식용 봄꽃(개나리꽃, 진달래꽃, 목련꽃, 벚꽃) 추출물의 항산화성분과 항산화활성 검색

김수민 · 김도연 · 박혜리 · 서지혜 · 염보민 · 진유정 · 표영희*
성신여자대학교 식품영양학과

Screening the Antioxidant Components and Antioxidant Activity of Extracts Derived from Five Varieties of Edible Spring Flowers

Su-Min Kim, Do-Yeon Kim, Hye-Ri Park, Ji-Hye Seo, Bo-Min Yeom, Yoo-Jung Jin, and Young-Hee Pyo*
Department of Food and Nutrition, Sungshin Women's University

Abstract This study was designed to investigate the *in vitro* antioxidant potentials and the antioxidant components of 80% ethanolic extracts prepared from five edible spring flowers. The contents of total phenols (14.1-18.9 mg gallic acid equivalents/g of dry weight; DW), flavonoids (0.3-4.9 mg catechin equivalents), total carotenoids (1.9-578.1 µg β-carotene equivalents), and proanthocyanidins (2.8-23.5 mg catechin equivalents), were determined by spectrophotometry. In addition, the content of ascorbic acid (0.71-1.31 mg) was determined using HPLC with UV detection. All varieties of the flower examined showed antioxidant potential (1.2-46.1 mM Trolox equivalents/g DW), which was measured by the radical scavenging activity and the reducing power. Of the five flowers analyzed, *Prunus avium* L. showed the highest antioxidant activity. A strong correlation was found between the ascorbic acid ($r^2=0.75$), flavonoids ($r^2=0.71$), and total phenolic content ($r^2=0.64$) and the antioxidant parameters, suggesting that these components are likely significant contributors to the antioxidant capacity of the five spring flowers.

Keywords: spring flowers, antioxidant potentials, antioxidant components

서 론

최근 천연물 의약품 및 기능성식품에 관한 시장이 확대됨에 따라 천연 소재에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다(1). 기능성 소재물질에 관한 탐색 연구는 주로 민간요법이나 한방에서 이미 효능이 검증된 소재를 활용하고 있으며, 식이가 가능하고 부작용이 적은 천연물을 대상으로 다양한 형태의 건강기능성 식품과 의약품들이 개발되는 추세이다(2).

활성산소와 유리 라디칼은 세포를 노화시키고 동맥경화나 당뇨병, 암, 염증질환 등의 원인으로 알려지며(3) 유전자의 핵산 DNA에도 손상을 준다(4). 따라서 활성산소를 제거하는 능력인 항산화능을 갖춘 소재에 대한 관심은 날로 증가하고 있다. 이들 소재에 함유된 주요 생리활성의 천연 항산화제 성분은 비타민 E, C, 카로티노이드뿐만 아니라 플라보노이드와 페놀산 등의 폴리페놀 성분 등이 주요 성분으로 확인되어 왔다(2,5,6).

천연 항산화제의 대부분은 식물기원의 페놀성 항산화성 화합물로서 나무, 줄기, 잎, 열매, 뿌리, 꽃, 씨앗 등의 모든 부분에 존재하며, 이들 성분은 유리 라디칼의 생성을 지연시키거나 활성을 저해하는 항산화물질로 작용한다(2,6,7). 그 중에서도 꽃잎은 높

은 항산화활성을 갖는 플라보노이드 화합물을 다량 포함하고 있어 천연 항산화제로서의 많은 잠재력을 지닌 것으로 알려진다(7). 특히 봄에 개화하는 식물 중 개나리꽃(8), 진달래꽃(9), 벚꽃(10), 목련꽃(11,12) 등은 식용이 가능하며 특유의 생리적 약효성 때문에 일찍이 한방에서는 꽃잎 차의 소재로 널리 활용하였으며 최근에는 이들 꽃잎의 천연 식품 소재화에 대한 가능성을 제시하는 연구도 발표되어 왔다.

두견화로 불리는 진달래(*Rhododendron mucronulatum* Turcz.)는 진달래과의 낙엽관목으로, 색이 곱고 모양이 아름다워 이른 봄에 화전을 만들어 먹거나 술이나 차로 이용되어 왔으며 한방에서는 해수, 기관지염, 감기로 인한 두통에 효과가 있으며 이뇨작용이 알려져 왔다(9). 개나리(*Forsythia koreana* Nakai)는 몰부레나무과(*Oleaceae*)의 낙엽성 소교목으로, 열매로 조제한 연교는 항균작용과 항염증 및 혈압강하 작용 등이 알려져 있으나(8) 개나리꽃에 대한 연구는 상대적으로 미미한 실정이다. 벚나무 속에 속하는 벚나무(*Prunus Avium* L.)는 낙엽고목으로, 예로부터 꽃은 소금물에 침지 건조하여 차로 이용되었으며 위장과 폐 기능 향상은 물론 항균, 항산화, 항염증 등에 관한 효능이 알려져 있다(10). 한편, 우리나라의 목련과(*Magnoliaceae*) 식물은 백목련, 자목련 등의 약 15종이 분포하며 예로부터 한방에서 목련과 줄기껍질은 흉복부의 팽만감 해소 및 급만성 복통 치료의 약재로 널리 사용되어 왔다(11,12). 특히 백목련(*Magnolia demudata*)의 꽃봉오리는 자목련(*Magnolia liliflora*) 등의 꽃봉오리와 함께 거풍, 통규의 효능이 있어 두통, 코막힘, 축농증, 치통 등의 치료에 사용되었으며(12), 이들의 활성성분으로 lignan 계열과 flavonoid, alkaloid, terpenoid 계열의 화합물이 보고되어 왔다(8,13). 이처럼 봄꽃 식물

