

# 매화꽃봉오리의 추출용매별 항산화 효과

김단희 · 복영옥 · 이현순<sup>1</sup> · 우원홍<sup>2,3</sup> · 문연자\*

원광대학교 한의학전문대학원 한약자원개발학과, 1: 국가식품클러스터지원센터 연구개발팀, 2: 원광대학교 한의과대학 해부학교실, 3: 원광대학교 한국전통의학연구소

## Antioxidant Activities of *Prunus mume* flower buds Extract by Various Solvents

Dan Hee Kim, Young Ok Bok, Hyun Soon Lee<sup>1</sup>, Won Hong Woo<sup>2,3</sup>, Yeun Ja Mun\*

Department of Herbal Resources, Professional Graduate School of Korean Medicine, Wonkwang University,

1: Research Development Team, Agency for Korea National Food Cluster,

2: Department of Anatomy, College of Korean Medicine, Wonkwang University, 3: Research Center of Traditional Korean Medicine

This study investigated the antioxidant activities of distilled water, ethanol and methanol extracts of *Prunus mume* flower buds (PFB). The various solvent extracts of PFB were evaluated for their total polyphenol, flavonoid, reducing power and free radical scavenging activities by FRAP and DPPH analysis. The ethanol extract of PFB contained significantly higher amounts of total polyphenols (145 mg GAE/g) and flavonoids (25.43 mg QE/g) than methanol (132 and 25.42) and distilled water (113.6 and 18.04). Among solvent extracts of PFB, the ethanol extract showed the highest antioxidant activities. The 100% ethanol extract of PFB contained significantly higher amounts of total polyphenols and flavonoids than 70% and 50% ethanol extracts. Moreover, the 100% ethanol extract of PFB showed high efficacy in DPPH radical scavenging activity and in collagenase inhibition activity. This results suggest that 100% ethanol extract of PFB has the most effective antioxidant capacity compared to the methanol and water extracts tested in the present study. Thus, it can be applied for the effective extraction of functional material from PFB for usage of cosmeceutical and/or food industries.

keywords : *Prunus mume* flower bud, Antioxidant activities, Various solvent extraction, Collagenase

### 서 론

최근 다양한 기능성 성분을 함유하고 있는 천연 항산화소제에 대한 관심이 증가하고 있으며, 보다 높은 기능성과 안전성이 요구되는 천연소재 개발에 대한 연구가 이루어지고 있다<sup>1,2)</sup>. 생체 대사과정 중 생성되는 활성산소종(reactive oxygen species, ROS)은 세포 구성성분인 단백질, 지질 및 DNA를 손상하고, 이러한 산화스트레스는 다양한 질환의 원인으로 보고되었다<sup>3,4)</sup>. 천연물에 존재하는 대표적인 항산화물질로는 phenolic compounds<sup>5)</sup>, ascorbic acid<sup>6)</sup>, carotenoids<sup>7)</sup>, flavonoids<sup>8)</sup> 등이 있고, 천연 항산화제의 생리활성 물질은 대부분 식물 유래로 주로 폴리페놀 화합물인 것으로 알려져 있다<sup>9)</sup>. 폴리페놀성 화합물인 flavonoid, tannin, anthocyanin, carotenoid류, glutathione 등은 생체 내에서 노화를 억제시키고, 동맥경화, 염증, 퇴행성 질환 및 암을 예방하는데 효과적인 것으로 보고되었다<sup>10-12)</sup>.

매화나무(*Prunus mume*)는 장미목 장미과 벚나무속에 속하고

매실나무라고도 하며, 원산지는 중국 사천성과 호북성의 산간지로 알려져 있으며 한국, 중국, 일본을 포함한 동북아시아 일부 따뜻한 기후 지역을 중심으로 재배되고 있다<sup>13)</sup>. 매화나무의 과실인 매실은 Fe, Zn, Mg, Cu, Ca 등 다양한 무기물과 citric acid, malic acid, succinic acid, tartaric acid 등 각종 유기산을 함유하고 있으며<sup>14,15)</sup>, 효능으로는 피로회복, 간 기능 회복 및 위 소화촉진, 당뇨 개선, 항암 작용, 항균 효과 등이 보고되었다<sup>16-18)</sup>.

