징을 갖는 인제 No. 7 개체 뽕나무는 뽕잎의 항산화능이 높을 뿐만 아니라 뽕나무의 생육 상태 및 오디의 결실 상태도 양호했으므로 기능성 및 오디생산용 육종 유전자원으로 이용할 가치가 있는 것으로

로 판단되었다. 또한 양양에서 채취한 No. 8~10 개체 뽕나무는 엽질 또는 오디의 생육이 양호하였으므로 이 중 오디가 결실되지 않는 No. 9 개체 뽕나무는 누에사료용 뽕 육성에 적합할 것으로 보이며, No. 8 및 No. 10 개체 뽕나무는 오디 생산을 위한 새로운 유전자원으로 이용할 수 있을 것으로 보인다.

적 요

야생 뽕나무의 자원화 및 이용기술을 개발하기 위해 강원도 원주, 인제, 양양 3개 지역에서 성숙 단계별로 채취한 야생 뽕나무를 대상으로 뽕잎과 오디의 항산화능을 비교분석 하였다. 항산화능 측정장치(munilum L-100, ABCD GmbH) 및 ARAW-KIT(anti-radical ability of water-soluble substance)를 사용하였으며, ascorbic acid를 표준물질로 사용하여 calibration curve를 작성하였다.

각각의 지역에서 채취한 야생뽕의 형태학적 특성을 조사한 결과, 원주 지역 채집 개체는 백상형(*Morus alba* L.), 인제 지역 채집 개체는 산상형(*Morus bombycis* Koidz) 및 양양 지역 채집 개체는 노상형(*Morus Lhou* (Ser.) Koidz)의 뽕나무로 분류되었다.

강원도 원주, 인제 및 양양 지역에서 자생하고 있는 야생 뽕나무의 뽕잎에 대한 전체적인 항산화능을 분석한 결과 춘기 5개엽기의 어린 뽕잎의 항산화능이 가장 높았으며, 시기가 경과함에 따라 뽕잎의 항산화능은 점차 감소하는 경향이었다. 그러나 개체마다 각각의 특성을 나타냈다.

오디가 결실된 야생 뽕나무 중 오디의 수량성 및 크기 등 착과상태를 고려하여 이용가치가 있을 것으로 예상되는 개체는 No 7, 8, 10이었다. 산상형의 특징을 갖는 No. 7 개체 뽕나무는 뽕잎의 항산화능이 높을 뿐만 아니라 뽕나무의 생육 상태 및 오디의 결실 상태도 양호했으므로 기능성 및 오디생산용 육종 유전자원으로 이용할 가치가 있는 것으로 판단되었으며, No. 8 및 No. 10 개체 뽕나무는 오디 생산을 위한 유전자원으로 이용할 수 있을 것으로 보인다.

이용문헌

- Andallu, B and Varadacharyulu, N. C. (2003) Antioxidant role of mulberry (*Morus indica* L. cv. Anantha) leaves in streptozotocin-diabetic rats. *Clinica Chimica Acta*. **338**: 3~10.
- Chen, P. N., Chu, S. C., Chiou, H. L., Kuo, W. H., Chiang, C. L and Hsieh, Y. S. (2005) Mulberry anthocyanins, cyanidin 3-rutinoside and cyanidin 3-glucoside, exhibited an inhibitory effect on the migration and invasion of a human lung cancer cell line. *Cancer Lett.* Jun **21**: 1~12.
- Chung, K. O., Kim, B. Y., Lee, M. H., Kim, Y. R., Chung, H. Y., Park, J. H and Moon, J. O. (2003) In-vitro and in-vivo anti-inflammatory effect of oxyresveratrol from *Morus alba* L. *J. Pharm Pharmacol.* **55**(12): 1695~1700.
- Dai, S. J., Ma, Z. B., Wu, Y., Chen, R. Y and Yu, D. Q. (2004a) Guangsangons F-J, anti-oxidant and anti-inflammatory Diels-Alder type adducts, from *Morus macroura* Miq. *Phytochemistry* **65**: 3135~3141.
- Dai, S. J., Mi, Z. M., Ma, Z. B., Li, S., Chen, R. Y and Yu, D. Q. (2004b) Bioactive diels-alder type adducts from the stem bark of *Morus macroura*. *Planta Med.* **70**(8): 758~763.
- Dai, S. J., Wu, Y., Wang, Y. H., He, W. Y., Chen, R. Y and Yu, D. Q. (2004c) New Diels-Alder Type Adducts from *Morus macroura* and Their Anti-oxidant Activities. *Chem. Pharm. Bull.* **52**(10): 1190~1193.
- Dean, R. T., Gieseg and Davies, M. J. (1993) Reactive species and their accumulation on radical damaged proteins. *Trends Biochem. Sci.* **18**: 437~441.
- El-Beshbishy, H. A., Singag, A. N. B., Sinkkonen, J and Pihlaja. K. (2005) Hypolipidemic and antioxidant effects of *Morus alba* L. (Egyptian mulberry) root bark fractions supplementation in cholesterol-fed rats. *Life Sci.* Nov 24.
- Halliwell, B and Gutteridge, J. M. C. (1998) In Free Radicals in Biology and Medicine. Oxford University Press. Oxford, U.K.
- Hassimotto, N. M. A., Genovese, M. I and Lajolo, F. M. (2005) Antioxidant Activity of Dietary Fruits, Vegetables, and Commercial Frozen Fruit Pulp. *J. Agric. Food Chem.* **53**: 2928~2935.
- 황자영, 함재용, 남성희(2004) 매실(*Prinus mume*)의 항산화성. *한국식품과학회지* **36**(3): 461~464.
- 장혜원, 이화정, 이광근(2005) 한국 식품재료로 상용되는 식물로부터 분리한 향기추출물의 항산화능 탐색. *한국식품과학회지* **37**(5): 729~729.
- 장재권, 한지영(2002) 포도씨 추출물의 항산화성. *한국식품과학회지* **34**(3): 524~528.
- 김은영, 백인희, 김정현, 김성란, 류미라(2004) 항산화활성을 나타내는 약용식물 소재 탐색. *한국식품과학회지* **36**(2): 333~338.
- 김현복, 박광준, 석영식, 김선림, 성규병, 남학우, 문재유(2002) 횡성군 일대에서 채취한 야생뽕의 형태학적 특성 및 오디의 효능. *한삼학지* **44**(1): 4~8.
- Kuo, J. M., Wu, H. C., Chu, H. L., Hwang, A and Yeh, D. B. (1998a) Antioxidative activity of jasmine and *Lycium Chinense* Mill. *Ann. Meet. Chinese Agric. Chem. Soc.* Abstract C-23.
- Kuo, J. M., Yeh, D. B and Hwang, A. (1998b) A rapid photometric assay for determining antioxidative activity. *IFT Annu. Meet.* Abstract 72A-1.
- Kuo, J. M., Yeh, D. B and Pan, B. S. (1999) Rapid Photometric Assay Evaluating Antioxidative Activity in Edible Plant Material. *J. Agric. Food Chem.* **47**: 3206~3209.
- 이준설, 박양균(2004) 작물의 유용성분 분석 및 평가. 제2부 생리활성 측정. 항산화 활성 측정법. *한국작물학회·작물과학원*. 179~186.
- 이경석, 오창석, 이기영(2005) 천년초 선인장 추출물의 항산화 효과. *한국식품과학회지* **37**(3): 474~478.
- Lorenz P., Roychowdhury, S., Engelmann, M., Wolf, G and Horn, T. F. W. (2003) Oxyresveratrol and resveratrol are potent