*Corresponding author: Young-Hee Pyo, Department of Food and Nutrition, Sungshin Women's University, Seoul 142-100, Korea
Tel: 82-2-920-7588
Fax: 82-2-920-2076
E-mail: rosapyo@sungshin.ac.kr
Received August 8, 2013; revised October 5, 2013;
accepted October 22, 2013

에 대한 새로운 기능성 소재로서의 개별적인 연구의 사례는 눈에 띄지만, 이들을 체계적으로 연구하여 비교 평가한 결과는 발견되지 않는다.

본 연구에서는 우리나라의 봄철에 가장 흔히 볼 수 있는 대표적인 식용봄꽃인 개나리꽃, 진달래꽃, 벚꽃, 목련꽃(백목련, 자목련) 등의 꽃잎을 대상으로 이들 시료간의 항산화 활성성분과 항산화 활성을 비교 평가하여, 천연 항산화제 및 기능성 식용소재로서 개발 가능성을 검토하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 연구에 사용한 꽃은 서울시 미아동에 위치한 성신여대 운정 캠퍼스 내의 야산에서 채취한 것(2013년 3월 중순~4월 하순)으로 진달래꽃, 개나리꽃, 벚꽃, 목련꽃(백목련, 자목련) 등의 꽃잎만을 모아 세척 후 물기를 제거하여 동결 건조한(Modulyod-115, Thermo Electron Co., Waltham, MA, USA) 다음, 마쇄하여 1 mm 체에 통과시켜 냉동보관하며 실험에 사용하였다.

시료 조제

분말 시료 20 g에 80% 에탄올 200 mL을 첨가하여 상온에서 120 rpm의 진탕기에서 12시간씩 2회 추출하였다. 추출액은 모두 모아서 감압 여과한 다음 농축하여(Evaporator, EYELA, Tokyo, Japan) 동결 건조한 후 냉동고(-20°C)에 보관하며 사용하였다.

총 폴리페놀 함량

시료의 총 폴리페놀 함량은 Singleton과 Rossi의 방법(14)을 일부 변경하여 측정하였다. 추출시료 50 μ L에 2% Na_2CO_3 용액 1 mL을 가한 다음 3분간 반응시킨 후, 50% Folin-Ciocalteu 시약(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA) 50 μ L를 혼합하여 실온 암소에서 30분 동안 반응시킨 후 700 nm에서 흡광도(DU-650, Beckman Coulter, Anaheim, CA, USA)를 측정하였다. 시료의 총 폴리페놀 함량은 mg gallic acid equivalent (mg-GAE/g-DW)으로 나타내었다.

총 플라보노이드 함량

시료 속에 함유된 총 플라보노이드 함량은 Jia 등(15)의 방법을 일부 변경하여 측정하였다. 시료 1 mL에 5% NaNO_2 를 20 μ L 첨가하여 5분간 실온에서 반응시킨 후, 10% AlCl_3 20 μ L와 1 M NaOH 150 μ L를 혼합하여 반응액의 흡광도 값을 510 nm에서 측정하였다. 표준물질로 catechin (Sigma Chemical)을 이용하여 검량선을 작성하였고 총 플라보노이드 함량은 건조시료 g 당 mg catechin equivalent (mg CE/g DW)로 나타내었다.

비타민 C 함량

꽃 시료의 각 분말에 5% 메타인산(HPO_3) 용액을 첨가하여 추출한 후 원심분리(3000 rpm, 15 min)하여 상등액을 사용하였다. HPLC는 Agilent 1100 series (Agilent Technologies, Palo Alto, CA, USA), column은 Eclipse XDP-C18 (4.6 cm $\times$ 150 mm, 3.6 μ m, Agilent), detector는 UV (254 nm), mobile phase는 acetonitrile과 50 mM $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 를 6:4로 혼합하여 1.0 mL/min의 유속으로 분석하였다(16).

총 카로틴 함량

각 시료 1 g에 용매(n-hexane+acetone+ethanol, v/v; 50:25:25)

10 mL를 첨가하여 상온에서 120 rpm의 진탕기로 15분간 반복 추출하여 원심분리하였다. 상등액을 10 mL로 정용(추출용매)한 후 450 nm에서 측정하였다(17). 표준물질로 베타카로틴(Sigma Chemical)을 사용하여 검량선을 작성하였고, 총 카로틴 함량은 건조 시료 g 당 μ g β -carotene equivalent (μ g BCE/g DW)로 제시하였다.