매화꽃(*Prunus mume* flower)은 봄을 미리 알리는 나무라 하여 춘고초(春苦草)라 하고, 우리나라 남부지방에서 3월부터 일보다 먼저 연한 붉은 색을 띤 흰빛 꽃을 피운다<sup>19)</sup>. 매화꽃은 꽃차로 애용되고 있으며, 식용꽃은 꽃잎이 가지고 있는 천연 항산화제 및 항암제로서의 잠재적 가치가 높을 뿐 아니라 건강 기능식품소재로 각광을 받고 있다. 매화 품종의 휘발성 향기 성분을 분석한 김 등<sup>20)</sup>은 생화에서 총 15종을 검출하였고, Yoshikawa 등<sup>21)</sup>과 Matsuda 등<sup>22)</sup>은 일본 매화에서 페놀화합물을 분리 하였다. 또한 Zheng과 Clifford<sup>23)</sup>는 재배 지역 또는 국가에 따라 페놀함량이 차이가 있을

\* Corresponding author

Yeun Ja Mun, Department of Herbal Resources, Professional Graduate School of Korean Medicine, Wonkwang University, 460, Iksan-daero, Iksan-si, Jeollabuk-do, Korea

E-mail : yjmun@wku.ac.kr Tel : +82-63-850-6942

Received : 2017/03/31 Revised : 2016/06/20 Accepted : 2017/06/22

© The Society of Pathology in Korean Medicine, The Physiological Society of Korean Medicine

pISSN 1738-7698 eISSN 2288-2529 http://dx.doi.org/10.15188/kjopp.2017.06.31.3.188

Available online at https://kmpath.jams.or.kr

것으로 보고하였다. 이에 본 연구에서는 기능성 소재로서 매화꽃봉오리(*Plunus mume* flower buds, PFB)의 효능과 최적 조건을 수립하기 위한 일환으로 추출용매별 총 polyphenol 및 flavonoid 함량, 항산화능 및 콜라겐분해효소 억제능을 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 시료 추출

본 실험에 사용된 매화꽃봉오리는 2016년 3월 광양시 봉강면 조령리 산 222에서 수확하여 동결건조 한 후 시료 1 g에 각각 150 mL의 distilled water(D.W), 에탄올(EtOH), 메탄올(MeOH)을 넣어 환류추출 후 여과(Whatman No.2, Tokyo, Japan)하였다. 이를 rotary evaporator로 감압 농축한 후 동결건조(LP20, Ilshin, Korea)하여 사용하였다.

### 2. Polyphenol 및 Flavonoid 함량 측정

총 polyphenol 함량 분석은 Folin-Denis법<sup>24)</sup>을 일부 변형하여 이용하였다<sup>25)</sup>. 시료를 1 mg/mL 농도로 용해시킨 후 시료액 50  $\mu$ L와 Folin-Ciocalteu's phenol reagent 25  $\mu$ L를 혼합하여 실온에서 5분간 반응시켰다. 그 후 20% sodium carbonate 125  $\mu$ L를 혼합한 다음 37°C 배양기에서 암 상태로 40분 동안 반응시킨 후 725 nm에서 흡광도를 측정 하였다. 총 polyphenol 함량은 gallic acid(Sigma-Aldrich Co.)를 표준물질로 이용하여 표준곡선으로부터 함량을 환산하였다.

총 flavonoid 함량은 Zhishen 등<sup>26)</sup>의 변형된 방법에 따라 측정하였다. 시료액 75  $\mu$ L에 증류수 50  $\mu$ L와 5% NaNO<sub>2</sub> 용액 7.5  $\mu$ L를 첨가한 뒤 5분간 방치한 뒤, 10% AlCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O 수용액 15  $\mu$ L를 가하여 6분간 반응시켰다. 6분 후 1N-NaOH 수용액 50  $\mu$ L를 가하고 10분간 상온에서 반응시킨 후 450 nm에서 흡광도를 측정 하였다. Quercetin을 표준액과 비교하여 함량을 계산하였다.

