韓蠶學誌 47(2), 62~67 (2005)
Korean J. Seric. Sci.
<論 文>

뽕나무 품종별 · 시기별 뽕잎과 오디의 항산화능 분석

김 현 복*
농업과학기술원 농업생물부

Anti-oxidative Capacity Analysis of Water-Soluble Substances According to Varieties and Maturity Stages in Mulberry Leaves and Fruits

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

ABSTRACT

Much attention has been focused on the activity of the natural antioxidants present in fruits and vegetables, because potentially these components may reduce the level of oxidative stress. Especially, mulberry leaves containing many natural components are considerable resource for natural antioxidants. The antioxidant capacity of mulberry leaves was investigated with minilum L-100 device and ARAW-KIT (anti-radical ability of water-soluble substance), in comparison to the ascorbic acid. The appropriate conditions for pre-treatments of mulberry leaves were 80% MeOH, 30 sec. vortex mixing. The antioxidant capacity of 16 varieties was 3303.4 nmol (ascorbic acid equivalents) at opening stage of five leaves in spring. The highest stage of antioxidant capacity (3708.0 nmol) and yield rate was just before the coloration stage with anthocyanin in fruits, whereas the lowest stage was middle of June (2231.6 nmol) and about two months growing stage after summer pruning (2064.6 nmol). But after summer pruning, the antioxidant capacity of mulberry leaves increased gradually until just before fallen leaves stage.

Key words : Mulberry leaves, Fruits, Antioxidant capacity, Ascorbic acid, Variety, Maturity stage

서 론

Halliwell & Gutteridge(1998)에 의하면 항산화 작용의 메카니즘은 free radical 형성에 관여하는 효소를 억제하거나 미량 원소들을 chelation 시킴으로써 반응을 억제하는 작용과 활성산소를 소거하는 작용 및 항산화제의 방어 조절 또는 보호 작용을 포함한다.

항산화 반응은 문헌에 따라 antioxidants power, antioxidants effectiveness, antioxidants ability, antioxidants activity, antioxidants capacity 등으로 표현되는데, 이중 항산화 활성(antioxidants activity)은 항산화 작용(antioxidants action)의 정도를 측정한다는 의미로써 산화 과정에서 생성된 radical(基) 혹은 중간생성물의 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 보고됨에 따라(Manach *et al.*, 1998; Rice-Evans *et al.*, 1996), 천연 식품소재에 함유된 항산화 활성 물질을 포함한 기능성 물질을 규명함으로써 보다 부가가치가 높은 식품소재 및 식품으로 제공하고자 하는 연구가 국내 · 외에서 활발히 진행되고 있다(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·

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

오, 2003; 신, 2003; 윤 등, 2002; 장 · 한, 2002).

식물이나 식품에는 페놀성 화합물, 비타민 등 항산화 활성을 가지는 각종 phytochemical이 다양하게 함유되어 있다. 식물계에 널리 분포되고 있는 페놀화합물은 phenolic hydroxyl group을 가지고 있어 단백질 또는 효소단백질, 기타 2가 금속이온 및 거대분자들과 결합하는 성질을 가지며, 항산화 및 항미생물 효과를 나타낸다. 특히 과일이나 채소에 다량으로 함유된 천연 항산화 물질들은 산화적 스트레스 수준을 줄일 수 있는 잠재 가능성을 가지고 있기 때문에 많은 관심이 집중되고 있다.

이러한 점에서 뽕잎 또한 예외일 수 없다. 지금까지 많은 기능성 물질이 규명 되었으며, 뽕잎뿐만 아니라 뿌리, 줄기 껍질, 상백피 및 오디에서 분리한 물질이나 추출물 또는 부가 생성물을 이용하여 *in vitro* 또는 *in vivo test*를 수행함으로써 항산화 활성에 대한 연구 결과를 보고 하였다(Hassimotto *et al.*, 2005; Zadernowski *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 분석 또는 실험에 많은 시간이 소요되었으며, 뽕나무의 품종이나 환경적인 차이를 고려하지 않았다. 따라서 본 연구는 실험방법이 간단하고 분석에 걸리는 시간이 매우 짧은 장점을 가지고 있는 chemiluminescence analysis 방법을 사용하여 품종별 및 시기별 뽕잎의 항산화능 변화 양상을 구명함으로써 뽕 품종 육성은 물론 뽕나무 유전자원의 이용 효율을 높이고자 하였다.