Proanthocyanidins 함량

시료에 함유된 proanthocyanidins 함량은 vanillin-sulfuric acid 법(18)을 적용하여 측정하였다. 시료 추출액 0.5 mL에 4% vanillin 용액 3 mL과 25% H_2SO_4 용액 2 mL을 혼합하여 15분간 교반한 후, 원심분리하여 상등액의 흡광도를 500 nm에서 측정하였다. 표준물질로 catechin (Sigma Chemical)을 이용하여 검량선을 작성하였고 총 proanthocyanidins 함량은 건조시료 g 당 mg catechin equivalent (mg CE/g DW)로 나타내었다.

DPPH 라디칼 소거활성

항산화활성은 DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl; Sigma-Aldrich)에 대한 전자공여능(Electron donating ability)으로 시료에 대한 환원력을 측정하였다(19). 시료 100 μ L와 35 μ M DPPH 용액 900 μ L를 첨가한 후 10분 후에 514 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로 trolox (Sigma Chemical)을 이용하여 검량선을 작성하였고, 각 시료의 라디칼 소거능은 건조시료 g 당 mM trolox equivalent (mM TE/g DW)로 나타내었다.

ABTS 라디칼 소거활성

ABTS 라디칼 소거활성을 이용한 항산화력 측정은 ABTS cation decolorization assay 방법(20)에 따라 측정하였다. 7.4 mM의 ABTS (2,2'-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid, Sigma-Aldrich)와 2.6 mM의 potassium persulphate (Sigma-Aldrich)를 실온의 암소에서 24 시간 ABTS 양이온을 형성시켜 ABTS stock solution을 제조한 다음, 734 nm에서 흡광도 0.7 ± 0.04 로 희석한 ABTS 용액 900 μ L에 시료 100 μ L를 첨가하여 ABTS 라디칼 소거능을 측정하였다. 각 시료의 라디칼 소거능은 건조시료 g 당 mM trolox equivalent (mM TE/g DW)로 나타내었다.

FRAP 활성

Fe^{3+} 을 Fe^{2+} 로 환원시키는 각 시료의 환원력을 평가하기 위해 Ferric reducing antioxidant power (FRAP) 활성(21)을 측정하였다. 시료 추출액 50 μ L를 FRAP solution (25 mL acetate buffer +10 mM tripyridyl triazine 2.5 mL+20 mM $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 2.5 mL) 950 μ L와 혼합하여 암소에서 20분 반응시킨 후 593 nm에서 측정하였다. 각 시료의 FRAP 활성은 건조시료 g 당 mM trolox equivalent (mM TE/g DW)로 나타내었다.

통계처리

실험결과를 3회 반복 측정한 후 평균 $\pm$ 표준편차로 나타내었다. 각 평균치간의 유의성은 SPSS program (SPSS, Chicago, IL, USA)을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였으며, 통계적 유의성은 5% 수준에서($p < 0.05$) Duncan's multiple range test로 검정하였다.

결과 및 고찰

총 페놀, 플라보노이드, 비타민 C, 총 카로틴, proanthocyanidins 함량 식물체에는 특수한 색깔과 고유의 맛을 주는 페놀성 화합

Table 1. The contents of antioxidant components in 80% ethanol extracts of five spring flowers

Scientific name (Image)	Total phenolics (mg GAE) ¹⁾	Flavonoids (mg CE) ²⁾	Vitamin C (mg)	Total carotenoids (μ g BCE) ³⁾	Proanthocyanidins (mg CE) ²⁾
<i>Forsythia koreana</i> Nakai	18.9 $\pm$ 1.1 ^a	3.1 $\pm$ 0.0 ^b	0.71 $\pm$ 0.06 ^b	578.1 $\pm$ 13.7 ^a	5.3 $\pm$ 0.2 ^c
<i>Rhododendron mucronulatum</i> Turcz.	17.3 $\pm$ 1.1 ^b	1.7 $\pm$ 0.1 ^d	1.25 $\pm$ 0.24 ^a	3.2 $\pm$ 0.2 ^c	23.5 $\pm$ 1.3 ^a
<i>Prunus avium</i>	18.7 $\pm$ 1.5 ^a	4.9 $\pm$ 0.2 ^a	1.31 $\pm$ 0.28 ^a	36.9 $\pm$ 0.3 ^b	9.7 $\pm$ 1.0 ^b
<i>Magnolia liliflora</i>	14.1 $\pm$ 1.1 ^c	0.3 $\pm$ 0.0 ^c	ND ⁴⁾	5.2 $\pm$ 0.2 ^c	2.8 $\pm$ 0.0 ^d
<i>Magnolia denudata</i>	18.2 $\pm$ 0.9 ^a	2.1 $\pm$ 0.1 ^c	ND	1.9 $\pm$ 0.6 ^c	3.1 $\pm$ 0.2 ^d

Data are expressed as mean $\pm$ SD of triplicate experiments.