### 3. DPPH free radical 소거능과 Ferric reducing antioxidant power (FRAP) 측정

DPPH free radical 소거능 측정 방법<sup>27)</sup>을 이용하여 추출물 시료의 항산화 활성을 측정하였다. 시료를 1 mg/mL로 녹여 serial dilution 한 시료액 100  $\mu$ L 와 0.4  $\mu$ M DPPH 용액 100  $\mu$ L를 혼합하여 37°C에서 암 상태로 30분 반응 후 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 전자공여능(%)은 다음 식으로 나타내었다.

$$\text{전자공여능 (\%)} = \left( \frac{\text{반응군의 흡광도}}{\text{대조군의 흡광도}} \right) \times 100$$

FRAP 측정은 Benzi와 Strain<sup>28)</sup>에 의한 방법을 일부 변형하여 측정하였다. 300 mM sodium acetate buffer와 10 mM 2,4,6-tripyridyl-s-triazine, 20 mM iron(III) chloride hexahydrate를 각각 10:1:1로 섞어 FRAP reagent를 준비한다. FRAP reagent 180  $\mu$ L와 1 mg/mL의 농도로 희석한 추출물 시료 6  $\mu$ L를 혼합한 후 실온에서 5분 동안 반응시켜 593 nm에서 측정

하였다. 표준물질로 FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O(iron(II) sulfate heptahydrate)를 사용하였다.

### 4. Collagenase 활성 측정

Collagenase 활성 억제 평가 실험은 EnzCheck Gelatinase/Collagenase assay kit(Invitrogen, USA)를 사용하였으며 substrate로는 DQ™ gelatin from pig skin, fluorescein conjugate를 이용하여 측정하였다. 96 well plate에 reaction buffer를 150  $\mu$ L, 시료 20  $\mu$ L, collagenase(10  $\mu$ g/ml) 20  $\mu$ L, gelatin(100  $\mu$ g/ml) 10  $\mu$ L를 처리하고 37°C 암실에서 1시간 동안 반응시킨 후 fluorescence micro plate reader(Bio-tek, USA)를 사용해 495/515 nm에서 측정하였다.

### 5. 통계 처리

모든 실험은 3회 반복하였으며, 평균±표준편차로 표시하였고, SigmaPlot (San Jose, CA, USA)의 Student's t-test를 이용하여 p-value를 구하였으며 p값이 0.05 이하인 경우를 유의성이 있는 것으로 판정하였다.

## 결 과

### 1. 매화꽃봉오리 추출물의 용매별 총 Polyphenol 및 Flavonoid 함량 비교

Polyphenol 화합물은 식물계에 널리 분포되어 있으며 분자 내에 두 개 이상의 phenolic hydroxyl기를 가지고 있는 방향족 화합물<sup>29)</sup>로 항산화, 항암, 항염, 시력증진 등의 다양한 기능성을 가지고 있는 것으로 알려져 있다<sup>30,31)</sup>. 본 실험에서 매화꽃봉오리 추출물의 용매별 총 polyphenol과 flavonoid 함량은 Table 1과 같다. 시료의 용매별 총 polyphenol 함량(mg GAE/g)을 측정한 결과, 에탄올(145) > 메탄올(132.0) > 증류수(113.6) 순으로 나타났다. 또한 시료의 용매별 총 flavonoid 함량(mg QE/g)은 에탄올(25.43) > 메탄올(25.42) > 증류수(18.04) 순으로 측정되었다. 따라서 총 polyphenol 함량과 flavonoid 함량은 매화꽃봉오리 에탄올추출물에서 가장 높게 나타났다.

Table 1. Comparison of total polyphenol and flavonoid contents of PFB extracts by various solvents

	EtOH	MeOH	DW
Extraction yield(%)	43%	35%	20%
Total polyphenol content(mg GAE <sup>1)</sup> /g)	145±2.2 <sup>a)</sup>	132.0±1.8 <sup>b)</sup>	113.6±1.7 <sup>c)</sup>
Total flavonoid content(mg QE <sup>2)</sup> /g)	25.43±0.2 <sup>a)</sup>	25.42±0.3 <sup>a)</sup>	18.04±0.1 <sup>b)</sup>

All data are means±SD of triplicate determinations. Means with different letters (a-c) within a column are significantly different at P<0.05 by SigmaPlot Student's t-test. 1)Total polyphenol content was expressed as gallic acid equivalent (mg GAE/g). 2)Total flavonoid content was expressed as quercetin equivalent (mg QE/g).

