

종에 따른 배나무 열매의 항산화 활성 비교

이철희, 신소림, 김나래, 황주광*

충북대학교 원예과학과

Comparison of Antioxidant Effects of Different Korean Pear Species

Cheol Hee Lee, So Lim Shin, Na Rae Kim and Ju Kwang Hwang*

Department of Horticultural Science, Chungbuk Nat'l Univ., Cheongju 361-763, Korea

Abstract - In this studies, contents and activities of antioxidative substances in the fruits of a pear cultivar and five Korean wild pear lines were investigated. The content of total phenolic compounds was highest with *Pyrus pyrifolia* var. *culta* “Shingo” ($7.68 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$, D.W.) while total flavonoids was highest with *P. ussuriensis* var. *acidula* ($5.66 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$, D.W.). The contents of total polyphenols and flavonoids varied according to plant species, but in general *pyrifolia* lines had higher total polyphenols than total flavonoids whereas in *ussuriensis* lines total flavonoid contents were higher than total polyphenols. The scavenging effects of DDPH radicals was highest with highest with *P. ussuriensis* var. *seoulensis* ($\text{RC}_{50}=1.45 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$) and that of ABTS radicals was highest with *P. ussuriensis* var. *acidula* ($\text{RC}_{50}=0.69 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$). A pear cultivar “Shingo” showed highest total polyphenol content, but scavenging activity of DDPH and ABTS radicals was lowest. The fruits of *P. ussuriensis* var. *seoulensis* contained low level of phenolic compounds, but their scavenging effects on two radicals was superior. Ferrous ion chelating effect was high in *P. pyrifolia* var. *culta* (98.93%), and in *P. ussuriensis* var. *sinensis* (68.71%), but two species had low scavenging activity. The content of phenolic compounds in wild pears was not always directly proportional to the radical scavenging activity. Neither radical scavenging activity was to ferrous ion chelating activity. In conclusion the fruits of *P. ussuriensis* var. *acidula*, *P. ussuriensis* var. *seoulensis*, and *P. ussuriensis* var. *sinensis* had great potential for the development of new antioxidative functional food because their antioxidative activity is higher or at least similar to *P. pyrifolia* var. *culta*. However, due to their different levels of antioxidative effects, the development of methods of using them jointly, not singly, to obtain maximum level of antioxidants is recommended.

Key words - Flavonoid, Polyphenol, *Pyrus*, Radical scavenging

서 언

최근 건강 기능성이 우수한 과실에 대한 소비자의 수요가 증가하고 있으며, 다양한 과수의 생리활성 연구가 활발하게 진행되고 있다(Heo *et al.*, 2010; Park *et al.*, 2008; Kim *et al.*, 2009).

인간에게 건강 기능성 효과를 주는 식물의 2차 대사산물은 식물이 스트레스로부터 스스로를 보호하기 위하여 생산하기 때문에, 스트레스가 많은 환경에서 자랄수록 식물의 2차 대사산물 생산량이 증가하는 경향을 보이는 경우가 많다(Verpoorte *et al.*, 2002). 따라서 재배식물보다 야생식물에서 생리활성이 우수한 사례가 다수 보고되어 있으며

(Štajner *et al.*, 1998; Braca *et al.*, 2003), 최근에는 재배식물이 아닌 야생식물의 기능성 생리활성을 이용한 식품 개발에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다.

장미과 배나무속의 배나무는 세계 4대 과수 중 하나이며(Hong *et al.*, 2004), 우리나라에서는 사과, 감귤, 포도에 이어 많이 재배되는 과수이다(Choi *et al.*, 2004). 는 당도가 높고 수분함량이 많아 기호도가 높으므로 생과로 많이 이용되어 왔으며(Zhang *et al.*, 2003), 예로부터 한방에서 가래, 기침, 숙취, 해열, 이뇨 및 변비 등의 치료에 사용되어 왔다(Yu, 1989). 또한 배는 나트륨, 칼슘, 마그네슘, 인 등이 많이 함유된 알칼리 식품이며(Lee *et al.*, 1975), 특히 배의 과육, 과피 등에는 폴리페놀 중 flavan-3-ol을 기본 구성단위로 하며 다양한 항염, 항암, 항산화 및 항혈

*교신저자(E-mail) : jkhwang@cbnu.ac.kr

전 작용 등이 있는 축합형 탄닌이 많이 함유되어 있는 것으로 보고되어 있다(Okuda *et al.*, 1981; Jangaard, 1970).