Means in the same column with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

¹⁾Expressed as mg gallic acid equivalents(GAE) per g dry weight.

²⁾Expressed as mg catechin equivalents(CE) per g dry weight.

³⁾Expressed as μ g β -carotene equivalents(BCE) per g dry weight

⁴⁾ND: not detected

물이 존재하며(1,2), 페놀성 화합물에 존재하는 phenolic hydroxyl (OH) 기는 단백질 등과 결합하는 성질을 가지며 항산화, 항암 및 항균 효과 등의 생리활성을 나타낸다(1-5). 다섯 가지 꽃잎 추출물의 총 폴리페놀 함량은 Table 1에서와 같이 gallic acid 등량값으로 표시할 때, 건조시료 g 당 14.1-18.9 mg으로 측정되었으며, 자목련을 제외한 나머지 시료 간 총 폴리페놀 함량의 유의적 차이($p > 0.05$)는 나타나지 않았다. 개나리가 18.9 mg으로 가장 높았으며 자목련은 14.1 mg으로 가장 낮았으나($p < 0.05$) 백목련과 벚꽃은 개나리와 비슷한 함량을 나타내었다. 천연 소재에 함유된 폴리페놀 함량은 Folin-Ciocalteu 시약을 이용하는 방법 및 절차 등 여러 요인에 따라서 측정치간의 결과가 다르게 나타날 수 있다(14). 이들 꽃잎 추출물의 총 폴리페놀 함량은 Cho 등(22)이 보고한 진달래꽃 에탄올 추출물의 30.6 mg과 Heo와 Wang(23)의 민들레 지상부 메탄올 추출물의 48.2 mg 보다 적은 함량으로 비교되나, 이들 data는 추출물(extracts) g 속에 함유된 양을 제시한 것이므로 오히려 본 실험의 시료 분말 g에 함유된 함량이 최소한 2배 이상 더 높게 함유된 것을 알 수 있다. 따라서 이른 봄에 흔히 볼 수 있는 5 종의 봄꽃의 꽃잎에는 높은 수준의 총 폴리페놀 함량이 함유된 것으로 나타났다.

플라보노이드는 가장 중요한 페놀류의 화합물로 diphenylpropanes ($C_6-C_3-C_6$)의 기본 골격 구조를 갖는 것이 특징이다(24). 이들 화합물은 유리기를 소거하거나 유리기의 연쇄반응을 종결시키는 강력한 항산화능의 기전을 통해 심혈관계 질환과 암발생의 위험을 감소하는 작용 등이 보고되었다(15,25). 5종의 봄꽃 추출물에 함유된 플라보노이드의 함량은 카테킨 등량값(mg CE/g DW)으로 표시할 때, 건조시료 g 당 0.3-4.9 mg의 농도로 분포되었다(Table

1). 총 플라보노이드 함량이 가장 높은 시료는 4.9 mg의 벚꽃이었으며 개나리(3.1 mg), 백목련(2.1 mg), 진달래(1.7 mg) 순으로 나타났다. 그러나 Nho 등(26)은 목련꽃 에탄올 추출물(extracts) 중, 에틸아세테이트 분획물에서 가장 높은 356.1 mg을 보고하여 꽃잎의 총 플라보노이드 함량은 용매별 분획물에 따라 그 결과가 크게 달라지는 것을 알 수 있다. 예상과는 달리 자목련의 플라보노이드 함량은 총 페놀 함량에서처럼 모든 시료 중 가장 낮은 (0.3 mg) 농도로 나타나 벚꽃 보다 16배, 백목련 보다 7배나 적게 함유되었다. 이 같은 결과는 Lee(11)와 Jo(12) 등이 보고한 바와 같이, 백목련이 자목련 보다 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량이 더 높았다는 그들의 연구결과와 유사한 경향을 보여 주었다.

유기체 내의 대표적인 항산화물질인 비타민 C는 비타민 E와 함께 유리된 라디칼을 효과적으로 소거하는 물질로서(27), 꽃잎 건조시료 중량 당 비타민 C의 농도는 0.71-1.31 mg으로 나타났다. Table 1에서와 같이 벚꽃 시료는 가장 높은 함량(1.31 mg)으로 분석되었으나, 목련꽃은 백목련과 자목련 모두 본 실험조건에서는 검출되지 않았다. Shang 등(13)에 따르면 꽃잎의 대표적인 생리활성 성분은 lignan과 sesquiterpenes 및 alkaloid라 하였으나, 비타민 C의 농도는 밝혀지지 않았다. 일반적으로 비타민 C의 함량은 과일의 껍질 부위에 높게 분포하므로 벚꽃에 함유된 비타민 C 함량의 수준을 평가하면, 오렌지 껍질의 2.21 mg과 골든키위 껍질의 1.94 mg에 비해 낮았으나, 자두(0.43 mg)나 포도껍질(0.15 mg)보다는 3배에서 8배 더 높은 수준으로 비교되어(16) 벚꽃의 비타민 C 함유량이 비교적 높은 수준인 것을 알 수 있었다.