### 2. 매화꽃봉오리 추출용매별 항산화능

DPPH free radical 소거능 측정은 hydrazyl의 질소 원자가 불안정한 상태로 쉽게 수소원자를 받아들이는 성질을 가지고 있어 항산화성 물질과 반응하여 항산화활성을 측정할 수 있는 방법이다

32). 시료의 에탄올, 메탄올, 증류수의 추출용매별 DPPH 소거능을 측정한 결과(Fig. 1), 각각 125 µg/mL 농도에서 28.8%, 25.5%, 5.5%였다. 또한 250 µg/mL 농도에서 76.5%, 71.9%, 42.4%, 500 µg/mL 농도에서 85.9%, 84.6%, 81.7%, 1000 µg/mL 농도에서 86.1%, 85.6%, 85.1%로 에탄올추출물에서 DPPH 소거능이 가장 높게 나타났다. 또한 철이온의 환원력으로 항산화능(mg ISHE/g)을 분석하는 FRAP 측정 결과에서도 에탄올(2.23) > 메탄올(2.22) > 증류수(1.25)순으로 측정되었다(Fig. 2). 따라서 추출용매별 항산화능은 매화꽃봉오리 에탄올추출물에서 가장 높게 나타났다.

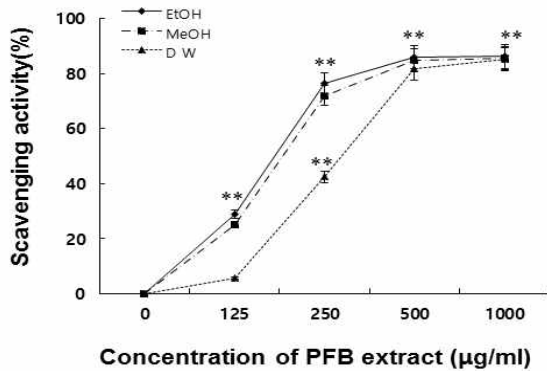


Fig. 1. DPPH radical scavenging activities of PFB extracts by various solvents. DPPH radicals were generated as described in materials and methods. The values are means ± SD of triplicate. ◆, Ethanol solvent extract; ■, methanol solvent extract; ▲, distilled water solvent extract. \*\*p<0.01 versus untreated group.

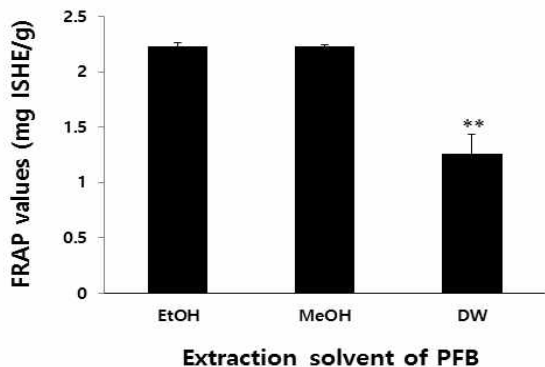


Fig. 2. FRAP value of PFB extracts by various solvents. FRAP value is expressed as iron(II) sulfate heptahydrate equivalent, obtained from a FeSO<sub>4</sub> solution having an antioxidant capacity equivalent to that of the dilution of the PFB. Each value is means ± SD of triplicate. 3)ISHE: iron(II) sulfate heptahydrate equivalent (FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O). \*\*p<0.01 versus ethanol extracted group.

3. 에탄올추출 농도별 총 Polyphenol 및 Flavonoid 함량

이상의 실험결과 매화꽃봉오리 에탄올추출물에서 총 polyphenol, flavonoid 함량과 항산화능이 가장 높았다. 이에 따라, 최적조건을 탐색하기 위하여 에탄올 농도별 매화꽃봉오리 추출물의 총 polyphenol과 flavonoid 함량을 비교하였다(Table 2). 총 polyphenol 함량(mg GAE/g)은 100%(140.1) > 70%(128.5) > 50%(125.8)순이었고, 총 flavonoid 함량(mg QE/g)은 100%(43.3) > 50%(36.6) > 70%(35.4)순으로 나타났다. 총 polyphenol과

flavonoid 함량은 100% 에탄올추출물에서 가장 높게 나타났다.

Table 2. Comparison of total polyphenol and flavonoid contents of PFB extracts by various ethanol concentrations

Concentrations of EtOH	100%	70%	50%
Total polyphenol content(mg GAE <sup>1</sup> /g)	130.7±2.1 <sup>a</sup> )	112.8±1.6 <sup>b</sup> )	109.4±1.2 <sup>b</sup> )
Total flavonoid content(mg QE <sup>2</sup> /g)	22.4±0.1 <sup>a</sup> )	17.8±0.1 <sup>b</sup> )	18.5±0.2 <sup>c</sup> )

All data are means±SD of triplicate determinations. Means with different letters (a-c) within a column are significantly different at P<0.05 by SigmaPlot Student's t-test. 1)Total polyphenol content was expressed as gallic acid equivalent (mg GAE/g). 2)Total flavonoid content was expressed as quercetin equivalent (mg QE/g).

