

## 복분자 딸기 열매의 품종별 기능성 성분 및 항산화 활성\*1

박영기\*2† · 최선하\*2 · 김세현\*2 · 장용석\*2 · 한진규\*2 · 정현관\*2

### Functional Composition and Antioxidant Activity from the Fruits of *Rubus coreanus* according to Cultivars \*1

Youngki Park\*2† · Sun-Ha Choi\*2 · Sea-Hyun Kim\*2 ·  
Yong-Seok Jang\*2 · Jingyu Han\*2 · Hun-Gwan Chung\*2

#### 요약

품종별에 따른 복분자 딸기 열매의 항산화 활성 및 기능성 성분 함량을 비교 분석하였다. 우수한 품종으로 개발한 정금 1, 2, 3, 4, 5호(10년생)와 도입종 블랙베리(*Rubus fruticosus*)를 사용하였다. DPPH법을 이용한 항산화 활성은 2 mg/ml 농도에서 46.58에서 78.55% 범위에 있었으며, 이 중 정금 1호의 항산화 활성이 우수하였다. 총 페놀 함량과 비타민 C 함량 및 안토시아닌 중 베리류의 대표성분인 cyanidin 3-glucoside의 함량을 측정된 결과 정금 1호가 다른 품종에 비해 우수한 결과를 나타내었다.

#### ABSTRACT

To compare varietal differences in *Rubus coreanus* Miq. (Rosaceae), we evaluated antioxidant activity and the contents of functional substances. In this study, five new cultivars selected as superior berries in yield and weight of fruit, *R. coreanus* (Jungkeum 1, 2, 3, 4, and 5), and one foreign berry, *R. fruticosus* were used. The contents of the major anthocyanin, cyanidin-3-glucoside (C3G) in berries and antioxidant capacity including, free radical scavenging activity and reducing power were measured. The contents of total phenol and vitamin C were also investigated. Among 5 cultivars and one foreign berry, Jungkeum 1 had the richest C3G and high levels in vitamin C. DPPH radical scavenging activity of berries was ranged from 46.58 up to 78.55%.

\* 1 접수 2007년 8월 15일, 채택 2007년 9월 20일

\* 2 국립산림과학원 특용수과. Div. Special Purpose Tree, Korea Forest Research Institute, Suwon 441-350, Korea

† 주저자(corresponding author) : 박영기(e-mail: ykpark@forest.go.kr)

**Keywords:** *Rubus coreanus*, antioxidant activity, reducing power, cyanidin-3-Glucoside, vitamin C content, total phenolic content

## 1. 서 론

건강에 대한 관심이 높아짐에 따라 기능성 성분과 항산화 물질이 함유된 열매나 식물을 개발하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 최근의 연구에 의하면 과실은 암이나 심장마비와 같은 다양한 질병의 위험을 감소시키는데 크게 기여한다고 보고되고 있다. 이러한 이유는 과실 내에 함유된 수많은 항산화 물질 때문일 것이다(Kris-Etherton *et al.*, 2002). 항산화 물질이 풍부한 열매는 퇴행성 질병들에 대한 건강증진 효과를 가진 것으로 알려져 있다(Youdin and Joseph, 2001). 열매 등을 비롯하여 살아 있는 식물체 내에 존재하는 항산화 물질은 페놀성 화합물이나 비타민류와 같은 식품성 항산화 물질과 superoxide dismutase나 glutathione peroxidase와 같은 항산화 효소가 있으며, 이들은 산화적인 공격으로부터 생물체를 보호한다(Li *et al.*, 2005). 하지만, 이러한 항산화 기작이 생리적인 기능의 저하와 같은 요인에 의해 항산화 보호 기작이 균형을 잃으면, 노화나 암 혹은 동맥심장병과 같은 퇴행성 또는 병리적인 과정의 결과를 유발한다. 열매에 존재하는 항산화제는 이러한 산화적인 피해를 줄이는 데 도움을 준다. 여러 연구에 의하면 이러한 열매의 섭취는 심장병이나 암, 관절염 혹은 노화과정의 위험을 줄이는 것과 관련이 있다고 하였다(Criqui and Ringel, 1994).

최근 들어, 항산화 화합물을 천연물에서 얻고자 하는 관심이 증가되고 있다(Lee *et al.*, 2004). 또한, 열매 중에서 특히 베리류나 체리류의 항산화 활성에 대한 연구도 활발히 이루어지고 있다(Heinonen *et al.*, 1998; Wang *et al.*, 1999).