베타카로틴과 같이 β -이오논 핵을 갖는 카로티노이드 계열의 화합물은 체내에서 레티놀로 전환되어 프로비타민 A로 작용할

뿐만 아니라 최근에는 베타카로틴의 항산화 및 항암 효과에 대한 연구가 많이 보고되면서(27,28) 이들 화합물에 대한 관심이 고조되고 있다. 5종의 꽃잎 추출물에 함유된 총 카로틴 함량을 건조 시료 g 당 베타카로틴의 등량값($\mu\text{g BCE/g DW}$)으로 나타낸 결과는 1.86-578.11 μg 의 광범위한 농도로 나타났다(Table 1). 식물의 노랑, 오렌지, 빨강색의 지용성 화합물인 카로티노이드의 총 함량이 가장 높은 시료는 예상대로 개나리의 578.11 μg 으로 나타났으며, 가장 낮은 꽃잎 시료는 백목련의 1.86 μg 으로 나타나 개나리가 무려 310배나 더 높은 카로틴 함량을 함유하였다. 한편 총 폴리페놀과 플라보노이드 함량이 자목련보다 높았던 백목련의 카로틴함량은 자목련보다 2.7배 낮은 함량으로 비교되었다.

생리활성의 바이오플라보노이드(bioflavonoids)의 한 부류인 프로안토시아니딘(proanthocyanidin)은 축합된 탄닌 물질로 알려지며(29), 이들 물질은 생체 내에서 유리기 소거능과 관련된 산화환원 반응을 통해 항산화작용을 나타낸다(30). 본 실험의 꽃 시료에 함유된 프로안토시아니딘의 함량을 건조 시료 g 당 카테킨의 등량값(mg CE)으로 나타낸 결과는 Table 1과 같다. 프로안토시아니딘의 함량은 5종의 꽃잎 시료 중 진달래 꽃잎은 23.5 mg으로 가장 높았으며 벚꽃(9.7 mg), 개나리(5.3 mg), 백목련(3.1 mg), 자목련(2.8 mg) 순으로 나타났다. 흥미롭게도 시각적으로 비슷한 색깔의 부류라고 기대했던 자목련의 프로안토시아니딘의 함량은 진달래에 비해 8배나 적게 함유되어 이들 꽃 색깔의 각기 다른 파장이 활성성분의 농도에 영향을 미치는 것을 알 수 있다.

항산화활성

식용 봄꽃 5종의 항산화활성을 평가하기 위해 유리 라디칼 소거능을 평가하는 ABTS 라디칼과 DPPH 라디칼 소거능을 측정하였고, Fe^{3+} 를 Fe^{2+} 로 환원시키는 시료의 환원능을 측정하기 위해 FRAP 분석을 실시하였다. 이들 항산화활성 측정의 결과는 건조시료 중량 당 모두 표준 항산화제인 trolox의 등량값(mM TE/g DW)으로 나타내었다. Fig. 1에서와 같이 ABTS 라디칼 소거능은 꽃잎 건조시료 g 당 벚꽃이 46.1 mM로 가장 높았고 자목련은 12.8 mM로 가장 낮은 소거능을 나타내었다. 봄꽃 시료간의 ABTS 라디칼 소거능은 서로 유의적인 차이($p < 0.05$)를 나타내었으며 벚꽃과 개나리꽃(40.8 mM)이 비교적 높은 소거능을 나타내어 자목련에 비해 모두 3배 이상의 항산화활성을 갖는 것으로 비교되었다. 일반적으로 시료에 함유된 페놀성 화합물의 농도가 높을수록 유리 라디칼의 소거능은 높아진다는 기존의 보고(6,12)와 같이 벚꽃과 개나리꽃의 총 페놀함량과 플라보노이드 함량 역시 본 실험의 모든 시료 중 가장 높게 분포되었다. 그러나 라디칼의 기질에 따라 선택적으로 작용하는 페놀성 화합물의 종류도 달라지며(24) 꽃 시료의 DPPH 라디칼에 대한 소거능을 평가한 결과는 Fig. 1과 같다. 그림에서와 같이, ABTS 소거능의 결과와 유사하게 DPPH 라디칼에 대한 시료의 소거능($r^2 = 0.97$)도 벚꽃(43.3 mM)이 가장 높았으며 개나리(40.4 mM), 진달래(34.5 mM), 백목련(14.7 mM), 자목련(1.2 mM)의 순으로 라디칼 소거활성이 비교되었다. 한편, 개나리의 에탄올 추출물은 100 ppm에서 80% 이상의 DPPH 라디칼 소거율을 보여 국내산 생약의 36.7-65.1%의 소거율에 비해 개나리 추출물이 다른 식물의 추출물에 비해 높은 항산화력을 갖고 있음이 보고되었다(31). 또한 목련 꽃잎의 에탄올 추출물의 항산화 활성은 α -tocopherol 과 합성항산화제인 BHA 보다는 낮았으나(22), 민들레의 지상부 메탄올 추출물 보다 높은 항산화활성이 보고되었다(23). 본 실험에서는 특히 5종의 시료 중에서도 벚꽃의 라디칼 소거활성이 목련꽃에 비해 약 3-5배 정도 더 높은 수준으로 나타났다. 일반적으로 꽃 추출물은 잎이나 종

Fig. 1. Antioxidant activities of 80% ethanol extracts from five spring flowers. Data are expressed as mean $\pm$ SD of triplicate experiments. TE value expressed as mM trolox equivalents per dry weight of flower. Different letters in the bars are significantly different ($p < 0.05$).