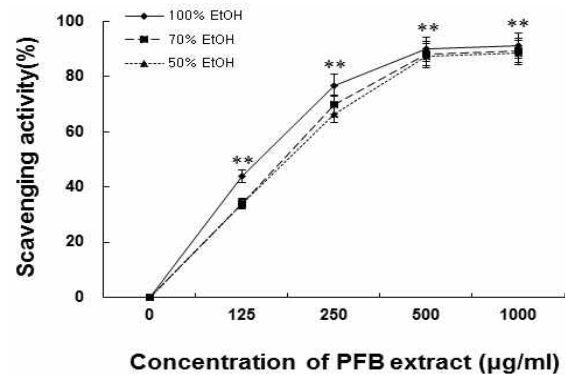


Fig. 3. DPPH radical scavenging activities of PFB extracts by various ethanol concentrations. DPPH radicals were generated as described in materials and methods. The values are means ± SD of triplicate. ◆, 100% Ethanol extract; ■, 70% Ethanol extract; ▲, 50% Ethanol extract \*\*p<0.01 versus untreated group.

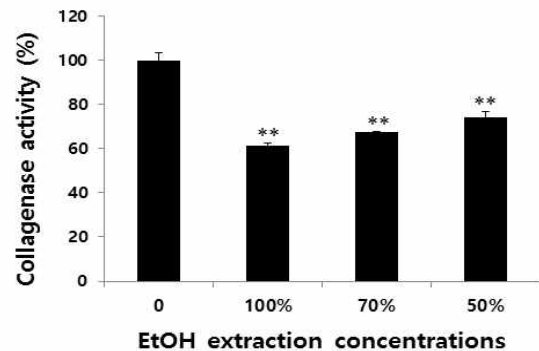


Fig. 4. Collagenase activities of PFB extracts by various ethanol concentrations. Collagenase activities were measured as described in materials and methods. Each value is means ± SD of triplicate. \*\*p<0.01 versus untreated group.

4. 에탄올추출 농도별 DPPH free radical 소거능과 Collagenase 활성 억제능

매화꽃봉오리 에탄올추출물에서 에탄올의 농도별(100%, 70%, 50%) DPPH free radical 소거능은 Fig. 3과 같다. 125 µg/mL 농도에서 각각 44%, 34%, 34%였으며, 250 µg/mL 농도에서 77%, 70%, 67%, 500 µg/mL 농도에서 90%, 88%, 88%, 1000 µg/mL 농도에서 91%, 89%, 89%으로 나타났다. 따라서 모든 농도 구간에서 100% 에탄올추출물의 항산화 활성이 가장 높게 나타났다. Collagenase는 세포외기질 단백질을 분해하는 효소로서 피부

에서 주름생성을 촉진 시킨다<sup>33)</sup>. 에탄올의 농도별(100%, 70%, 50%) collagenase 활성을 측정 한 결과는 Fig. 4와 같다. 시료 1000 µg/mL 농도에서 100%, 70%, 50% 에탄올의 경우, 각각 61.5%, 67.63%, 74.3%로 collagenase 활성 억제 효과는 100% 에탄올추출물이 높았다. 이상의 결과 100% 에탄올추출물에서 항산화 활성과 collagenase 활성 억제능이 가장 높게 나타났다.

## 고찰

매화나무는 매실나무라고도 하며, 열매인 매실은 수확 시기나 가공법에 따라 청매, 금매, 백매, 오매, 황매로 분류하고, 매실과 매화 잎추출물의 항산화, 항균, 항염, 항암효과 등 많은 연구가 보고되었다<sup>34)</sup>. 꽃은 플라보노이드를 포함한 많은 생리활성물질을 가지고 있으며, 매화꽃은 차를 비롯하여 식용으로 이용되고 있으나 기능성 소재로서 가치가 높은 매화꽃에 대한 연구는 미흡하다. 본 연구에서 매화꽃의 다양한 기능성 효능을 탐색하고 최적추출 조건을 수립하기 위하여 매화꽃봉오리를 채취하여 추출용매별 총 폴리페놀, 플라보노이드 함량과 항산화 활성을 조사하였다.