또한 식물의 주요 2차대사산물의 하나로 알려진 폴리페놀은 항산화, 항암, 항알러지 등 다양한 생리활성 효과를 보이는 것으로 보고되어 있다(Hasimoto *et al.*, 1989). 특히 배에서 분리된 폴리페놀은 면역강화(Choi *et al.*, 2003a), 혈장 및 간장의 총지질, 총 콜레스테롤 및 중성지질 감소(Choi *et al.*, 2004), 항통풍, 유선암과 전립선암 등 암세포의 생육억제효과 및 항산화활성(Ahn *et al.*, 2004)이 우수한 것으로 보고되어 있다.

그러나 배는 품종이 매우 다양함에도 불구하고 배의 품종 및 부위별 생리활성에 관한 연구는 미비하다(Choi *et al.*, 2006). 특히 우리나라에는 10종, 17변종, 10 품종의 야생 또는 재배종 배가 존재하는 것으로 알려져 있으나(Lee, 1999), 일본에서 도입되어 널리 재배되고 있는 신고배의 생리활성에 관한 연구에 비하여 한국산 야생배의 생리활성에 관한 연구는 매우 부족하다. 따라서 다양한 한국산 야생배를 이용하여 기능성 식품소재 개발을 위한 연구가 필요하다.

본 연구에서는 기존의 재배종보다 생리활성이 우수한 야생배를 선발하여 한국산 야생배를 이용한 새로운 기능성 식품소재를 개발하기 위한 기초자료를 제시하고자 하였다. 동일한 방법으로 돌배, 취양네, 백운배, 문배, 무심이배 등 5종류의 한국산 야생배와 시중에서 가장 많이 판매되고 있는 것으로 알려진 신고배(Park *et al.*, 2009)의 열매에서 추출한 다음 각 추출물의 페놀성물질 함량 및 항산화활성을 비교하였다.

재료 및 방법

재료 수집 및 추출

연구에 사용한 배나무속(*Pyrus*)의 돌배나무(*P. pyrifolia*), 취양네(*P. ussuriensis* var. *acidula*), 백운배나무(*P. ussuriensis* var. *hakunensis*)의 열매는 지리산 삼화실에서 2008년 10월 13일, 문배나무(*P. ussuriensis* var. *seoulensis*)의 열매는 강원도 인제군에서 2008년 9월 1일, 무심이배(*P. ussuriensis* var. *sinensis*)의 열매는 강원도 인제군 북면 월학리에서 2008년 10월 26일에 수확하였다. 대조군으로 사용한 배는 2009년 11월에 충북 청주시 마트에서 구입한 '신고'(*P. pyrifolia* var. *culta*) 품종인 성환배

를 사용하였다.

각 과실은 수세 후 절단하여 동결건조기(FD8512, IlShin Lab. Co. Ltd., Korea)로 동결건조하였으며, 건조 시료는 분쇄기(FM-681C, Hanil Electric., Korea)로 분쇄하였다. 각 분쇄시료는 80% 에탄올을 용매로 하여 냉각기가 부착된 환류냉각추출기의 항온수조를 60°C로 조절한 다음 6시간 동안 환류냉각추출 하였다. 추출액은 여과지(Advantec No. 2, Toyo Roshi Kaisha Ltd., Japan)를 사용하여 vacuum pump(GAST)로 감압여과 하였으며 추출에 사용한 건조시료 중량의 50배로 정량하였다. 50배로 정량한 추출물은 질소 충전하여 -70°C(SW-UF-200, Samwon Engineering Co., Korea)에 보관하면서 실험에 사용하였다.

각 추출물의 추출수율을 측정하기 위하여 식품공전의 건조감량법을 참조하여 추출물을 증발접시에 담아 60°C의 건조오븐에서 48시간 동안 건조시켰다. 48시간 동안 건조오븐에서 추출물의 용매를 증발시킨 다음 데시케이터에서 30분 이상 식힌 후 추출물의 총 가용성 고형분의 무게를 측정하여 1 mL의 추출물에 함유되어 있는 총 가용성 고형분의 무게로 추출 수율을 표시하였다.

총 폴리페놀 함량

100배로 희석한 각 추출물 0.1 mL와 2% Na₂CO₃ 2 mL를 혼합하여 3분 동안 실온에서 반응시킨 다음 1 N의 Folin & Ciocalteu's phenol reagent(F9252, Sigma, USA)를 0.1 mL 첨가하여 혼합하였다. 혼합물은 실온에서 30분 동안 반응시켰으며, UV/Visible Spectrophotometer(Ultrospec 4000, Pharmacia Biotech.)로 750 nm에서 흡광도를 측정하였다(Velioglu *et al.*, 1998). Tannic acid(T0200, Sigma, China)를 표준물질로 작성한 검량선을 이용하여 각 시료의 건조시료 g당 총 폴리페놀 함량(mg · g⁻¹)을 tannic acid 기준으로 환산하였다.