재료 및 방법

1. 공시재료

본 시험에 공시한 품종은 오디가 결실되는 개량뽕, 청일뽕, 신광뽕, 밀성뽕, 상일뽕, 대륙뽕, 수원뽕, 검설뽕 및 청올뽕 9품종과 오디가 결실되지 않는 신일뽕, 수성뽕, 수계뽕, 청운뽕, 용천뽕, 수봉뽕 및 홍올뽕 7품종을 포함하여 모두 16종의 장려뽕 품종으로서 농업과학기술원 농업생물부 유전자원 보존용 시험포장(수원시 권선구 서둔동 소재)에서 채취하였다(표 1). 오디가 결실된 품종에 대해서는 오디와 뽕잎을 분리하여 각각 채취하였다.

항산화능을 비교하기 위해 각각의 품종은 시기별(춘기 4회, 추기 3회)로 총 7회 채취하였다. 즉 춘기에는 5개엽기인 2005년 5월 3일을 시작으로 5월 17일, 5월 31일 및 6월 14일에 걸쳐 2주 간격으로 채취하였으며, 추기에는 하벌 후 새로 자란 뽕잎을 8월 16일, 9월 15일 및 경화 직전인 10월 17일에 1달 간격으로 채취하였다.

채취한 뽕잎 또는 오디는 즉시 실온, -20°C 및 -70°C로 보관 온도를 달리하여 보관하였으며, 음건 또는 냉동건조(ilShin Lab Co., Ltd)하여 분말로 제조하였다.

2. 시료 전처리

음건 또는 냉동건조 분말시료 각 0.1 g에 H_2O, 80% MeOH 및 80% EtOH 10 m*l*을 가하여 30초간 vortex mixing 또는 1 hr. sonication 시킨 후 filter paper(No. 6)로 여과하였다. 여과액 1 m*l*을 취해 원심분리(12,000 rpm, 4°C, 15 min.)하였으며, 상등액을 sample solution으로 하였다.

3. 항산화능 분석

장려뽕 품종에 대한 뽕잎과 오디의 항산화능 분석은 항산화능 측정장치(munilum L-100, ABCD GmbH) 및 ARAW-KIT(anti-radical ability of water-soluble substance)를 사용하였다. Ascorbic acid를 표준물질로 사용하여 0, 10, 20, 40, 50 μ*l*에 대한 calibration curve를 작성하였으며, TIC (thermo-initiated chemiluminescence) 방법에 따라 ARAW-KIT ample에 시료 희석액 10 μ*l*와 buffer 1.5 m*l*를 가한 즉시 37°C의 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 측정장치의 기기구성 및 측정원리는 그림 1 및 2와 같다.

Table 1. Mulberry varieties for anti-oxidative capacity analysis

Varieties			
Kaeryangppong*	Sugeppong	Sangilppong*	Keomseolppong*
Cheongilppong*	Shingwangppong*	Daeroukppong*	Subongppong
Sinilppong	Cheongunppong	Suwonppong*	Cheongolppong*
Suseongppong	Milseongppong*	Yongcheonppong	Hongolppong

*: Variety tested mulberry leaf and fruit, respectively.

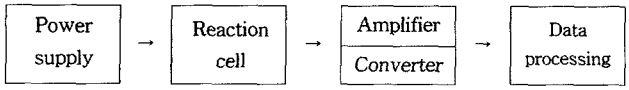


Fig. 1. Schematic diagram of measuring device (*minilum* L-100) for anti-oxidative capacity.

$$R\text{-}N{=}N\text{-}R \xrightarrow{37^{\circ}C} 2R^{\cdot} + N_2$$

$$R^{\cdot} + O_2 \rightarrow ROO^{\cdot} \rightarrow (+ HO^{-}) \rightarrow ROH + O_2^{\cdot-}$$

$$ROO^{\cdot} + LH^{-} \begin{cases} \nearrow ROOH + L^{\cdot-},\ L^{\cdot-} + O_2^{\cdot-} \rightarrow LO_2^{2-} \text{ (luminol endoperoxide)} \\ \text{or :} \\ \searrow R^{\cdot} + LHOO^{-} \text{ (luminol endoperoxide)} \end{cases}$$

$$\searrow N_2 + AP^{*} \text{ (aminophthalat anion in excited stets)}$$

$$\searrow AP^{2-} + h\nu \text{ (chemiluminescence)}$$

Fig. 2. Measuring principle of anti-oxidative capacity with minilum *L-100*.