복분자 딸기는 오래전부터 약용으로 사용되어 왔으며, 또한 식용으로도 사용된 베리류이다. 복분자 딸기(*Rubus coreanus*)는 장미과에 속하는 다년생의 관목이다. 원산지는 중국이며, 우리나라에서는 주로 남부지역에 자생한다. 이것의 미숙과를 한방에서

복분자라 하였으며, 일반적으로 피로로 인한 간 손상을 보호하고, 눈을 밝게 하며, 신기부족으로 인한 발기부전에 효과가 있어 성기능을 높인다고 하였다(Shin *et al.*, 2006). 복분자의 열수 추출물과 에탄올 추출물을 인간유래 대장암 세포주인 HT-29에 처리한 결과 apoptosis가 유도되는 것을 확인하여 항암 효과가 있음을 알 수 있었다(Kim *et al.*, 2005). 또한, 복분자 딸기의 열매는 항산화 효과가 있다고 알려져 있다(Lee *et al.*, 2003). 복분자의 열매로부터 4-hydroxybenzoic acid, 4-hydroxy-3-methoxybenzoic acid 그리고 3,4-dihydroxybenzoic acid가 GC-MS에 의해 분석되었으며(Yoon *et al.*, 2002), 복분자의 미숙과로부터는 gallic acid, 2,3-(S)-HHDP-D-glucopyranose, sanguin 등의 기능성 성분이 보고되었다(Pang *et al.*, 1996).

복분자 딸기류의 품종별에 따른 항산화 활성과 이와 관련된 기능성 성분의 함량에 관한 연구는 거의 실시된 바가 없다. 따라서, 본 연구에서는 복분자 딸기 5품종의 열매에 대한 항산화 활성을 평가하고 이와 관련된 기능성 성분인 총 페놀 함량, 비타민 C 함량 그리고 안토시아닌인 cyanidin 3-glucoside의 함량을 비교하여 복분자 딸기 열매의 기능성을 탐색하고자 하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 공시재료

공시시료는 국립산림과학원 산림유전자원부 구내에 조성된 복분자 딸기 클론보존원에서 품종으로 개발한 정금 1, 2, 3, 4, 5호(10년생)와 도입종 블랙베리(*Rubus fruticosus*)를 2006년 8월에 완전히 성숙된 과실을 채취하여 사용하였다. 시료의 특성은 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Characterization of *Rubus coreanus* and *R. fruticosus* fruit

Cultivar	Weight (g)	Soluble solids content (°Brix)
Jungkeum 1	152	10.43
Jungkeum 2	159	10.45
Jungkeum 3	150	10.96
Jungkeum 4	148	10.09
Jungkeum 5	154	10.44
Black berry	252	5.28

## 2.2. 추출 및 시료조제

동결 건조한 열매를 분쇄하여 분말화한 후 실온에서 3일간 에탄올(EtOH)로 추출한 다음 농축하여 조추출물을 조제하였으며 분석 실험에 사용하였다.

## 2.3. DPPH radical 소거활성

항산화 활성 중의 하나인 DPPH법에 의한 자유라디칼 소거능은 Park *et al.* (2006)의 방법에 의해 측정하였다. 즉, 메탄올에 녹인 시료 0.5 ml를 100 µM의 DPPH용액 3 ml에 첨가하였다. 반응액을 완전히 섞은 후에 실온에서 10분간 반응시켰다. 남아 있는 DPPH의 양을 측정하기 위해서 UV-vis spectrophotometer (852A Diode Array Spectrophotometer, Hewlett Packard)를 이용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 항산화 활성인 자유라디칼 소거능은 다음의 식에 의해서 구하였다.

$$\text{Free radical scavenging activity (\%)} = \left(1 - \frac{\text{Absorbance of sample at 517 nm}}{\text{Absorbance of control at 517 nm}}\right) \times 100$$

## 2.4. 환원력

환원력은 Oyaizu (1986)의 방법에 의해 측정하였다. 에탄올에 용해한 시료 2.5 ml에 0.2 M sodium phosphate buffer (pH 6.6) 2.5 ml와 10% potas-

sium ferricyanide 2.5 ml를 첨가하였다. 혼합액을 50°C에서 20분간 반응시켰다. 반응이 끝난 후에 10% trichloroacetic acid (w/v) 2.5 ml를 첨가한 후 4,000 rpm으로 10분간 원심분리를 하였다. 상등액 5 ml에 증류수 5 ml를 혼합한 후 1 ml의 0.1% ferric chloride (1 mg/ml)를 첨가하여 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. 반응액의 흡광도가 증가하면 환원력이 증가함을 의미한다.