총 플라보노이드 함량

200배로 희석한 각 추출물 0.2 mL, diethylene glycol(H26456, Sigma, USA) 2 mL, 1 N NaOH 0.2 mL을 첨가한 다음 혼합하여 37°C의 항온수조(VS-190CS, Vision Sci., Korea)에서 1시간 반응시킨 후 420 nm에서 흡광도를 측정하였다(NFRI, 1990). Naringin(N1376, Sigma, USA)을 표준물질로 작성한 검량선을 이용하여 각 건조시료 g당 총 플라보노이드 함량(mg · g⁻¹)을 naringin 기준

으로 환산하였다.

DPPH radical 소거활성

추출물 0.2 mL와 0.15 mM의 DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl; D9132, Sigma, USA) 용액 0.8 mL을 혼합하여 실온 암상태에서 30분 동안 반응시킨 후 517 nm에서 흡광도를 측정하였다(Blois, 1958). 시료의 DPPH radical 소거활성(RC₅₀)은 각 시료의 추출물은 4단계로 희석하여 각 희석농도별 DPPH radical 소거활성을 구한 다음 이를 선형회귀법을 이용하여 80% 에탄올을 첨가한 대조군의 흡광도를 50% 감소시키는데 필요한 각 시료의 가용성 고형분의 농도(mg · mL⁻¹)로 나타냈다.

ABTS radical 소거활성

7.4 mM의 ABTS[2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt; A9941, Sigma, USA]와 2.6 mM potassium persulfate를 혼합하여 실온·암소에서 24시간 동안 방치하여 radical을 형성시켰다. ABTS 용액은 실험 직전에 732 nm에서 흡광도가 0.7 ± 0.03 (mean ± SE)이 되도록 phosphate-buffered saline(pH 7.4)으로 희석하여 사용하였다. 농도별 추출물 50 µL에 ABTS 용액 950 µL를 첨가하여 암소에서 10분간 반응시킨 후 732 nm에서 흡광도를 측정하였다(Re *et al.*, 1999).

Ferrous ion chelating 효과

각 시료의 50배 추출물 1 mL, 80% 에탄올 0.8 mL, 2 mM FeCl₂ · 4H₂O[iron(II) chloride tetrahydrate; 220299, Sigma, USA] 용액 0.1 mL와 5 mM ferrozine[3-(2-Pyridyl)-5,6-diphenyl-1,2,4-triazine-4',4''-disulfonic acid; P5338, Sigma, USA] 용액 0.1 mL를 순서대로 첨가

하여 혼합한 다음 실온에서 10분 동안 반응시켜 562 nm에서 흡광도를 측정하였다(Yen *et al.*, 2002). Chelating 효과는 아래의 수식에 따라 산출하였다. 각 시료의 chelating 효과를 비교하기 위하여 0.05 mg · mL⁻¹ 농도의 EDTA (ethylenediaminetetraacetic acid; E5134, Sigma, USA)를 양성 대조군으로 사용하였다.

$$\text{Chelating activity (\%)} = (1 - A / B) \times 100$$

A: 시료 첨가군의 흡광도, B: 용매 첨가군의 흡광도

통계분석

모든 실험은 3반복을 1회로 하여 3회 반복 실시하였다. 통계처리는 SAS 프로그램(ver. 9.1; SAS Institute Inc.)을 이용하여 *p* < 0.05 수준에서 Duncan's multiple range test로 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

수분함량 및 추출수율

돌배나무, 취양네, 백운배나무, 문배나무 및 무심이배 등 5종의 한국산 토종배의 열매와 대조구로 사용한 '신고' 품종 성환배의 수분함량 및 추출수율을 비교한 결과, 수분함량은 72.96(취양네)~84.65%(신고배)이었으며, 추출수율은 8.72(돌배나무)~12.94(무심이배) mg · mL⁻¹로 나타났다(Table 1).

페놀성 물질의 함량

5종의 한국산 토종배의 총 폴리페놀 및 플라보노이드의 함량을 분석한 결과, 총 폴리페놀은 신고배에서 가장 많았으며(7.68 mg · g⁻¹, D.W.), 총 플라보노이드는 취양네의

Table 1. Moisture and soluble solids contents of each pear

Scientific name	Korean name	Moisture	Extracts yield
		(%)	(mg · mL ⁻¹) ^z
<i>Pyrus pyrifolia</i> var. <i>culta</i>	배 (신고)	84.65 a ^y	12.66 b
<i>P. pyrifolia</i>	돌배나무	76.91 c	8.72 f
<i>P. ussuriensis</i> var. <i>acidula</i>	취양네	72.96 cd	11.44 c
<i>P. ussuriensis</i> var. <i>hakunensis</i>	백운배나무	73.32 d	10.18 e
<i>P. ussuriensis</i> var. <i>seoulensis</i>	문배나무	78.92 b	10.68 d
<i>P. ussuriensis</i> var. <i>sinensis</i>	무심이배	80.05 b	12.94 a

^zMilligrams of soluble solids contents in 1 milligram of extracts.