결과 및 고찰

1. 전처리 조건에 따른 항산화능 비교 분석

추출용매(H_2O, 80% MeOH 및 80% EtOH)와 추출 방법(30 sec. vortex mixing, 1 hr. sonication)에 따라 뽕잎의 항산화능을 비교한 결과, 물 추출의 경우 추출방법에 상관없이 80% MeOH 또는 80% EtOH에 비해 항산화능이 낮았다. 6처리 중 80% EtOH로 30 sec. vortex mixing 추출하는 방법이 가장 높은 항산화 활성을 나타냈으나 1 hr. sonication 추출시에는 다소 낮은 활성을 나타냈다. 그러나 80% MeOH로 추출하는 경우에는 추출 방법에 상관없이 안정적인 항산화 활성을 나타냈으므로 항산화능과 분석에 소요되는 전처리 시간을 고려하여 80% MeOH, 30 sec. vortex mixing 방법을 기준 전처리 방법으로 하였다(표 2). 따라서 품종별 뽕잎 또는 오디의 항산화능 분석을 위한 시료의 전처리는 이 방법에 준하여 처리하였다.

2. 품종별 뽕잎의 항산화능 변화 유형

16 품종 전체의 뽕잎에 대한 항산화능을 분석한 결과는 표 3과 같다. 5개엽기의 어린 뽕잎의 항산화능은 3303.4 nmol로 높았으며, 오디가 착색되기 직전인 5월 31일에 채취한 뽕잎의 항산화능은 3708.0 nmol으로 최대 값을 나타냈다. 그러나 오디가 성숙함에 따라 뽕잎의 항산화능은 점차 감소하였다. 일반적으로 오디 수확 직후 하벌을 하게 되는데 이 때 새로 자라 나온 뽕잎은 가을 누에의 먹이로 사용된다. 추기 뽕잎의 항산화능 분석을 한 결과, 시기가 경과함에 따라 항산화능도 증가하다가 뽕잎이 경화되기 직전 춘기 어린 잎 정도의 항산화능을 유지하는 것으로 나타났다.

Table 2. Anti-oxidative capacity of mulberry leaf according to pre-treatment condition

(Ascorbic acid equivalents, nmol)

Classification	30 sec. vortex mixing (nmol)	1 hr. sonication (nmol)
H_20 extracts	665.3	777.7
80% MeOH extracts	2949.0	3004.0
80% EtOH extracts	3739.7	2830.7

시기에 따른 품종별 특성을 살펴보면, 춘기 어린 잎(5개엽기 기준)의 항산화능은 홍올뽕(3,838.9 nmol), 청운뽕(3,802.3 nmol), 밀성뽕(3,750.5 nmol), 신일뽕(3,745.1 nmol), 용천뽕(3,610.3 nmol) 순으로 높았으며, 대륙뽕의 항산화능은 2,456.0 nmol로 가장 낮았다. 어린 잎 채취 후 2주 더 자란 뽕잎의 경우 어린 잎의 항산화능에 비해 낮거나 비슷한 정도의 항산화능을 보인 다른 품종과 달리 수성뽕, 수계뽕, 청운뽕, 대륙뽕 및 청올뽕 5품종의 뽕잎은 어린 잎보다 높은 항산화능을 나타냈다. 춘기와 추기를 통합하여 가장 높은 항산화능을 나타낸 5월 하순의 경우, 신일뽕(4,786.1 nmol), 청운뽕(4,775.3 nmol), 수계뽕(4,456.0 nmol) 및 용천뽕(4,395.6 nmol) 4품종의 항산화능이 특히 높았다. 오디의 수확시기인 6월 중순에 채취한 뽕잎의 항산화능에 있어서는 홍올뽕, 용천뽕의 항산화능이 높았다. 추기 1차(8월16일 채취)의 경우 수성뽕의 항산화능이 가장 높았으며, 2차(9월 15일 채취), 3차(10월 17일 채취)의 경우 수계뽕의 항산화능이 가장 높은 것으로 나타났다.