## 2.5. 총 페놀 함량

총 페놀 함량은 Cheung *et al.* (2003)의 방법에 의해 측정하였다. 즉, 추출물 용액 1 ml에 Folin and Ciocalteu's phenol reagent (1 ml, Sigma)를 첨가하였다. 3분이 지난 후에 포화 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 1 ml를 첨가하고 다시 증류수를 사용하여 혼합물의 총량이 10 ml가 되게 하였다. 암실에서 90분간 반응시킨 후 725 nm에서 흡광도를 측정하였다. 검량선은 서로 다른 농도(0.01~0.1 mM)의 gallic acid (Sigma)를 표준품으로 사용하여 구하였다.

## 2.6. 비타민 C 함량

비타민 C 함량은 Jagota and Dani (1982)에 의해 연구된 방법을 사용하였다. 즉, 건조된 시료 0.5 g을 증류수로 추출한 후, 여과하였다. 이 중 0.2 ml를 취하여 10% (w/v) trichloroacetic acid (TCA) 0.8 ml를 4°C에서 첨가하였다. 5분간 3,000 rpm으로 원심분리한 후, 0.5 ml 상등액에 증류수를 첨가하여 총량이 2 ml가 되게 하였다. 그 후 10% (v/v) Folin phenol reagent 0.2 ml를 혼합물에 첨가하여 10분간 반응시킨 후 760 nm에서 흡광도를 측정하여 비타민 C의 함량을 계산하였다. 검량선은 서로 다른 농도의 ascorbic acid (Sigma)를 표준품으로 사용하여 구하였다.

## 2.7. Cyanidin 3-glycoside 함량

Cyanidin 3-glycoside (C3G)의 정량을 위해 시료

Table 2. Analysis condition for cyanidin 3-glucoside in *Rubus coreanus* and *R. fruticosus*

Time	Solvent A (MeCN (0.5% TFA))	Solvent B (H <sub>2</sub> O (0.5% TFA))	Flow rate (ml/min)
0	10%	90%	1
10	18%	82%	1
18	28%	72%	1
19	40%	60%	1
22	60%	40%	1

를 1% HCl이 함유된 메탄올로 추출하여 색소를 추출하였다. 정량분석에 사용된 HPLC 시스템은 SURVEYOR (Thermo, USA)였으며, 칼럼은 Hyper-sil gold (150 × 4.6 mm)를 이용하였고, 검출기는 SURVEYOR PDA로 280 nm에서 검출하였다. 사용한 용매조건은 Table 2와 같았다.

C3G 표준품을 1,000, 500, 250 및 100 ppm 농도로 조제하여 분석하였다. 최대 흡광도는 280 nm였다. 분석 결과에서 얻은 peak area를 계산하여 회귀식을 구하였다(Fig. 1).

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 항산화 활성

자유 라디칼은 산화에 의해 형성된 화학적 물질로서 항산화제는 이러한 자유라디칼을 소거하는 능력

을 가지고 있다. DPPH는 513 nm에서 흡광도를 보이는 보라색의 화합물로 항산화 활성의 측정에 사용된다(Blois, 1958).

Fig. 2에서는 복분자 딸기 5품종과 블랙베리의 농도별에 따른 자유라디칼 소거능을 측정하여 항산화 활성을 측정하였다. 복분자 딸기 5품종에 대한 항산화 활성은 블랙베리의 항산화 활성보다 우수하였으며, 그중 정금 1호의 항산화 활성은 2와 1 mg/ml의 농도에서 각각 78.55와 50.48%였다.

#### 3.2. 환원력

환원력은 항산화 활성과 밀접한 관련이 있는 것으로 알려져 있다(Siddhuraju *et al.*, 2002). 그러므로 환원력은 항산화 활성에 대한 중요한 인자로 작용한다(Meir *et al.*, 1995). 본 연구에서는 복분자 딸기의 품종별에 따른 열매 추출물의 환원력을 potassium ferricyanide 법을 사용하여 측정하였다(Fig. 3). 환원력의 측정결과 정금 3호의 환원력이 0.59로 다른 품종보다 환원력이 우수함을 알 수 있었다.