^yValues are mean ± SE and mean separation within columns by Duncan's multiple range test, *p* < 0.05.

과실(5.66 mg · g⁻¹, D.W.)에서 가장 많았다(Table 2).

각 시료에 따라 페놀성 물질의 함량이 크게 차이가 났는데, 총 폴리페놀의 함량이 가장 많은 것으로 나타난 신고배는 총 폴리페놀의 함량이 가장 낮게 나타난 문배나무(1.64 mg · g⁻¹, D.W.)보다 4.7배 많은 총 폴리페놀이 함유되어 있었다. 또한 총 플라보노이드의 함량이 가장 많은 것으로 나타난 취양네의 과실은 총 플라보노이드의 함량이 가장 낮은 신고배(1.12 mg · g⁻¹, D.W.)보다 5.1배 많은 총 플라보노이드가 함유되어 있었다.

특히 같은 종(*P. pyrifolia*)인 신고배와 돌배나무도 총 폴리페놀과 플라보노이드의 함량이 통계적으로 유의하게 달랐으며, *P. ussuriensis*도 변종에 따라 폴리페놀과 플라보노이드와 같은 페놀성 물질의 함량이 크게 다른 것으로 나타나 형태가 유사한 야생배도 분류군에 따라 생리활성이 크게 달라질 수 있을 것으로 생각되었다. Park *et al.* (2008)에 의하면 복분자딸기 또한 품종에 따라 기능성 성분 및 항산화 활성이 크게 달라진다고 하였다. 따라서 야생과수를 건강 기능성 소재로 활용하고자 할 때에는 반드시 각 품종과 변종의 생리활성을 분석하여 가장 생리활성이 우수한 소재를 선발하여 증식체계를 개발한 다음 산업화할 필요가 있는 것으로 생각되었다.

한국산 야생배와 신고배의 총 폴리페놀 및 플라보노이드의 함량을 다른 식물과 비교한 결과, 연구에 사용한 5종의 한국산 야생배 및 신고배의 과실이 참외(Kim *et al.*, 2009)와 수박(Kim *et al.*, 2008)보다 총 폴리페놀의 함량이 많았으며, 신고배보다 총 폴리페놀의 함량이 다소 낮은 돌배나무와 취양네의 과실도 약용식물인 삼칠, 둥굴레, 인삼 및 층층둥굴레보다 총 폴리페놀의 함량이 많았다(Kim *et al.*, 2004).

또한 총 플라보노이드의 함량이 가장 많았던 취양네 과실은 약용식물인 산수유, 참마, 오미자 보다 총 플라보노이드의 함량이 많았으며, 총 플라보노이드의 함량이 가장 낮았던 신고배도 약용식물인 층층둥굴레, 하수오, 무늬둥굴레(Kim *et al.*, 2004) 및 과채류인 멜론, 사과, 토마토, 참외 및 수박보다 총 플라보노이드의 함량이 많은 것으로 나타났다(Kim *et al.*, 2008).

Kim *et al.* (2004)이 20종의 약용식물을 대상으로 총 폴리페놀과 플라보노이드의 함량을 비교한 결과, 대부분의 약용식물이 총 폴리페놀이 총 플라보노이드보다 많았으나, 감초, 삼칠근 및 인삼은 총 폴리페놀보다 플라보노이드의 함량이 많았다고 한다. 본 연구에서도 6종류 배의 과실에 함유되어 있는 총 폴리페놀과 플라보노이드의 함량비를 비교한 결과, *P. pyrifolia*의 변종과 원종인 신고배와 돌배나무의 과실은 총 폴리페놀이 플라보노이드보다 각 6.9와 1.7배 많았으며, 특히 우리나라에서 많이 식용하는 신고배는 총 폴리페놀의 함량이 플라보노이드보다 월등히 높게 나타났다. 그러나 *P. ussuriensis*의 변종인 취양네, 백운배나무, 문배나무, 무심이배의 과실은 총 플라보노이드가 폴리페놀보다 각 1.3, 1.4, 1.8, 1.8배 높게 나타나 배의 원종에 따라 총 폴리페놀과 플라보노이드의 함량비가 다른 것으로 나타났다.