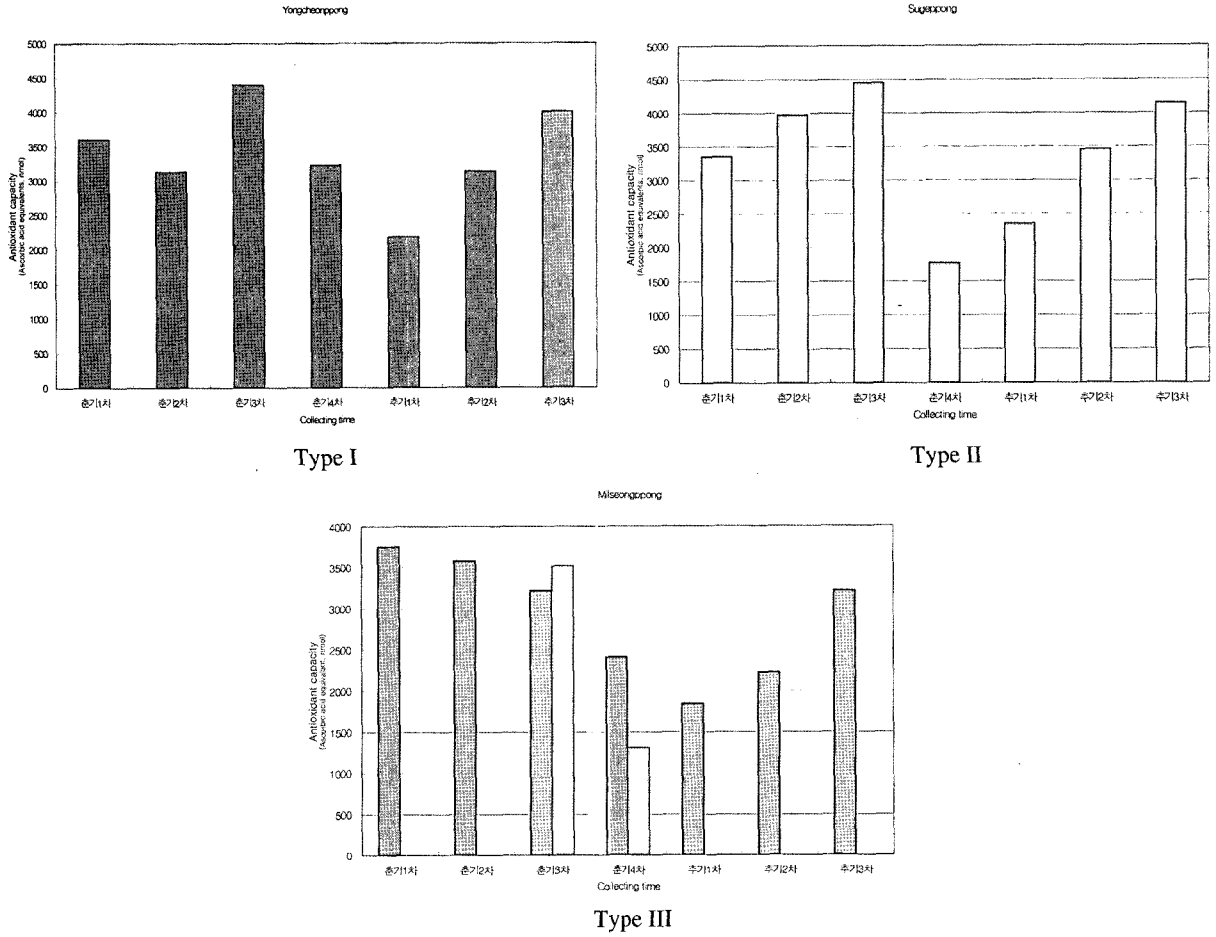
이상에서 품종과 채취시기를 종합하여 뽕잎의 항산화능 유형을 살펴보면 그림 3과 같이 3 그룹으로 분류할 수 있다. 개량뽕, 청일뽕, 신일뽕, 수원뽕, 용천뽕 및 홍올뽕 6품종은 I형에 속하는데, 오디 착색 직전까지 항산화능이 증가하다가 오디가 익었을 때 가장 낮은 항산화능을 보