페놀성 화합물은 식물계에 널리 분포하고 있는 여러 생리 활성 물질 중 하나로 다양한 구조와 분자량을 지니며 phenolic hydroxyl 그룹이 단백질과 거대분자들과 결합하여 항산화, 항암 및 항균 효과 등의 생리 활성을 가지는 것으로 보고되어 있다(9-12). 또한 플라보노이드는 꽃의 색을 결정하는 색소 중 하나이며, 식물 특이적인 대사산물인 리그닌(lignin), 스틸베노이드(stilbenoids), 쿠마린(coumarins)과 파이토알렉신(phytoalexins)을 합성하는 페닐프로판노이드(phenylpropanoid) 생합성 경로부터 합성 된다<sup>35)</sup>. 플라보노이드는 현재까지 약 8,000종 이상이 보고되었으며<sup>36)</sup>, 세포신호전달 과정에 관여하는 인산화 효소활성을 조절하여 뉴런의 기능 조절, 암세포 전이와 염증반응 억제 등 다양한 효과를 나타내는 것으로 보고되었다<sup>10-12)</sup>. 따라서 본 연구에서는 매화꽃봉오리 용매별 추출물의 총 폴리페놀과 총 플라보노이드 함량을 조사한 결과, 에탄올 > 메탄올 > 증류수 순으로 나타났다. 이 등<sup>37)</sup>은 3 종의 식용꽃 추출물을 분석한 결과 총 폴리페놀 함량이 백목련 > 매화꽃 > 홍화 순이었으며, 총 플라보노이드 함량은 매화꽃 > 백목련 > 홍화 순이었고, DPPH 라디칼 소거능이 백목련과 매화꽃이 홍화에 비해 4배 이상 높은 것으로 보고하였다. 또한 이 등의 결과에서 매화꽃의 총 플라보노이드 함량은 27.9 mg/kg이었으며, 김 등<sup>38)</sup>은 4종(개나리, 진달래, 벚꽃, 자목련, 백목련)의 식용 봄꽃의 총 폴리페놀 함량이 14.1~18.9 mg GAE/g이었으며, 이는 꽃잎 추출물과 실험 방법의 차이 등 여러 요인에 따른 차이로 보인다.

전자공여능은 phenolic acid, flavonoids 및 기타 phenolic compound의 항산화 작용의 지표라 할 수 있으며<sup>39)</sup>, 또한 철이온의 환원력을 측정하는 FRAP 측정법은 DPPH 측정법과 높은 상관관계를 가지고 있다<sup>40)</sup>. 본 실험에서 DPPH 라디칼 소거능과 FRAP 측정 결과 항산화 활성이 에탄올 > 메탄올 > 증류수 순으로 나타났고, 이는 폴리페놀 함량이 밀접하게 관여한 것으로 보인다. 또한 에탄올 농도별 총 폴리페놀, 총 플라보노이드 함량, DPPH 라디칼 소거능을 비교한 결과 100% 에탄올 추출물에서 가장 높게 나타났다.

피부 결합조직에는 collagen, fibronectin, elastin, fibrillin, integrin 등의 세포외기질 단백질이 존재하는데, 그 중 collagen은 진피층의 약 90%를 차지하며 피부에 결합력과 탄력성을 부여 한다<sup>41,42)</sup>. 자외선이나 스트레스 등에 의해 발생한 활성산소는 피부세포의 기능을 손상시킬 뿐만 아니라 collagenase를 포함한 matrix metallo proteinases (MMPs)의 발현과 활성을 촉진하고 기질단백질을 분해하여 피부노화와 주름 생성을 촉진 한다<sup>34)</sup>. 따라서 collagenase 효소의 활성을 억제하거나 활성산소의 생성을 억제하는 항산화 물질은 피부노화를 감소시킬 수 있으며, 본 연구 결과 collagenase 활성 억제 효과는 에탄올 농도에 따라 100% > 70% > 50% 순으로 나타났다.

이상의 연구 결과, 매화꽃봉오리 추출물은 항산화 활성을 보유한 기능성 소재로서 가능성을 확인하였으며, 100% 에탄올 추출물에서 총 폴리페놀과 총 플라보노이드 함량, 항산화력, collagenase 활성 억제 효과가 높게 나타났다. 이는 기능성 소재로 활용하기 위한 기초자료로 이용될 수 있을 것이며, 다양한 피부생리 효능을 나타낼 수 있는 가능성을 제시하고 있다.