DPPH 및 ABTS radical 소거능

생물의 호흡과정을 통하여 체내로 유입된 산소는 에너지 생산에 사용되는데, 이 과정에서 5% 이내의 산소가 불안정하게 환원되어 산화됨에 따라 radical 상태의 활성산소 (reaction oxygen, ROS)가 되는데, 분자 구조적으로 매우 불안정한 활성산소는 고분자의 세포성분들을 공격하여 체

Table 2. Total polyphenol and total flavonoid contents of extract obtained from each pear

Scientific name	Korean name	Total polyphenols	Total flavonoids
		(mg · g ⁻¹ D.W.) ^z	(mg · g ⁻¹ D.W.) ^y
<i>Pyrus pyrifolia</i> var. <i>culta</i>	배 (신고)	7.68 a ^x	1.12 e
<i>P. pyrifolia</i>	돌배나무	5.11 b	3.06 d
<i>P. ussuriensis</i> var. <i>acidula</i>	취양네	4.21 c	5.66 a
<i>P. ussuriensis</i> var. <i>hakunensis</i>	백운배나무	3.29 d	4.71 b
<i>P. ussuriensis</i> var. <i>seoulensis</i>	문배나무	1.64 e	3.00 d
<i>P. ussuriensis</i> var. <i>sinensis</i>	무심이배	2.45 e	3.84 c

^zMilligrams of total polyphenol contents per gram of dried based on tannic acid as standard.

^yMilligrams of flavonoid contents per gram of dried based on naringin as standard.

^xValues are mean ± SE and mean separation within columns by Duncan's multiple range test, *p* < 0.05.

내의 산화적 스트레스 환경을 조성하며, 이로 인하여 노화 및 질병이 유발되는 것으로 알려져 있다(Halliwell, 1997; Ji, 1996).

각 시료의 DPPH 및 ABTS radical 소거활성을 분석한 결과, DPPH radical 소거활성은 문배나무($RC_{50}=1.45 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$), ABTS radical 소거활성은 취양네 과실의 추출물 ($RC_{50}= 0.69 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$)에서 가장 우수하였으며, 신고배는 DPPH와 ABTS radical 소거능 모두 가장 낮게 나타났다 (Table 2).

연구의 결과, 식물의 종류에 따라 radical 소거능이 크게 달라졌는데, 특히 원종인 돌배나무의 과실은 변종인 신고배 과실의 추출물보다 DPPH와 ABTS radical 소거능이 각 3.9와 3.8배 높게 나타나 야생과수의 항산화능이 크게 우수한 것으로 나타났다.

또한 *P. ussuriensis*의 변종들 사이에도 종류에 따라 radical 소거활성이 크게 달랐는데, DPPH radical 소거능이 가장 높은 문배나무의 과실은 취양네($RC_{50}= 4.21 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$)보다 2.6배, ABTS radical 소거능이 가장 높은 취양네의 과실은 무십이배($RC_{50}= 3.48 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$)보다 5.0배 높은 radical 소거능을 보였다.

한편, Kim *et al.*(2004)은 식물 추출물의 폴리페놀의 함량이 플라보노이드의 함량보다 현저히 많을 경우 항산화 활성이 우수한 경향을 보이며, 총 플라보노이드의 함량이 총 폴리페놀의 함량보다 많을 경우에는 항산화활성이 낮은 경향을 보인다고 하였다. 그러나 본 연구에는 폴리페놀의 함량이 플라보노이드보다 현저히 많은 신고배에서 radical 활성이 가장 낮게 나타났으며, 플라보노이드 함량이 폴리페놀의 함량보다 많은 문배나무와 취양네에서 항산화활성

이 우수하게 나타났다. 이는 총 폴리페놀과 플라보노이드 모두 항산화활성에 많은 영향을 주는 생리활성물질이기 때문으로 생각되며(Bors and Saran, 1987; Fitzpatrick *et al.*, 1993; Sato *et al.*, 1996), 식물에 있어서 총 폴리페놀과 플라보노이드의 함량비는 항산화활성에 절대적인 영향을 주는 것은 아닌 것으로 생각되었다.