Table 3. Antioxidant capacity according to maturity stages in mulberry leaves

(Ascorbic acid equivalents, nmol)

Maturity stage	Spring				Autumn		
	I*	II	III**	IV	I	II	III***
Antioxidant capacity	3303.4	3126.1	3708.0	2231.6	2064.6	2672.4	3346.9

*: opening stage of five leaves, **: just before the coloration stage with anthocyanin in fruits, ***: just before fallen leaves stage



Type Ⅰ	Kaeryangppong, Cheongilppong, Sinilppong, Suwonppong, Yongcheonppong, Hongolppong
Type Ⅱ	Suseongppong, Sugeppong, Cheongunppong, Sangilppong, Daeroukppong, Cheongolppong
Type Ⅲ	Shingwangppong, Milseongppong, Keomseolppong, Subongppong

Fig. 3. Distribution type of antioxidant capacity of mulberry leaves according to varieties.

인 후 추기에 점차 증가하는 양상이었다. II형에 속하는 수성뽕, 수계뽕, 청운뽕, 상일뽕, 대륙뽕 및 청올뽕 6품종은 표3과 같이 전체적인 뽕잎의 항산화능의 변화 양상을 나타낸 반면, 신광뽕, 밀성뽕, 검설뽕 및 수봉뽕 4품종은 I형 또는 II형과 달리 춘기 어린 잎의 항산화능이 최대 값을 나타낸 후 뽕잎이 성숙함에 따라 항산화능은 감소하였으며, 추기에 다시 시기가 경과함에 따라 뽕잎의 항산화능이 증가하는 III형으로 분류되었다.

2. 오디 결실 품종의 뽕잎과 오디에 대한 항산화능 비교

16종의 장려 품종 중 9품종은 오디가 결실되는 품종으로서 안토시안 색소가 착색되기 직전인 5월 하순과 오디 수확 시기인 6월 중순에 채취하였다. 5월 하순에 채취한 오디의 항산화능은 뽕잎(3,324.4 nmol)에 비해 다소 낮은 값(2,736.1 nmol)을 나타냈다(표 4). 청올뽕, 청일뽕, 상일뽕, 대륙뽕의 뽕잎은 평균 값보다 높은 항산화능을 보인 반면 신광뽕, 검설뽕의 뽕잎은 평균 값보다 낮은 항산화능을 나타냈다. 다른 품종의 오디와는 달리 신광뽕의 오디는 안토시안 색소의 착색 정도가 빨라 이미 적색을 띠었으며, 뽕잎에 비해 높은 항산화 활성을 나타냈다. 오디가 성숙되어 어느 정도 수확을 마친 시기인 6월 중순이 되면 5월 하순에 비해 뽕잎(2,037.8 nmol), 오디(1,547.2 nmol) 모두 항산화능이 떨어지는 양상을 나타냈다(표 4).

따라서 항산화능이 높은 뽕잎을 이용하기 위해서는 5월 하순에 채취하는 것이 수율도 높아 경제성이 있을 것으로 판단되며, 생과 또는 가공식품의 원료로 사용하기 위

Table 4. Comparison of antioxidant capacity in mulberry leaf with fruit

(Ascorbic acid equivalents, nmol)

Varieties	Spring III*		Spring IV	
	Leaf	Fruit	Leaf	Fruit
Kaeryangppong	3,352.4	3,201.4	2,375.1	1,693.3
Cheongilppong	4,050.4	3,095.7	1,170.1	1,408.5
Shingwangppong	2,136.7	3,241.3	389.8	1,203.6
Milseongppong	3,218.7	3,516.4	2,410.7	1,307.1
Sangilppong	3,898.3	2,965.2	2,973.8	2,147.5
Daeroukppong	3,618.9	2,264.0	2,094.6	1,260.7
Suwonppong	3,032.0	1,997.5	2,457.1	2,010.5
Keomseolppong	2,246.7	2,189.5	1,762.4	1,346.0
Cheongolppong	4,365.4	2,153.9	2,706.3	-
Mean	3,324.39	2,736.10	2,037.77	1,547.2