## 감사의 글

본 연구는 (주)뷰인스 '연구지원사업'의 지원을 받아 수행되었음.

## References

1. Anh JS. Food Science and Industry. Kor J Food Sci Technol. 2002;22:3.
2. Yang YJ, Kim HJ, Kang SH, Kang SC. Screening of natural herb resources for antioxidative effects in Korea. Kor J Plant Res. 2011;24(1):1-9.
3. Halliwell B, Gutteridge JMC. Free Radicals in Biology and Medicine. New York: Oxford University Press: 1999. p. 246-350.
4. Valko M, Leibfritz D, Moncol J, Cronin MT, Mazur M, Telser J. Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. Int J Biochem Cell Biol. 2007;39:44-84.
5. Cha JY, Cho YS. Effect of potato polyphenolics on lipid peroxidation in rats. Kor J Soc Food Sci Nutr. 1999;28:1131-6.
6. Helmersson J, Arnlov J, Larsson A, Basu S. Low dietary intake of beta-carotene, alpha-tocopherol and ascorbic acid is associated with increased inflammatory and oxidative stress status in a Swedish cohort. Br J Nutr. 2008;15:1-8.
7. Terao J. Autoxidation activity of β-carotene-related carotenoids in solution. Lipids. 1989;24:657-61.
8. Chen YT, Zheng RL, Jia ZJ, Ju J. Flavonoids as superoxide scavengers and antioxidants. Free Radical