#### 3.3. 총 페놀 함량과 비타민 C 함량

페놀성 화합물의 주요한 역할은 자유 라디칼을 소거하는 것이라는 연구가 많이 보고되었다(Moller *et al.*, 1999; Madsen *et al.*, 1996). 따라서 이러한 페놀성 화합물인 플라보노이드나 페놀산 그리고 안토시아닌 등의 총량인 총 페놀 함량은 DPPH 라디칼 소거능으로 나타내는 항산화 활성에서는 중요한 인

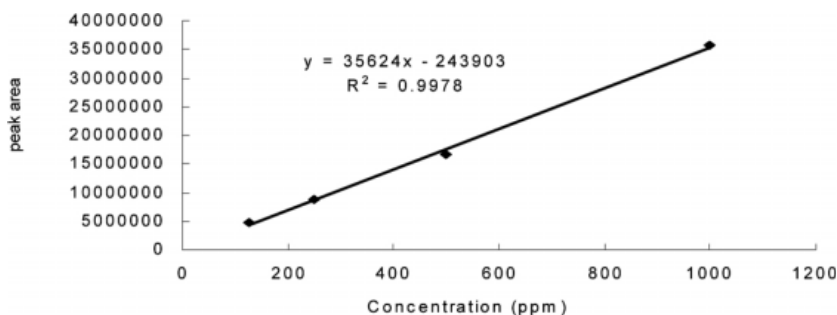


Fig. 1. Calibration curve of cyanidin 3-glucoside depending on various concentration.

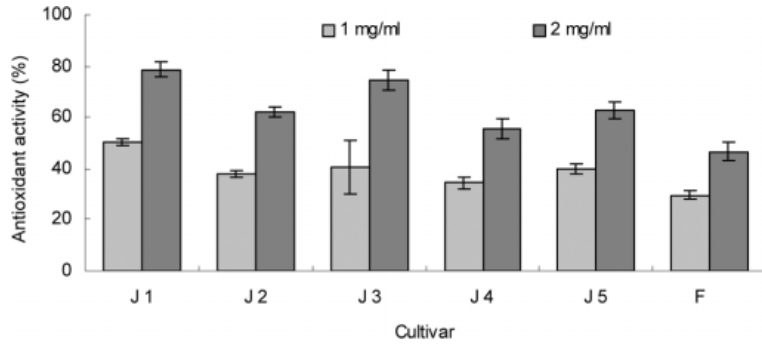


Fig. 2. Free radical scavenging activity of 5 cultivars of *Rubus coreanus* and *R. R. fruticosus*. J 1: Jungkeum 1, J 2: Jungkeum 2, J 3: Jungkeum 3, J 4: Jungkeum 4, J 5: Jungkeum 5, and F: *R. fruticosus*. All values are mean  $\pm$  SD (n = 3).

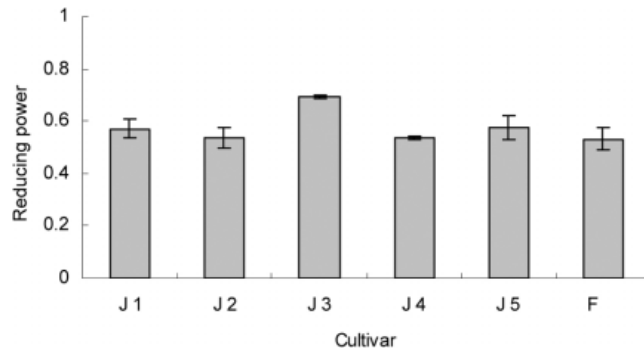


Fig. 3. The reducing power of *Rubus species*. J 1: Jungkeum 1, J 2: Jungkeum 2, J 3: Jungkeum 3, J 4: Jungkeum 4, J 5: Jungkeum 5, and F: *R. fruticosus*. All values are mean  $\pm$  SD (n = 3).

자로 작용한다. 일반적으로 항산화 활성이 증가함에 따라 총 페놀성 함량도 증가한다. 또한, 비타민 C (아스코르브산)는 대표적인 수용성 비타민으로 식품에 함유되어 있는 다른 영양소와 비교하여 대표성을 나타내므로 영양의 지표로도 종종 사용된다. 비타민 C는 또한 강력한 항산화제이며 이것은 또한 생존을 위해서도 필요한 성분이다(Padayatty *et al.*, 2003).

