

국내 주요 재배 매실 품종의 항산화 활성*

서호진** · 임순희** · 송장훈***

Antioxidant Activity of Major Cultivars *Prunus mume* in Korea

Seo, Ho-Jin · Yim, Sun-Hee · Song, Jang-Hoon

This study examined the total phenolic and flavonoid compounds, and the antioxidant activity of major cultivars of *Prunus mume* in Korea. The total phenolic content ranged from 64.13 to 93.43 mg · 100 g⁻¹, with the content in 'Osuku' being higher than that in the other cultivars; a difference in the content among cultivars was observed. The total flavonoid content was 6.16~18.57 mg·100 g⁻¹, showing a significant difference, with the highest content being noted in 'Gojirou'. The DPPH radical scavenging activity was measured and was relatively high for Nanko, Kamakami, Natsuka, Dana, and Osuku cultivars. When ABTS radical scavenging activity was measured, all the cultivars showed a scavenging activity over 80%, with the scavenging activity of 'Osuku' being the highest. With respect to nitrite scavenging ability, all cultivars exhibited a high scavenging activity of over 50%, with the highest activity observed for 'Nanko' (76.03%), 'Gojirou' (70.56%), and 'Yourou' (70.32%). Based on the study results, it is considered that *Prunus mume* can be a useful resource because of various substances with functional physiological activities.

Key words : ABTS, DPPH, nitrite scavenging ability, total phenolic compound

I. 서 론

최근 들어서 기후변화와 환경오염, 화학물질, 자외선, 스트레스 등으로 인하여 좋지 않은 활성산소(reactive oxygen species, ROS)가 사람의 몸속에 과잉생산이 되어 산화작용을 일으

* 본 연구는 2018년도 농촌진흥청 배연구소(과제번호 : PJ0116972018) 전문연구원과정 지원사업에 의해 이루어진 것임.

** 농촌진흥청 국립원예특작과학원 배연구소

*** Corresponding author, 농촌진흥청 국립원예특작과학원 배연구소(bird0423@korea.kr)

키고 있다. 활성산소는 불안정한 상태로 세포에 손상을 일으키는 모든 산소를 의미하는데 신체 내에서 발생하는 슈퍼옥사이드 이온(superoxide ion O_2^-), 과산화수소(hydrogen peroxide H_2O_2), 수산화 라디칼(hydroxyl radical $\cdot OH$), 일중항산소(singlet oxygen 1O_2) 등이 대표적인 활성산소들이다(Atmani et al., 2009). 이렇게 생성된 활성산소는 신체 내 단백질 분해, DNA 합성 억제, 세포막 파괴 등 유해한 작용을 일으키고, 생리적 기능을 저하시켜 각종 질병과 노화의 원인이 되고 있다(Bagchi et al., 2000). 이에 따라 사람들은 신체 내 활성산소를 조절하기 위하여 항산화제를 섭취하고 있다. 최근 탁월한 항산화 효능을 가진 butylated hydroxyanisole (BHA) 및 butylated hydroxytoluene (BHT), propyl gallate (PG)와 같은 인공합성 항산화제가 많이 이용되고 있으나 섭취 시 간 손상 및 암을 일으키는 부작용 등이 보고되어 안정성에 대한 논란이 야기 되어, 소비자의 거부감이 계속하여 증가하고 있다(Choi, 2009; Nho et al., 2009). 그리하여 최근에는 식용 식물체로부터 천연 항산화물질을 분리하여 이용하려는 연구가 많이 이루어지고 있다(Lehua et al., 2014).

매실(*Prunus mume* Siebold et Zucc.)의 원산지는 중국의 사천성과 호북성의 산간지로 알려져 있으며, 장미과에 속하는 핵과류로 주로 대만, 일본, 중국, 한국 등에서 재배되고 있다(Chuda et al., 1999). 매실은 예로부터 소화불량이나 기침에 효과가 있다고 하였으며, 무기질, 유기산, 당분, 칼슘 등의 다양한 영양소가 들어있는 과실로 알려져 있다(Kang et al., 1999). 뿐만 아니라, 매실은 Rutin이라는 천연물질을 다량 함유하고 있어 혈관계 질환 치료, 모세혈관 강화, 항염증성 등에 효과가 있다는 보고가 있으며(Han et al., 2001), 남고 품종의 과즙추출물에서 합성천연항산화제인 BHT와 ascorbic acid와 유사한 항산화성을 나타낸다는 연구가 되어있다(Hwang et al., 2004). 또한 매실 추출물은 강한 항균활성과 인체 내에서 발생하는 활성산소종을 소거함으로써 DNA산화를 방지한다고 보고하였다(Seo et al., 2008; Park et al., 2012).