페놀성 화합물은 연쇄반응 중 alkyl radical 또는 alkylperoxy radical에 수소를 공여하여 radical을 제거하므로 인체의 산화를 억제하는 효과가 있는 것으로 알려져 있으므로(Labuza, 1971), 일반적으로 식물에 함유된 총 폴리페놀과 플라보노이드 등 페놀성 물질의 함량이 많을수록 항산화 활성이 증가되는 것으로 알려져 있다. 그러나 본 연구에서는 페놀성물질의 함량이 가장 낮은 문배나무의 추출물이 DPPH radical 소거활성이 가장 우수하였으며, ABTS radical 소거활성 또한 우수하여 항산화 활성이 우수한 것으로 나타났다. 대부분의 페놀성 물질이 radical을 효과적으로 제거하는 것으로 알려져 있으나 radical의 기질에 따라 선택적으로 작용하는 페놀성 물질이 존재할 수 있으므로 페놀성 물질의 함량이 낮은 문배나무에서 radical 소거활성이 우수한 이유는 문배나무 추출물에는 radical 소거활성을 강력하게 억제하는 폴리페놀성 물질이 소량 들어있는 때문으로 생각된다. 또한 식물에는 항산화에 영향을 주는 다양한 물질이 함유되어 있는데 문배나무에는 페놀성 물질 이외의 다른 물질이 다량 함유되어 항산화 활성에 영향을 줄 수도 있다. 따라서 차후 문배나무의 항산화물질에 관한 추가연구가 필요한 것으로 생각된다.

Table 3. DPPH, ABTS radical scavenging and ferrous ion chelating effects of extract obtained from each pear

Scientific name	Korean name	DPPH	ABTS ⁺	Fe ²⁺ chelate
		RC ₅₀ ^z (mg · mL ⁻¹)	RC ₅₀ ^y (mg · mL ⁻¹)	(%) ^x
<i>Pyrus pyrifolia</i> var. <i>culta</i>	배 (신고)	7.03 e ^w	4.39 e	95.93 a
<i>P. pyrifolia</i>	돌배나무	1.81 b	1.16 b	35.18 cd
<i>P. ussuriensis</i> var. <i>acidula</i>	취양네	2.11 c	0.69 a	26.24 e
<i>P. ussuriensis</i> var. <i>hakunensis</i>	백운배나무	3.31 d	1.79 c	41.28 c
<i>P. ussuriensis</i> var. <i>seoulensis</i>	문배나무	1.45 a	1.45 b	32.61 de
<i>P. ussuriensis</i> var. <i>sinensis</i>	무십이배	4.93 de	3.48 d	68.71 b

^zConcentration of the material which is required to scavenge 50% of 0.15 mM DPPH radicals at 30 min. after starting the reaction.

^yConcentration of the material which is required to scavenge 50% of 7.4 mM ABTS radicals at 10 min. after starting the reaction.

^xFe²⁺ chelating activity of 50-fold extracts obtained from dried samples or EDTA (0.05 mg · mL⁻¹).

^wValues are mean ± SE and mean separation within columns by Duncan's multiple range test, *p* < 0.05.

Fe²⁺ chelating 효과

체내에 존재하는 Fe³⁺는 O₂⁻에 의해 Fe²⁺으로 전환되며, Fe²⁺는 H₂O₂와 OH의 활성산소기를 생성하여 최종적으로 O₂⁻, H₂O₂, RO[·], ROO[·] 등 다양한 2차 radical을 생성하여 산화를 촉진시키는 역할을 한다(Fridovich, 1989).

추출물의 Fe²⁺ chelating 효과를 분석한 결과, radical 소거활성이 가장 좋지 않았던 신고배에서 활성이 가장 우수하였으며(95.93%), ABTS radical 소거활성이 가장 높았던 취양네(26.24%)에서 Fe²⁺ chelating 활성이 가장 낮았다(Table 3).

유연종 사이의 Fe²⁺ chelating 효과를 비교한 결과, *P. pyrifolia* 변종이며, 재배종인 신고배의 과실은 돌배나무의 과실보다 2.7배, *P. ussuriensis*의 변종인 무심이배는 취양네보다 2.6배 높은 활성을 나타냈다.

연구의 결과, 신고배는 총 폴리페놀 물질의 함량이 많고 2차 radical 생성을 효과적으로 방지할 수 있으나, radical 소거활성과 총 플라보노이드의 함량은 신고배보다 한국산 야생배에서 훨씬 우수하였다. 특히 취양네의 과실은 페놀성 물질의 함량이 많고 ABTS radical 소거활성이 우수하며, 돌배나무의 과실은 총 폴리페놀과 플라보노이드와 같은 페놀성 물질의 함량이 많고 DPPH와 ABTS radical 소거활성이 우수하며, 문배나무의 과실은 페놀성 물질의 함량은 적지만 전반적으로 radical 소거활성이 우수하여 항산화 기능성 천연소재로 활용가치가 높을 것으로 생각되었다.