Fig. 4에서는 복분자 품종별에 따른 총 페놀 함량과 비타민 C 함량을 나타내었다. 복분자 딸기 품종별에 따른 총 페놀 함량은 20.89에서 28.84 mg/g 범위에 있었다. 이 중에서 정금 1호의 총 페놀 함량이 28.84 mg/g로 가장 높았다. 이러한 결과는 블랙베리

의 총 페놀 함량에 관한 다른 연구와 비교하여 상대적으로 높은 값을 나타내었다(1,786~2,310 mg/100 g)(de Ancos *et al.*, 2000).

복분자 딸기 품종별에 따른 비타민 C의 함량은 151.67에서 216.39 ug/g 범위에 있었으며, 이는 블랙베리를 이용한 비타민 C 함량에 관한 연구보고의 결과보다 높은 값을 나타내었다(12.3~16.4 mg/100 g)(Deighton *et al.*, 2000).

### 3.4. Cyanidin 3-glucoside

여러 가지 안토시아닌 중에서 cyanidin 3-glucoside (C3G)는 가장 강한 항산화 활성을 나타내는 화

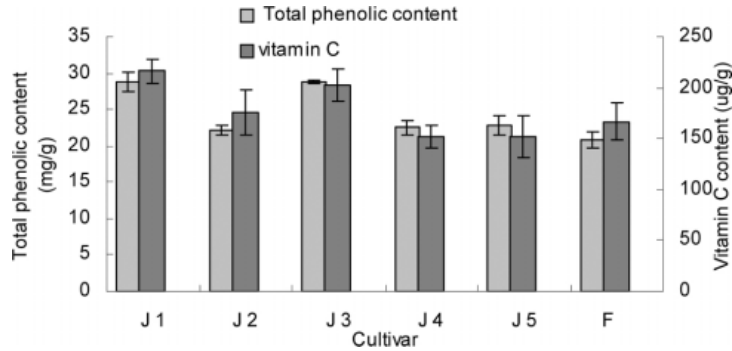


Fig. 4. Total phenolic content and vitamin C content in five cultivars of *Rubus coreanus* and *R. fruticosus*. J 1: Jungkeuam 1, J 2: Jungkeuam 2, J 3: Jungkeuam 3, J 4: Jungkeuam 4, J 5: Jungkeuam 5, and F: *R. fruticosus*. All values are mean  $\pm$  SD (n = 3).

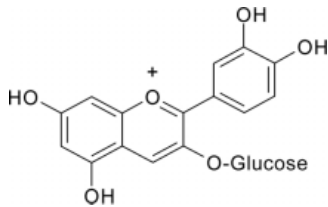


Fig. 5. Chemical structure of cyanidin-3-glucoside.

합물이다(Fig. 5)(Wang *et al.*, 1997). 또한 이 화합물은 항암기능이나 콜레스테롤 저하능력을 가지고 있는 기능성 물질이라 알려져 있다(Wang and Mazza, 2002; Auger *et al.*, 2001).

Fig. 6에서는 복분자 딸기의 5품종과 외래종인 블랙베리에 들어 있는 C3G의 함량을 나타내었다. 이들의 함량은 7.71에서 31.69 mg/g의 범위에 있었으며, 이 중 정금 1호의 C3G 함량은 31.69 mg/g으로 가장 많이 함유되어 있었다.

#### 4. 결 론

복분자 딸기의 기능성 품종을 육성하기 위하여 복분자 딸기 5품종과 블랙베리에 대한 항산화 활성과 환원력을 측정하였다. 아울러 항산화 작용을 가지고 있는 기능성 성분인 총 페놀 함량, 비타민 C 함량 및