- antioxidants and free radical scavengers: effect on nitrosative and oxidative stress derived from microglial cells. *Nitric Oxide*. **9**: 64~76.
- Manach, C., Morand, C., Crespy, V., Demigne, C., Texier, O., Regerat, F and Remesy, C. (1998) Quercetin is recovered in human plasma as conjugated derivative which retain antioxidant properties. *FEBS Lett.* **426**: 331~336.
- Oh, H. C., Ko, E. K., Jun, J. Y., Oh, M. H., Park, S. U., Kang, K. H., Lee, H. S and Kim, Y. C. (2002) Hepatoprotective and Free Radical Scavenging Activities of Prenylflavonoids, Coumarin, and Stilbene from *Morus abla*. *Planta Med.* **68**: 932~934.
- 박성진, 오덕환(2003) 거봉 포도 종자 및 과피 추출물의 항산화 활성. *한국식품과학회지* **35**(1): 121~124.
- Rice-Evans, C. A., Miller, N. J and Paganga, G. (1996) Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acid. *Free Radic. Biol. Med.* **20**: 933~956.
- Sharma, R., Sharma, A., Shono, T., Takasugi, M., Shirata, A., Fujimura, T and Machii, H. (2001) Mulberry Moracins: Scavengers of UV Stress-generated Free Radicals. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* **65**(6): 1402~1405.
- 신동화 (2003) 천연물로부터 항균 및 항산화 물질의 탐색과 이용. *Food Science and Industry* **36**(3): 81~89.
- Tewari, R. K., Kumar, P and Sharma P. N. (2005) Antioxidant responses to enhanced generation of superoxide anion radical and hydrogen peroxide in the copper-stressed-mulberry plants. *Planta*. **15**: 1~9.
- Wu, H. C., Chu, H. L., Kuo, J. M and Yeh, D. B. (1998) Antioxidative activity of citrus peel. *J. Chinese Agric. Chem. Soc.*
- 윤 인, 조정용, 국주희, 위지향, 장미영, 안태희, 박근형(2002) 복분자에 함유된 항산화물질의 동정 및 활성. *한국식품과학회지* **34**(5): 898~904.
- 尹聖重, 李杭周(1995) 蠶桑產物中 藥理成分 實用化 研究 1. 鞣質中 Flavonol Glycoside 成分의 品種 및 季節的 含量 變化. *農業 論文集*(‘94博士後 研修過程) **37**: 201~205.
- Yeh, D. B and Kuo, J. M. (1997) Antioxidant activity of industrial wastes tea leaves. Presented at the 88th AOCS Annual Meeting on Lipid Oxidation and Quality Section.
- Yeh, D. B and Kuo, J. M. (1998) Analysis of catechins and caffeine contents in commercial tea drinks. *J. Food Drug Anal.* **6**: 447~454.
- Yen G. C., Wu, S. C and Duh, P. D. (1996) Extraction and Identification of Antioxidant Components from the Leaves of Mulberry (*Morus alba* L.) *J. Agric. Food Chem.* **44**: 1687~1690.
- Zadernowski, R., Naczek, M and Nesterowicz, J. (2005) Phenolic Acid Profiles in Some Small Berries. *J. Agric. Food Chem.* **53**: 2118~2124.