적 요

본 연구는 한국에서 많이 재배하는 배나무속(*Pyrus*)의 신고배(*P. pyrifolia* var. *culta*)와 한국산 야생배 5종의 항산화 물질의 함량 및 항산화 활성을 비교하기 위하여 수행하였다. 돌배나무(*P. pyrifolia*), 취양네(*P. ussuriensis* var. *acidula*), 백운배나무(*P. ussuriensis* var. *hakunensis*), 문배나무(*P. ussuriensis* var. *seoulensis*), 무심이배(*P. ussuriensis* var. *seoulensis*) 등 5종류의 한국산 야생배와 신고배의 페놀성 물질의 함량을 분석한 결과, 총 폴리페놀의 함량은 신고배(76.8 mg·g⁻¹, D.W.), 총 플라보노이드의 함량은 취양네(1.12 mg·g⁻¹, D.W.)에서 가장 많았다. 식물의 종류에 따라 총 폴리페놀과 플라보노이드의 함량은 각기 달랐으나, *P. pyrifolia* 계통에서는 총 폴리페놀의 함량이 총 플라보노이드의 함량보다 많고, *P. ussuriensis*

계통에서는 총 플라보노이드의 함량이 총 폴리페놀의 함량보다 많은 경향을 보였다. DPPH radical 소거활성은 문배나무(RC₅₀=1.45 mg·mL⁻¹), ABTS radical 소거활성은 취양네(RC₅₀=0.69 mg·mL⁻¹)에서 가장 우수하였다. 신고배는 총 폴리페놀의 함량이 가장 높았으나 DPPH와 ABTS radical 소거활성은 가장 낮았으며, 문배나무의 과실은 페놀성 물질의 함량은 낮았으나 radical 소거능이 우수한 특징을 보였다. Fe²⁺ chelating은 radical 소거능이 낮았던 신고배(95.93%)와 무심이배(68.71%)에서 우수하였다. 따라서 야생배의 페놀성 물질의 함량은 radical 소거활성과 반드시 비례하지 않으며, 추출물의 radical 소거활성 또한 Fe²⁺ chelating 활성과 비례하지 않는 것으로 나타났다. 연구의 결과, 한국산 야생배 중 취양네, 문배나무, 무심이배의 과실은 신고배보다 항산화 활성이 우수하거나 유사한 것으로 나타나 항산화 기능성 천연소재로 활용가치가 높은 것으로 나타났다. 그러나 이들은 각기 우수한 항산화 활성이 다르므로 단독으로 사용하기 보다는 함께 이용하여 항산화활성을 증가시킬 수 있는 방법을 개발할 필요가 있는 것으로 생각되었다.

사 사

이 논문은 2009년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비지원에 의하여 연구되었음.

인용문헌

Ahn, B.J., J.T. Lee, J.H. Gwag, J.M. Park, J.Y. Lee, J.H. Shon, J.H. Bae, and C. Chung. 2004. Biological activity of polyphenol group fraction from Korean pear peel. J. Kor. Soc. Appl. Biol. Chem. 47:92-95 (in Korean).
Blois, M.S. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. Nature 26:1198-1204.
Bors, W. and M. Saran. 1987. Radical scavenging by flavonoid antioxidants. Free Rad. Res. Comm. 2:289-294.
Braca, A., M. Politi, R. Sanogo, H. Sanou, I. Morelli, C. Pizza, and N. D.T. 2003. Chemical composition and antioxidant activity of phenolic compounds from wild and cultivated *Scerocarya birrea* (Anacardiaceae) leaves. J. Agric. Food Chem. 51:6689-6695.
Choi, H.J., H.S. Han, J.H. Park, J.H. Bae, H.S. Woo, B.J. An, M.J. Bae, H.G. Kim, and C. Choi. 2003. Effect of