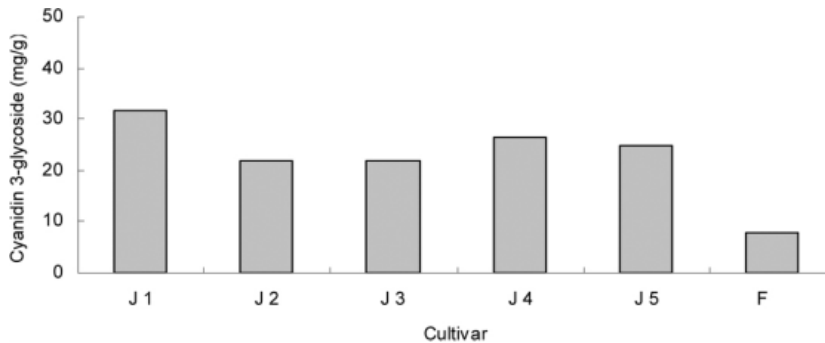


Fig. 6. Cyanidin 3-glycoside content of 5 cultivars of *Rubus coreanus* and *R. fruticosus*. J 1: Jungkeuam 1, J 2: Jungkeuam 2, J 3: Jungkeuam 3, J 4: Jungkeuam 4, J 5: Jungkeuam 5, and F: *R. fruticosus*.

안토시아닌의 한 종류인 cyanidin 3-glucoside의 함량을 측정하였다. 복분자 딸기 5품종에 대한 항산화 활성은 블랙베리의 항산화 활성보다 우수하였으며, 그중 정금 1호의 항산화 활성이 2 mg/ml에서 78.55%로 가장 우수하였으며, 환원력은 정금 3호가 0.59로 가장 높았다. 총 페놀 함량은 20.89에서 28.84 mg/g 범위에 있으며, 비타민 C의 함량은 151.67에서 216.39 ug/g 범위에 있는 것을 알 수 있었다. C3G의 함량은 7.71에서 31.69 mg/g의 범위에 있었으며, 이 중에서 정금 1호의 C3G 함량은 31.69 mg/g으로 가장 많이 함유되어 있었다.

이러한 결과를 토대로 복분자 딸기의 이용을 증대시키기 위해서는 항산화 작용이나 항암활성 및 면역 증진 등과 같은 건강 기능성 효능이 우수한 품종을 육성하여야 하며, 유용활성과 관련된 성분인 총 페놀 함량, 비타민 C 함량 및 안토시아닌 함량 등이 다량 함유된 품종을 개발하여야 한다.

## 참 고 문 헌

1. Blois, M. S. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radicals. *Nature*. 181: 1199~2000.
2. Cheung, L. M., P. C. K. Cheung, and V. E. C. Ooi. 2003. Antioxidant activity and total phenolics of edible mushroom extracts. *Food Chem.* 81: 249~255.
3. Criqui, M. H. and B. L. Ringel. 1994. Does diet or alcohol explain the French paradox? *Lancet*. 344: 1719~1723.
4. de Ancos, B., E. M. Gonzalez, and M. P. Cano. 2000. Ellagic acid, vitamin C, and total phenolic contents and radical scavenging capacity affected by freezing and frozen storage in raspberry fruit. *J. Agric. Food Chem.* 48: 4565~4570.
5. Deighton, N., R. Brennan, C. Finn, and H. V. Davies. 2000. Antioxidant properties of domesticated and wild *Rubus* species. *J. Sci. Food Agric.* 80: 1307~1313.
6. Heinonen, M., A. S. Meyer, and E. N. Frankel. 1998. Antioxidant activity of berry phenolics on human low-density-lipoprotein and liposome oxidation. *J. Agric. Food Chem.* 46: 4107~4112.
7. Jagota, S. K. and H. M. Dani. 1982. A new colorimetric technique for the estimation of vitamin C using Folin phenol reagent. *Analytical Biochemistry*. 127: 178~182.
8. Kris-Etherton, P. M., K. D. Hecker, A. Bonanome, S. M. Cobal, A. E. Binkoski, K. F. Hilper, A. E. Griel, and T. D. Etherton. 2002. Bioactive compounds in food: their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. *Am. J. Med.* 113: 71~88.
9. Kim, E. J., Y. J. Lee, H. K. Shin, and J. H. Park. 2005. Induction of apoptosis by the aqueous extract of *Rubus coreanus* in HT-29 human colon cancer cells. *Nutr.* 21: 1141~1148.
10. Lee, M. K., H. S. Lee, G. P. Choi, D. H. Oh, J. D. Kim, C. Y. Yu, and H. Y. Lee. 2003. Screening of biological activities of the extracts from *Rubus coreanus* Miq. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 11: 5~12.
11. Lee, S. S., H. J. Lee, and D. H. Choi. 2004. Studies on biological activity of wood extractives (XV)-Antimicrobial and antioxidative activities of extracts from diverse families. *Mokchae Konghak* 32: 8~17.
12. Li, J., S. Ding, and X. Ding. 2005. Comparison of antioxidant capacities of extracts from five cultivars of Chinese jujube. *Process Biochemistry*. 40: 3607~3613.
13. Madsen, H. L., B. R. Nielsen, G. Bertelsen, and L. H. Skibsted. 1996. Screen of antioxidative activity of spices. A comparison between assays based on ESR spin trapping and electrochemical measurement of oxygen consumption. *Food Chem.* 57: 331~337.
14. Meir, S., J. Kanner, B. Akiri, and S. P. Hadas. 1995. Determination and involvement of aqueous reducing compounds in oxidative defense systems of various senescing leaves. *J. Agric. Food Chem.* 43: 1813~1815.
15. Moller, J. K. S., H. L. Madsen, T. Altonen, and L. H. Skibsted. 1996. Dittany (*Origanum dictamnus*) as a source of water-extractable antioxidants. *Food Chem.* 64: 215~219.
16. Oyaizu, M. 1986. Studies on products of browning reaction: antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosa-