- Biol Med. 1990;9:19-21.
9. Huang MT, Ho CT, Lee C. Phenolic compounds in food and their effects on health (II), Antioxidants and cancer prevention. Washington DC: American Chemical Society; 1992. p. 54-71.
  10. Elzaawely AA, Xuan TD, Tawata S. Antioxidant and antibacterial activities of *Rumex japonicus* houtt. aerial parts. Biol Pharm Bull. 2005;28(12):2225-30.
  11. Xu ML, Wang L, Wang MH. The antioxidant and anticancer effects of MeOH extract of *Liriodendron tulipifera*. Kor J Plant Res. 2011;24(1):23-9.
  12. Lee H. Effects of *Ixeris dentata* ext. on lowering lipid and antioxidation. Kor J Plant Res. 2011;24(1):55-60.
  13. Lee WC. Lineamenta Florae Koreae. Seoul: Academybook Co; 1996. 504 p.
  14. Kang MY, Jeong YH, Eun JB. Physical and chemical characteristics of flesh and pomace of Japanese apricots (*Prunus mume* Sieb. Zucc). Kor J Food Sci Technol. 1999;31(6):1434-9.
  15. Kameoka H, Kitagawa C. The constituents of the fruits of *Prunus mume* Sieb. et Zucc. Nippon Nogei Kogaku Kaishi. 1976;50(9):389-93.
  16. Sheo HJ, Lee MY, Chung DL. Effect of *Prunus mume* extracts on the gastric secretion in rats and carbon tetrachloride induced liver damage of rabbits. Kor J Soc Food Nutr. 1990;19:21-6.
  17. Sheo HJ, Ko EY, Lee MY. Effects of *Prunus mume* extract on experimentally alloxan induced diabetes in rabbits. Kor J Soc Food Nutr. 1987;16:41-7.
  18. Lee HA, Nam ES, Park SI. Effect of maesil (*Prunus mume*) juice on antimicrobial activity and shelf-life of wet noodle. Kor J Food Culture. 2003;18:428-36.
  19. Otoguro C, Odake S, Kaneko K, Amano Y. Amino acid composition of protein bound to wall polysaccharide of fresh and salted *mume* fruit. J Jap Soc for Cold Preservation Food. 1995;21:21-9.
  20. Kim YD, Jeong MH, Koo IR, et al. Analysis of volatile compounds of *Prunus mume* flower and optimum extraction conditions of *Prunus mume* flower tea. Kor J Food Preserv. 2006;13(2):180-5.
  21. Yoshikawa M, Murakami T, Ishiwada T, Morikawa T, Kagawa M, Higashi Y. New flavonol oligoglycosides and polyacylated sucroses with inhibitory effects on aldose reductase and platelet aggregation from the flowers of *Prunus mume*. J Nat Prod. 2002;65(8):1151-5.
  22. Matsuda H, Morikawa T, Ishiwada T, Managi H, Kagawa M, Higashi Y. Medical flowers. VIII. Radical scavenging constituents from the flowers of *Prunus mume* : structure of prunose III. Chem Pharm Bull. 2003;51(4):440-3.
  23. Zheng W, Clifford MN. Profiling the chlorogenic acids of sweet potato (*Ipomoea batatas*) from China. Food Chem. 2008;106(1):147-52.
  24. Appel HM, Govenor HL, D'Ascenzo M, Siska E, Schultz JC. Limitations of Folin assays of foliar phenolics in ecological studies. J Chem Ecol. 2001;27(4):761-78.
  25. Maksimović Z, Malencić D, Kovacević N. Polyphenol contents and antioxidant activity of *Maydis stigma* extracts. Bioresour Technol. 2005;96(8):873-7.
  26. Zhishen J, Mengcheng T, Jianming W. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. Food Chem. 1999;64(4):555-9.
  27. Wang KJ, Zhang YJ, Yang CR. Antioxidant phenolic compounds from rhizomes of *Polygonum paleaceum*. J Ethnopharmacol. 2005;96(3):483-7.
  28. Benzie IF, Strain JJ. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. Anal Biochem. 1996;239(1):70-6.
  29. Yu MH, Im HG, Lee HJ, Ji YJ, Lee IS. Components and their antioxidative activities of methanol extracts from sarcocarp and seed of *Zyzyphus jujuba* var. *inermis* rehder. Kor J Food Sci Technol. 2006;38:128-34.
  30. Kang MH, Cho CS, Kim ZS, et al. Antioxidative activities of ethanol extract prepared from leaves, seed, branch and aerial part of *Crotalaria sessiflora* L. Kor J Food Sci Technol. 2002;34:1098-102.
  31. Lee SY, Shin YJ, Park JH, Kim SM, Park CS. An analysis of the Gyungokgo's ingredients and a comparison study on anti-oxidation effects according to the kinds of extract. Kor J Herbology. 2008;23(2):123-36.
  32. Teixeira J, Gaspar A, Garrido EM, Garrido J, Borges F. Hydroxycinnamic acid antioxidants: An electrochemical overview. BioMed Res Int. 2013;1:1-11.
  33. Fligiel SE, Varani J, Datta SC, Kang S, Fisher GJ, Voorhees JJ. Collagen degradation in aged/photodamaged skin in vivo and after exposure to matrix metalloproteinase-1 in vitro. J Invest Dermatol. 2003;120(5):842-8.
  34. Rho KA, Kim GJ, Ji HA, Lim HS, Chung KH, Lee KJ, Song BC, An JH. Antitumor and Free radical-scavenging activities of various extract fractions of fruits and leaves from *Prunus mume*. J Kor Soc Food Sci. 2015;44:1137-43.
  35. Grotewold E. The genetics and biochemistry of floral pigments. Annu Rev Plant Biol. 2006;57:761-80.

36. Harborne JB, Williams CA. Advances in flavonoid research since 1992. *Phytochemistry* 2000;55:481-504.
37. Lee MK, Park JS, Song HJ, Chon SU. Effects of Polyphenol and Catechin Levels on Antioxidant Activity of Several Edible Flower Extracts. *Kor J Plant Res.* 2014;27(2):111-8.
38. Kim SM, Kim DY, Park HR, Seo JH, Yeom BM, Jin YJ, Pyo YH. Screening the antioxidant components and antioxidant activity of extracts derived from five varieties of edible spring flowers. *Kor J Food Sci Technol.* 2014;46:13-8.
39. Blois MS. Antioxidant determination by the use of stable free radical. *Nature.* 1958;26:1198-9.
40. Moon GS, Ryu BM, Lee MJ. Components and antioxidative activities of buchu (Chinese chives) harvested at different times. *Kor J Food Sci Technol.* 2003;35(3):493-8.
41. Grant NH, Alburn HE. Studies on the collagenases of *Clostridium histolyticum*. *Arch Biochem Biophys.* 1959;82(2):245-55.
42. Demina NS, Lysenko SV. Collagenolytic enzymes synthesized by microorganism. *Mikrobiologiya.* 1996;65(3):293-304.