자의 추출물에 비해 더 높은 폴리페놀, 플라보노이드, 안토시아닌, 프로안토시아니딘 등을 함유하고 있어 매우 우수한 항산화물질로 보고되어 왔다(7-9).

식이성 폴리페놀의 항산화성분을 평가하는데 널리 이용되어 온 FRAP 분석은 생리적 조건과는 달리 pH 3.6 이하의 조건에서 ferric tripyridyltriazine [Fe(III)-TPTZ]2 복합체가 항산화제에 의해 ferrous tripyridyltriazine [Fe(II)-TPTZ]2로 환원되는 원리를 이용한 분석방법이다(21). Fig. 1에서와 같이 꽃 시료의 FRAP 측정 결과

Fig. 2. Antioxidant activities in different concentrations of 80% ethanol extract from *Prunus avium* L. flower. Data are expressed as mean±SD of triplicate experiments. TE value expressed as mM trolox equivalents per dry weight of flower. Different letters on sample concentrations are different ($p < 0.05$).

는 ABTS ($r^2=0.9646$)는 물론 DPPH ($r^2=0.9989$)의 측정 결과와 매우 높은 상관도를 보여 주었다. 이 같은 결과는 일반적으로 환원력 측정 결과와 라디칼 소거활성의 결과는 비교적 일관되게 비슷한 경향을 나타낸다는 기존의 보고(5,12,16)와 유사한 것으로 평가된다. 건조시료 g 당 벚꽃 추출물의 환원력은 trolox 등량값으로 35.4 mM로 나타나서 개나리의 34.3 mM과 함께 가장 높은 환원성을 보여주었다($p > 0.05$). 그러나 자목련은 4.1 mM로 가장 적게 나타나, 앞에서의 라디칼 소거활성의 결과와 같이 FRAP 측정의 결과 역시 가장 낮은 활성으로 비교되었다($p < 0.05$). 이 같은 자목련의 환원력 활성은 백목련의 14.8 mM에 비해서도 3.6배 낮은 것으로 비교되어 같은 목련과의 시료 간에도 종(species)의 종류에 따라 항산화 활성성분의 종류와 항산화활성 결과가 다르게 나타남을 알 수 있다. 목련의 생리활성의 주성분은 lignan으로 주로 목질부, 잎 및 수피에 함유되어 있으며 항산화, 항균 및 항종양 등의 생리활성 등이 보고되어 왔다(11-13). 본 실험에 사용한 꽃잎 시료 중 벚꽃의 시료는 총 폴리페놀, 플라보노이드, 총 카로티노이드, 비타민 C, 프로안토시아닌 등의 항산화성분은 물론 ABTS, DPPH 라디칼 소거능과 FRAP의 환원력과 같은 항산화활성의 측정 결과에서도 다른 시료에 비해 모두 탁월한 것으로 비교되었다. 따라서 벚꽃 시료의 농도에 따른 ABTS 라디칼 소거능과 FRAP 측정에 따른 환원력 활성에 대한 영향을 평가한 결과는 Fig. 2와 같다. 그림에서와 같이 벚꽃 추출물은 농도에 따른 ABTS 라디칼 소거능은 물론 FRAP 측정에 따른 환원력 역시 농도 의존적으로 항산화 활성이 증가하는 것을 알 수 있다. 이 같은 결과는 벚꽃의 80% 에탄올 추출물은 천연의 우수한 항산화 소재로써, 벚꽃에 함유된 여러 생리활성 성분들의 농도에 따른 결과로 평가된다. 따라서 본 실험에 활용된 5 종의 봄

꽃 추출물에 함유된 생리활성 성분과 세 가지 항산화측정법으로 얻어진 항산화활성 결과간의 상관계수를 평가하는 것은 이들 성분과 항산화활성의 인과관계를 이해하는데 중요한 근거가 될 수 있다.