- mine. *Jpn. J. of Nutr.* 44: 307~315.
17. Padayatty, S. J., A. Katz, Y. Wang, P. Eck, O. Kwon, J. H. Lee, S. Chen, C. Corpe, A. Dutta, S. K. Dutta, and M. Levine. 2003. Vitamin C as an antioxidant: evaluation of its role in disease prevention. *J. Am. College Nutr.* 22: 18~35.
  18. Pang, G. C., M. S. Kim, and M. W. Lee. 1996. Hydrolyzable tannins from the fruits of *Rubus coreanum*. *Korean J. Pharmacogn.* 27: 366~370.
  19. Park, Y. K., H. J. Lee, W. Y. Lee, J. K. Ahn, and B. H. Hwang. 2006. Study on the relationship between the structure and antioxidant activities of chalcones. *J. Korean Wood Sci. Technol.* 34: 88~94.
  20. Shiddhuraju, P., P. S. Mohan, and K. Becker. 2002. Studies on the antioxidant activity of Indian Laburnum (*Cassia fistula* L.): a preliminary assessment of crude extracts from stem bark, leaves, flowers and fruit pulp. *Food Chem.* 79: 61~67.
  21. Shin, T. Y., H. Y. Shin, S. H. Kim, D. K. Kim, B. S. Chae, C. H. Oh, M. G. Cho, S. H. Oh, J. H. Kim, T. K. Lee, and J. S. Park. 2006. *Rubus coreanus* unripe fruit inhibits immediate-type allergic reaction and inflammatory cytokine secretion. *Natural Product Sciences.* 12: 144~149.
  22. Wang, H., G. H. Cao, and R. L. Prior. 1997. Oxygen radical absorbing capacity of anthocyanins. *J. Agric. Food Chem.* 45: 3362~3367.
  23. Wang, H., M. G. Nair, G. M. Strasburg, Y. C. Chang, A. M. Booren, and J. I. Gray. 1999. Antioxidant and antiinflammatory activities of anthocyanidins and their aglycon, cyanidin from tart cherries. *J. Nat. Prod.* 62: 294~296.
  24. Wang, J. and J. Mazza. 2002. Effects of anthocyanins and other phenolic compounds on the production of tumor necrosis factor alpha in LPS/IFNgamma-activated RAW 264.7 macrophages. *J. Agric. Food Chem.* 50: 4183~4189.
  25. Yoon I, J. Y. Cho, J. H. Kuk, J. H. Wee, M. Y. Jang, T. H. Ahn, and K. H. Park. 2002. Identification and activity of antioxidative compounds from *Rubus coreanum* fruit. *Korean J. Food Sci. Technol.* 34: 898~904.
  26. Yoshimoto, M., S. Okuno, M. Yamaguchi, and O. Yamakawa. 2001. Anti-utagenicity of deacrylated anthocyanins in purple-fleshed sweetpotato. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 65: 1652~1655.
  27. Youdin, K. A. and J. A. Joseph. 2001. A possible emerging role of phyto-chemicals in improving age related neurological dysfunctions: a multiplicity of effects. *Free Radical Biology and Medicine.* 30: 583~594.