이와 같이 최근 매실의 기능에 관한 연구는 활발히 이루어지고 있지만 대부분 소수 품종만을 대상으로 한 기능성 분석 연구결과만 보고되고 있다. 이에 본 연구는 국내에서 재배되고 있는 여러 매실 품종을 대상으로 총 페놀, 플라보노이드 함량 및 항산화 활성을 확인하여 천연 항산화 소재로서의 가치 여부를 평가하고자 수행하였다.

II. 재료 및 방법

1. 식물재료

2013년 국립원예특작과학원 배연구소에서 재배된 국내 주요 재배품종인 고성, 단아, 화양실, 소매, 남고, 장숙, 앵숙, 임주, 백가하, 동지매 양로 등 총 11품종을 대상으로 적숙기인

만개 후 80일에 과실을 채취하여 사용하였다. 시료는 채취 후 종자를 제거 후 과육을 동결 건조(FD8512, Iishin, Korea)하였으며, 건조된 시료를 분쇄기(FM-681C, Hanil Electric., Korea)로 분말화하여 밀봉 후 냉동 보관하면서 사용하였다. 총 페놀 함량, 총 플라보노이드 함량, DPPH, ABTS 라디칼 소거능, 아질산염 소거능 측정 실험을 위해서 동결건조 시료에 80% 에탄올을 가하여 혼합한 후 냉각기가 부착된 환류냉각추출기(R-114, Buchi Labortechnik, Switzerland)에서 항온수조를 60°C로 조절한 다음 6시간 동안 추출하였다. 추출액은 여과지(Watman No.4, Maidstone, England)를 사용하여 감압여과(V-500, Buchi Labortechnik, Switzerland)하여 사용하였다.

2. 총 페놀 함량 분석

매실 과실의 총 페놀 함량은 100배로 희석한 각 추출물 0.1 mL와 2% Na₂CO₃ 2 mL를 혼합하여 3분 동안 실온에서 반응시킨 후, 1N의 Folin-Ciocalteu's phenol reagent (F9252, Sigma, USA)를 0.1 mL 첨가하여 혼합하였다. 혼합물은 빛을 차단한 상태로 실온에서 30분간 반응시켰으며, 725 nm에서 흡광도(JP/U-3900, Hitachi, Japan)를 측정하였다. 표준물질로는 tannic acid (T0200, Sigma, USA) 표준액을 사용하여 작성한 표준곡선의 흡광도 값과 비교하여 계산하였다.

3. 총 플라보노이드 함량 분석

매실 과실의 총 플라보노이드 함량은 200배로 희석한 각 추출물 0.2 mL에 diethylene glycol (H26456, Sigma, USA) 2 mL, 1N NaOH 0.2 mL를 첨가하여 혼합한 후, 37°C의 항온수조(VS-190CS, Vision Sci., Korea)에서 1시간 반응시킨 후 415 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로는 quercetin 표준액을 이용하여 작성한 표준곡선의 흡광도 값과 비교하여 함량을 구하였다.

4. ABTS 라디칼 소거활성

ABTS 라디칼 소거활성 측정은 Re 등(1999)의 방법에 따라 측정하였다. 7 mM ABTS (2,2'-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)와 140 mM potassium persulfate를 혼합하여 어두운 곳에 16시간 동안 방치하여 라디칼을 형성시킨 후, 이를 무수 에탄올과 1:8.8의 비율로 섞어 734 nm에서 대조구의 흡광도 값이 0.70±0.05가 되도록 조절한 ABTS 용액을 사용하였다. 메탄올에 20 mg/mL⁻¹의 농도로 맞춘 시료용액 50 µl와 ABTS 용액 1 mL를 30초 동안 섞은 후 2.5분간 배양하여 734 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조군은 Trolox를 사용하여 추

출물의 ABTS 라디칼 소거활성은 다음의 식과 같이 백분율로 나타내었다.

$$\text{ABTS 라디칼 소거능(\%)} = [1 - (\text{실험구의 흡광도} / \text{대조구의 흡광도})] \times 100 \quad (1)$$

5. DPPH 라디칼 소거능

DPPH (1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl, Sigma-Aldrich)를 이용한 라디칼 소거활성은 Brand-Williams 등(1995)의 방법을 변형하여 측정하였다. 1 mg/mL⁻¹ 농도로 제조한 시료 0.25 mL와 0.15 mM DPPH 용액 1 mL를 혼합시킨 후 30분 후 분광광도계(JP/U-3900, Japan) 사용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조구로는 시료대신 80% ethanol을 이용하여 동일한 방법으로 실험하였다. 전자공여능력은 시료 첨가구와 대조구의 흡광도를 이용하여 다음의 식과 같이 백분율로 나타내었다.