항산화활성과 항산화성분과의 상관관계

식용 봄꽃 5종에 함유된 생리활성 성분과 세 가지 항산화활성 측정법으로 평가된 항산화 활성간의 상관관계는 Table 2와 같다. 꽃 시료에 함유된 생리활성 성분 중 항산화활성에 비교적 높은 영향을 미친 성분은 비타민 C ($r^2=0.7529$)의 농도로 나타났으며 총 플라보노이드($r^2=0.7108$)와 총 폴리페놀 함량($r^2=0.6435$)도 정의 상관도가 높은 유효성분으로 나타났다. 그러나 베타카로틴의 등량값으로 측정된 시료 중의 총 카로티노이드 함량과, 카테킨의 등량값으로 측정된 프로안토시아닌의 농도는 세 가지 항산화활성 결과와의 상관계수가 각각 $r^2=0.2100$ 과 $r^2=0.2031$ 로 나타나 봄꽃 추출물의 항산화활성은 주로 자체 내의 페놀성 물질과 비타민 C의 농도에 따라 보다 높은 영향을 받는 것을 알 수 있다. 그러나 개나리와 진달래꽃의 항산화 활성은 각각 페놀성 물질 이외에 총 카로티노이드의 함량($r^2=0.7011$) 및 프로안토시아닌의 함량($r^2=0.7962$)과도 비교적 높은 상관도가 성립되었다. 이 같은 결과는 꽃 시료의 색깔에 따라 시료간의 항산화능이 달라지며, 꽃 시료 고유의 색깔 성분이 주요 항산화 작용인자로 기여하여 각기 다른 꽃잎의 항산화활성이 나타난 것으로 평가된다.

요 약

우리나라의 대표적인 식용 봄꽃 중 개나리꽃, 진달래꽃, 벚꽃, 목련꽃(백목련, 자목련) 등의 80% 에탄올 추출물에 함유된 항산화 활성성분과 항산화활성을 측정한 결과는 다음과 같다. 5종의 봄꽃 시료의 건물 중량(g of dry weight)에 함유된 생리활성 성분 중 총 페놀함량은 gallic acid 등량값으로 14.1-18.9 mg이며, 총 플라보노이드 함량은 catechin 등량값으로 0.3-4.9 mg으로 나타났다. 또한 비타민 C의 함량은 0.71-1.31 mg이었으며, 총 카로티노이드 함량은 베타카로틴 등량값으로 1.9-578.1 μ g으로 나타났으며 프로안토시아닌의 함량은 카테킨의 등량값으로 2.8-23.5 mg으로 측정되었다. DPPH와 ABTS 라디칼 소거능 및 FRAP 분석의 환원력에 의한 시료의 항산화활성은 건물시료 중량 당 trolox 등량값으로 1.2-46.1 mM로 나타났다($p < 0.05$). 이들 항산화활성에 상관도(r^2)가 가장 높은 생리활성 성분은 비타민 C, 플라보노이드, 총 폴리페놀 함량의 순으로 나타나 이들 성분이 항산화활성의 주요 인자로 확인되었다. 본 실험에 사용된 5종의 봄꽃 시료 중 항산화활성 성분이 다양하면서 동시에 항산화능이 가장 탁월한 시료는 벚꽃으로 나타났으며($p < 0.05$), 이들의 항산화활성은 시료 농도(1-1000 mg)에 비례하는 것으로($p < 0.05$) 나타나, 천연 항산화제 및 기능성 식이소재로서의 잠재적 활용 가능성이 가장 높은 꽃으로 평가되었다.

Table 2. Pearson's correlation coefficient (r^2) between antioxidant capacity and total phenolics (TP), total flavonoids (TF), vitamin C (Vit C), total carotenoids (TC), and proanthocyanidins in 80% ethanol extracts from five spring flowers

	TP	TF	Vit C	TC	Proantho-cyanidins
ABTS	0.5949	0.7725	0.7513	0.2004	0.1536
DPPH	0.6583	0.6831	0.7691	0.2043	0.2340
FRAP	0.6774	0.6770	0.7444	0.2253	0.2217

감사의 글

본 연구는 성신여자대학교 학술연구조성비 지원에 의하여 연구되었으므로 감사드립니다.