* : just before the coloration stage with anthocyanin in fruits

Table 5. Comparison of antioxidant capacity according to storage temperature after mulberry leaves collection

(Ascorbic acid equivalents, nmol)

Storage temperature	Autumn I	Autumn II	Autumn III*
Room temperature	1980.3	3155.0	2462.5
-20°C	2500.2	3184.1	3112.9
-70°C	1902.6	3845.4	4161.5
50°C	1187.4	1522.9	3136.7

* : just before fallen leaves stage

해 오디를 수확한 후 남은 뽕잎의 이용도 충분히 가능하므로 이를 활용하기 위해서는 하벌 전에 뽕잎의 수확 작업이 이루어지도록 해야 할 것이다.

3. 뽕잎의 수확 후 저장방법에 따른 항산화능 비교

청일뽕 품종의 뽕잎을 시기별로 채취하여 저장온도를 달리하여 보관한 후 측정한 항산화능은 표 5와 같다. 하벌 후 새로 나와 자란 가지에서 성숙 중인 뽕잎을 3회 채취하였는데 뽕잎 자체의 항산화능이 비교적 낮은 시기인 8월 16일 채취 및 항산화능이 점차 증가하고 있는 9월 16일 채취의 경우, 채취 즉시 50°C 열풍건조기로 건조하는 방법이 음건, -20°C 및 -70°C 저장 후 냉동 건조하는 방법에 비해 낮은 항산화 활성을 나타냈다. 그러나 10월 17일에 채취한 뽕잎은 경화 직전의 뽕잎으로서 뽕잎 자체의 항산화 활성이 높은 시기이며, 이 시기에는 실내에서 음건 후 냉동 건조하는 방법의 항산화능이 낮았다. 따라서 수확 후 저장하는 방법보다 시기에 따른 뽕잎 자체의 성숙 정도가 뽕잎의 항산화능을 결정하는 것으로 판단된다.

적 요

장려뽕 16 품종에 대한 뽕잎과 오디의 항산화능을 시기별로 채취하여 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.

시료의 항산화능과 분석에 소요되는 전처리 시간을 고려하여 80% MeOH, 30 sec. vortex mixing 방법을 기준 전처리 방법으로 하였다.

16 품종 전체의 뽕잎에 대한 항산화능을 분석한 결과 5개엽기의 어린 뽕잎의 항산화능은 3303.4 nmol로 높았으며, 오디가 착색되기 직전 3708.0 nmol으로 최대 값을 나타낸 후 시기가 경과함에 따라 점차 감소 및 하벌 후 점차 증가 하다가 뽕잎이 경화되기 직전 춘기 어린 잎 정도의 항산화능을 유지하는 것으로 나타났다.

항산화능이 높은 뽕잎을 이용하기 위해서는 5월 하순에 채취하는 것이 수율도 높아 경제성이 있을 것으로 판단되며, 생과 또는 가공식품의 원료로 사용하기 위해 오디를 수확한 후 남은 뽕잎의 이용도 충분히 가능하므로 이를 활용하기 위해서는 하벌 전에 뽕잎의 수확 작업이 이루어지도록 해야 할 것이다.

뽕잎 수확 후 저장하는 방법보다 시기에 따른 뽕잎 자체의 성숙 정도가 뽕잎의 항산화능을 결정하는 것으로 판단된다.

인용문헌

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-ritonoside 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 Pulps. *J. Agric. Food Chem.* **53**: 2928~2935.

황자영, 함재웅, 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.

Kuo, J. M., Wu, H. C., Chu, H. L., Hwang, A and Yeh, D. B. (1998a) Antioxidative activity of jasmine and *Lycinm 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 검정. 항산화 활성 검정법. 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. Biotehnol. 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) 蠶桑産物中 藥理成分 實用化 硏究 I. 뽕잎중 Flavonol Glycoside 成分의 品種 및 季節的 含量 變化. 農業論文集('94博士後 硏修過程) **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., Naczk, M and Nesterowicz, J. (2005) Phenolic Acid Profiles in Some Small Berries. *J. Agric. Food Chem.* **53**: 2118~2124.