$$\text{DPPH 라디칼 소거능(\%)} = [1 - (\text{실험구의 흡광도} / \text{대조구의 흡광도})] \times 100 \quad (2)$$

6. 아질산염 소거능 측정

아질산염 소거능(nitrite-scavenging ability, NSA)은 Gray and Dugan (1975)의 방법에 따라 측정 하였다. 1 mM NaNO₂ 용액 0.1 mL에 시료를 농도 별로 첨가한 뒤 0.1N HCl를 이용하여 pH 1.2가 되도록 조절 한 후 10 mL로 조정하였다. 용액을 1시간 동안 37°C에서 반응시킨 후 1 mL 취하여 2% acetic acid 5 mL와 Griess 시약 0.4 mL를 첨가하여 잘 혼합한 후 혼합액을 15분간 실온에 반응시킨 후 분광광도계(JP/U-3900, Japan)를 사용해서 520 nm에서 흡광도를 측정한 후 남아있는 아질산량을 구하였다. 대조구는 Griess 시약대신 동일한 양의 증류수를 가하여 위와 동일한 방법으로 측정하였다. 아질산 염 소거능은 다음과 같은 계산 식으로 계산하였다.

$$\text{아질산염 소거능(\%)} = [1 - (\text{실험구의 흡광도} / \text{대조구의 흡광도})] \times 100 \quad (3)$$

7. 통계처리

모든 실험 결과는 3회 이상 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다. 평균간 유의차 검증을 위한 통계분석은 SAS (SAS Institute Inc, Cary, NC, USA)프로그램을 이용하여 Duncan's multiple range test (DMRT, P<0.05)를 실시하여 처리간 유의성을 검정하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 총 페놀 함량 및 총 플라보노이드 함량

식물체의 2차 대사산물 중 하나인 페놀화합물은 다양한 구조를 가지며, 분자 내 phenolic hydroxyl (OH)기가 단백질 등과 결합하여 항암, 항균, 항바이러스, 면역증강 작용, 콜레스테롤 감소 등의 다양한 생리 활성 기능을 나타내는 것으로 알려져 있다(Chu et al., 2000; Kim et al., 2009).

매실 품종별 과실의 총 페놀화합물과 플라보노이드의 함량을 측정한 결과는 Table 1과 같았다. 매실의 총 페놀 함량은 64.13-93.43 mg·100g⁻¹으로 품종 간 함량에 차이가 있었다. 이 중 ‘앵숙’(93.43 mg·100g⁻¹)과 국내 육성 품종인 ‘단아’(87.02 mg·100g⁻¹)에서 총 페놀함량이 비교적 높게 나타났으며, ‘남고’(64.13 mg·100g⁻¹)에서 가장 낮은 함량을 보였다. Seo, (2007)는 생육시기에 따라 매실의 품종별 총 폴리페놀 함량을 조사한 결과 적숙기 과실에서는 유의적인 차이가 없었다고 보고하였는데, 반면에 Quast 등(2013)은 브라질에서 재배되고 있는 매실의 품종별 총 폴리페놀 함량을 조사한 결과 유의적으로 차이가 나타났다고 보

Table 1. Content of total phenolics and flavonoids of 80% EtOH extracts from *Prunus mume* cultivars

Cultivar	Total phenol (mg·tannic acid/100g ⁻¹ , FW)	Total flavonoid content (mg·quercetin/100g ⁻¹ , FW)
Gojirou	73.81±1.13 ^{1)cd2)}	18.57±1.29 ^a
Dana	87.02±2.72 ^b	6.16±3.59 ^f
Kamakami	82.87±2.00 ^b	11.27±1.60 ^{cd}
Koume	84.63±1.32 ^b	9.77±0.19 ^{de}
Nanko	64.13±1.52 ^f	9.87±0.87 ^{de}
Natsuka	82.99±2.15 ^b	8.19±0.19 ^{ef}
Osuku	93.43±2.30 ^a	11.72±0.31 ^{cd}
Rinshu	73.18±2.08 ^{de}	13.30±2.73 ^{bc}
Shiroka	77.58±5.19 ^c	11.24±0.04 ^{cd}
Ttouji	69.16±3.26 ^c	14.74±0.51 ^b
Yourou	84.63±1.09 ^b	9.79±0.54 ^{de}

¹⁾ Data are expressed as mean±standard deviations (n=3).