References

- Katsube T, Tabata H, Ohta Y, Yamasaki Y, Anuurad E, Yamane Y. Screening for antioxidant activity in edible plant products. *J. Agr. Food Chem.* 52: 2391-2396 (2004)
- Wang Q, Kuang H, Su Yang, Sun Y, Feng J, Guo R, Chan K. Naturally derived anti-inflammatory compounds from Chinese medicinal plants. *J. Ethnopharmacol.* 146: 9-39 (2013)
- Willcox JK, Ash SL, Catignani GL. Antioxidants and prevention of chronic disease. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 44: 275-295 (2004)
- Benzie IFF. Evolution of antioxidant defense mechanisms. *Eur. J. Nutr.* 39: 53-61 (2000)
- Zhang L, Ravipati AS, Koyyalamudi SR, Jeong SC, Reddy N, Smith PT, Bartlett J, Shanmugam K, Münch G, Wu MJ. Antioxidant and anti-inflammatory activities of selected medicinal plants containing phenolic and flavonoid compounds. *J. Agr. Food Chem.* 59: 12361-12367 (2011)
- Pyo YH, Lee TC, Logendra L, Rogen RT. Antioxidant activity and phenolic compounds of Swiss chard extracts. *Food Chem.* 85: 19-26 (2004)
- Elzaawely AA, Xuan TD, Koyama H, Tawata S. Antioxidant activity and contents of essential oil and phenolic compounds in flowers and seeds of *A. zerumbet* (Pers.). *Food Chem.* 104: 1648-1653 (2007)
- Lim HL, Lee JG, Lee SH, Kim YS, Kim HP. Anti-inflammatory activity of phylligenin, a lignan from the fruits of *Forsythia koreana*, and its cellular mechanism of action. *J. Ethnopharmacol.* 118: 113-117 (2008)
- Cho YJ, Ju IS, Chun SS, An BJ, Kim JH, Kim MU, Kwon OJ. Screening of biological activities of extracts from *Rhododendron mucronulatum* Turcz. flowers. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 37: 276-281 (2008)
- Ballistreri G, Continella A, Gentile A, Amenta M, Fabroni S, Rapisarda P. Fruit quality and bioactive compounds relevant to human health of sweet cherry (*Prunus avium* L.) cultivars grown in Italy. *Food Chem.* 140: 630-638 (2013)
- Lee JY, Ko SH, Mun SJ, You JH, Kim SW. Investigation of forest therapeutic function according to the antioxidant activity and total phenolics in *Magnoliaceae* flower. *J. Korean Inst. Forest Recr.* 17: 81-86 (2013)
- Jo YH, Seo GU, Yuk HG, Lee SC. Antioxidant and tyrosinase inhibitory activities of methanol extracts from *Magnolia denudata* and *Magnolia denudata* var. *purpurascens* flowers. *Food Res. Int.* 47: 197-200 (2012)
- Shang SZ, Kong LM, Yang LP, Jiang J, Huang J, Zhang HB, Shi YM, Zhao W, Li HL, Luo HR, Li Y, Xiao WL, Sun HD. Bioactive phenolic and terpenoids from *Manglietia insignis*. *Fitoterapia.* 84: 58-63 (2013)
- Singleton VL, Rossi JAJ. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Viticult.* 16: 144-158 (1965)
- Jia Z, Tang M, Wu J. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chem.* 64: 555-559 (1999)
- Lee MY, Yoo MS, Whang YJ, Jin YJ, Hong MH, Pyo YH. Vitamin C, total polyphenol, flavonoid contents and antioxidant capacity of several fruit peels. *Korean J. Food Sci. Technol.* 44: 540-544 (2012)
- Lee HS, Castle WS, Coates GA. High performance liquid chromatography for the characterization of carotenoids in the new sweet orange (Earlygold) grown in Florida, USA. *J. Chromatogr. A.* 913: 371-377 (2001)
- Mitsunaga T, Doi T, Kondo Y, Abe I. Color development of proanthocyanidins in vanillin-hydrochloric acid reaction. *J. Wood Sci.* 44: 125-130 (1998)
- Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Sci. Technol.* 28: 25-30 (1995)
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Bio. Med.* 26: 1231-1237 (1999)
- Benzie IF, Strain JJ. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": The FRAP assay. *Anal. Biochem.* 239: 70-76 (1996)
- Cho YJ, Ju IS, Chun SS, An BJ, Kim JH, Kim MU, Kwon OJ. Screening of biological activities of extracts from *Rhododendron mucronulatum* Turcz. flowers. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 37: 276-281 (2008)
- Heo SI, Wang MH. Antioxidant activity and cytotoxicity effect of extracts from *Taraxacum mongolicum* H. Kor. *J. Pharmacogn.* 39: 255-259 (2008)
- Rice-Evans CA, Miller NJ, Paganga G. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acid. *Free Radical Biol. Med.* 20: 933-956 (1996)
- Hertog MGL, Hollman PCH, Katan MB. Content of potentially anticarcinogenic flavonoids of 28 vegetables and 9 fruits commonly consumed in the Netherlands. *J. Agr. Food Chem.* 40: 2379-2383 (1992).
- Nho JW, Hwang IG, Joung EM, Kim HY, Chang SJ, Jeong HS. Biological activities of *Magnolia denudata* Desr. flower extracts. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 38: 1478-1484 (2009)
- Byers T, Perry G. Dietary carotenes, vitamin C, and vitamin E as protective antioxidants in human cancers. *Annu. Rev. Nutr.* 12: 139-159 (1992)
- Ozhogina OA, Kasaikina OT. β -Carotene as an interceptor of free radicals. *Free Radical Biol. Med.* 19: 575-581 (1995)
- Carando S, Teissedre PL, Pascual-Martinez L, Cabanis JC. Levels of flavan-3-ols in French wines. *J. Agr. Food Chem.* 47: 4161-4166 (1999)
- Fan J, Ding X, Gu W. Radical-scavenging proanthocyanidins from sea buckthorn seed. *Food Chem.* 102: 168-177 (2007)
- Jung SH, Jo WA, Son JH, Choi EY, Park CI, Lee IC, An BJ, Son AR, Kim SK, Kim YS, Lee JT. A study on the application of cosmetic materials and the physiological activities of *Forsythia koreana* Nakai. *Kor. J. Herbology.* 20: 61-68 (2005)