- polyphenol compounds from Korean pear on immuno-functional activity. *Kor. J. Food Cult.* 18:303-310 (in Korean).
- Choi, H.J., J.H. Park, H.S. Han, J.H. Son, and C. Choi. 2004. Effect of polyphenol compounds from Korean pear on lipid metabolism. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* 33:299-304 (in Korean).
- Choi, J.H., E.Y. Lee, J.S. Kim, G.B. Choi, S.G. Jung, Y.S. Ham, D.C. Seo, and J.S. Hea. 2006. Physiological activities according to cultivars and parts of Ulsan pear. *J. Kor. Soc. Appl. Biol. Chem.* 49:43-48 (in Korean).
- Ji, L.L. 1996. Exercise, oxidative stress and antioxidants. *Am. J. Sports Med.* 24(6 Suppl.):S20-S24.
- Fitzpatrick, D.F., S.L. Hirschfield, and R.G. Coffey. 1993. Endothelium-dependent vasorelaxing activity of wine and other grape products. *Amer. J. Physiol.* 265:H774-H778.
- Fridovich, I. 1986. Biological effect of the superoxide radical. *Arch. Biochem. Biophys.* 247:1-11.
- Halliwel, B. 1997. Antioxidants and human disease: A general introduction. *Nut. Rev.* 55:267-277.
- Hasimoto, F., G.I. Nonaka, and I. Nishioka. 1989. Tannins and related compound from Oolong tea. *Chem. Pharm. Bull.* 37:3255-3263.
- Heo, J.C., K.Y. Lee, B.G. Lee, S.Y. Choi, S.H. Lee, and S.H. Lee. 2010. Anti-allergic activities of ultra-fine powder from persimmon. *Kor. J. Food Preserv.* 17:145-150 (in Korean).
- Hong, S.S., Y.P. Hong, B.S. Im, D.S. Jeong, and I.S. Shin. 2004. Influence of picking stage storage type on the fruit respiration change and panel test in 'Wonwang', 'Hwasan', and 'Mansoo' pear. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 22:55-62 (in Korean).
- Jangaard, N.O. 1970. Thin-layer chromatography of some plant phenolics. *J. Chromat.* 50:146-148.
- Labuza, T.P. 1971. Kinetics of lipid oxidation in foods. *CRC Crit. Rev. Food Technol.* 2:335-405.
- Lee, C.B. 1999. *Illustrated Flora of Korea*. Hyangmoonsa. Seoul (in Korean).
- Lee, D.S., S.K. Woo, and C.B. Yang. 1975. Studies on the chemical composition of major fruits in Korea. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 4:123-139 (in Korean).
- Park, H.M., K.S. Lee, J.S. Hong, and M.J. Oh. 2009. Changes of chemical components during fermentation of pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai) wine. *J. Agri. Sci. Chungnam Natl. Univ.* 36:199-209 (in Korean).
- Park, Y., S.H. Choi, S.H. Kim, Y.S. Jang, J. Han, and H.G. Chung. 2008. Functional composition and antioxidant activity from the fruits of *Rubus coreanus* according to cultivars. *Mokchae Konghak* 36:102-109 (in Korean).
- Kim, E.Y., I.H. Baik, J.H. Kim, S.R. Kim, and M.R. Rhyu. 2004. Screening of the antioxidant activity of some medicinal plants. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 36:333-338 (in Korean).
- Kim, H.S., K.M. Ku, J.K. Suh, and Y.H. Kang. 2009. Quinone reductase inductive activity and growth inhibitory effect against hepatoma cell of oriental melon extract. *J. Bio-Environm. Cont.* 18:448-453 (in Korean).
- Kim, H.Y., K.S. Woo, I.G. Hwang, Y.R. Lee, and H.S. Jeong. 2008. Effects of heat treatments on the antioxidant activities of fruits and vegetables. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 40:166-170 (in Korean).
- NFRI. 1990. *Manuals of quality characteristic analysis for food quality evaluation (2)*. National Food Research Institute, Skuba (in Japanese).
- Okuda T., T. Yoshida, and M. Ashida. 1981. Tannins of medicinal plants and drugs. *Heterocycles* 16:1618-1622.
- Re, R., N. Pellegrini, A. Proteggente, A. Pannala, M. Yang, and C. Rice-Evans. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Rad. Biol. Med.* 26:1231-1237.
- Sato, M., N. Ramarathnam, Y. Suzuki, T. Ohkubo, M. Takeuchi, and H. Ochi. 1996. Varietal differences in the phenolic content and superoxide radical scavenging potential of wines from different sources. *J. Agric. Food Chem.* 44:37-41.
- Štajner, D., N. Milić, N. Mimica-Dukić, B. Lazić, and R. Igić. 1998. Antioxidant abilities of cultivated and wild species of garlic. *Phytoth. Res.* 12:S13-S14.
- Velioglu, Y.S., G. Mazza, L. Cao, and B.D. Oomah. 1998. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products. *J. Agric. Food Chem.* 46:4113-4117.
- Verpoorte, R., A. Contin, and J. Memelink. 2002. Biotechnology for the production of plant secondary metabolites. *Phytochem. Rev.* 1:13-25.
- Yen, G.C., P.D. Duhb, and H.L. Tsai. 2002. Antioxidant and pro-oxidant properties of ascorbic acid and gallic acid. *Food Chem.* 79:307-313.
- Yu, T.J. 1989. *The food guide*. Munundang. Seoul. p. 166.
- Zhang, Y.B., H.J. Choi, H.S. Han, J.H. Park, J.H. Son, J.H. Bae, T.S. Seung, B.J. An, H.G. Kim, and C. Choi. 2003. Chemical structure of polyphenol isolated from Korean pear. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 35:959-967.

(접수일 2011.1.17; 수락일 2011.4.21)