²⁾ Values with different superscript within the same column are significantly different by Duncan’s multiple range test (p<0.05).

고하였다. 이러한 경향은 품종 개체간의 성숙도의 차이, 기후 및 재배 방법 등에 의한 차이로 생각된다.

플라보노이드는 페놀에 포함되는 물질로서 식물체의 과실, 잎, 줄기 등에 포함되어 있는 물질로, 인체 내 활성산소를 제거하여 노화를 방지하고 항암효과를 나타내어 최근 들어 식품, 의약품 등에 많이 사용되고 있다(Urquiaga and Leighton, 2000). 대부분의 식물체에서 페놀함량이 플라보노이드 함량보다 높게 나타난다고 보고하고 있는데(Joo, 2013; Yim et al., 2016) 이는 페놀이 플라보노이드를 포함하기 때문으로 해당 식물체에 플라보노이드계 페놀함량 보다 비플라보노이드계 페놀의 함량이 높기 때문이라고 하였는데(Kim et al., 2012) 본 연구에서도 플라보노이드 함량이 페놀 함량보다 낮은 결과를 나타내었다. 품종 별로 총 플라보노이드 함량을 측정된 결과 6.16-18.57 mg·100g⁻¹으로 총 페놀과 같이 품종 간에 유의적인 함량 차이를 보였다. 이 중 ‘고성’(18.57 mg·100g⁻¹)이 가장 높은 함량을 보였고, ‘단아’(6.16 mg·100g⁻¹)에서 가장 낮은 함량을 보였다. 이러한 결과는 ‘임주’, ‘남고’, ‘소양매’에서 플라보노이드 함량이 차이가 있었다는 Jang 등(2016)의 보고와 유사한 결과를 보였다. 본 연구 결과 매실 과실에 페놀 함량과 플라보노이드 함량이 많이 함유되어 있는 것으로 나타나 매실 과실을 유용한 자원으로 이용할 수 있을 것으로 생각된다.

2. ABTS 라디칼 소거활성

ABTS 라디칼 소거활성법은 ABTS와 potassium persulfate의 반응으로 ABTS+ 자유 라디칼이 생성된 후 추출물 내의 항산화 물질에 의해 ABTS+가 제거되어 라디칼의 짙은 청록색이 탈색되는 원리를 이용한 측정 방법이다(Re et al., 1999).

ABTS 라디칼 소거활성 측정 결과 품종별로 유의적인 차이는 있었으나 모든 품종에서 80% 이상으로 전체적으로 높은 소거활성을 보였다. 이 중 ‘앵숙’(87.78%)이 가장 높은 소거활성을 보였으며, ‘소매’(86.25%) 및 ‘임주’(86.20%)에서 다른 품종에 비해 낮은 소거활성을 보였다(Table 2). ABTS 라디칼 소거활성이 DPPH 라디칼 소거활성 보다 높은 소거활성을 보였는데, 이들의 소거활성의 차이는 라디칼의 차이 즉, 자유라디칼과 양이온 라디칼의 기질에 따라 작용하는 페놀화합물의 종류가 달라지기 때문에 나타나는 결과로 판단된다(Rice-Evans et al., 1996). Yim 등(2016)은 배나무 품종별 항산화 활성을 조사한 결과 총 페놀 함량이 높게 나타나는 경우 상대적으로 다른 소거활성보다 ABTS+ 소거활성에도 영향을 미쳐 높게 나타난다고 보고 하였는데, 이는 본 실험에서의 결과와도 일치하는 경향을 보였다. Kwon 등(2013)은 전처리 방법에 따른 복숭아 경봉 품종의 ABTS 라디칼 소거활성을 측정된 결과 품종에 따라 55.99~66.30%의 활성이 나타났다고 보고하였으며, Bang 등(2015)은 재배지역에 따른 사과 부위별 ABTS 라디칼 소거활성을 조사한 결과 과피 부분에서 가장 높은 소거능력을 보였다고 보고 하였는데 가장 높은 지역이 79.80%로 매실의 소거활성 보

다 낮은 활성을 보였다. 이로서 매실은 다른 과실류와 비교하여 과실과 비교하여 우수한 항산화 활성을 확인할 수 있었다.

Table 2. ABTS radical scavenging activity of 80% EtOH extracts from *Prunus mume* cultivars

Cultivar	ABTS scavenging activity (%)
Gojirou	87.34±0.18 ^{1)bc2)}
Dana	87.48±0.32 ^{ab}
Kamakami	87.31±0.31 ^{bc}
Koume	86.25±0.11 ^c
Nanko	87.36±0.18 ^{bc}
Natsuka	87.10±0.12 ^{cd}
Osuku	87.78±0.23 ^a
Rinshu	86.20±0.17 ^c
Shiroka	86.87±0.25 ^d
Ttouji	87.46±0.09 ^{ab}
Yourou	87.06±0.12 ^{cd}

¹⁾ Data are expressed as mean±standard deviations (n=3).

²⁾ Values with different superscript within the same column are significantly different (p<0.05).

3. DPPH 라디칼 소거능

DPPH는 자유라디칼을 갖는 화합물질로서 항산화 활성을 가진 물질을 만나면 짙은 보라색의 DPPH의 라디칼이 소거되어 색이 탈색되는 것을 이용하여 항산화 활성을 검증하는데 이용되고 있다. DPPH 소거 활성이 클수록 산화 방지 효과가 크다고 알려져 있다(Adom et al., 2003). DPPH 라디칼 소거능은 페놀류와 플라보노이드 등 생리활성 성분에 의한 항산화 작용으로 추출물의 DPPH 라디칼 소거에 의한 전자공여능이 페놀류나 플라보노이드 물질에 기인하여 항산화 활성을 나타낸 것으로 보고하고 있다(Kang et al., 1996).

매실 품종 별 DPPH 라디칼 소거활성을 측정한 결과 ‘남고’, ‘회향실’, ‘장숙’, ‘단아’, ‘앵숙’에서 모두 50% 이상 비교적 강하게 나타났으며, ‘고성’, ‘백가하’에서 유의적으로 낮은 소거 활성을 나타냈다(Fig. 1). Seo 등(2008)의 연구에서는 순천지역에서 매실 나무를 대상으로 DPPH 라디칼 소거 활성을 측정한 결과 ‘백가하’, ‘남고’, ‘천매’, ‘앵숙’ 순으로 강하게 나타났다고 하였으나 유의적인 차이는 없었다고 하였다. 그러나 본 연구에서는 ‘남고’가 ‘백가하’보다 유의적으로 더 높은 소거 활성을 보였다. 이는 재배지역과 방법에 따른 차이

로 생각되는데, Bang 등(2015)은 사과 후지 품종을 대상으로 산지별 항산화 활성을 비교 한 결과 지역별로 DPPH 함량이 다르게 측정되었다는 보고와 유사하였다.

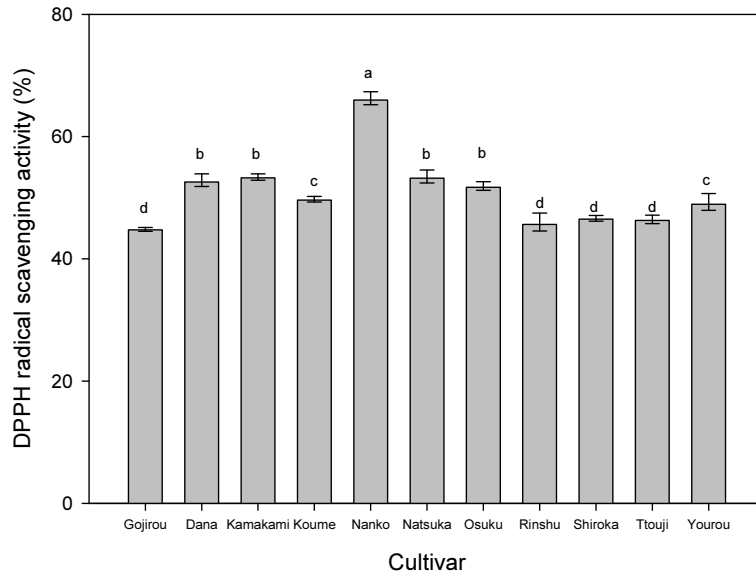


Fig. 1. DPPH radical scavenging activity of 80% EtOH extracts from *Prunus mume* cultivars. The data are expressed as mean±standard deviations ($n=3$). Values with different superscript within the same column are significantly different ($p<0.05$).

4. 아질산염 소거능 측정

아질산염은 식품첨가물로서 햄, 소시지 등 가공육에서 주로 사용되고 있으며, 육질을 유지하고, 부패를 방지하며, 보존기간을 늘려주는 역할을 하는 식품업계에는 꼭 필요한 식품첨가물로 알려져 있다. 그러나 아질산염을 일정농도 이상 섭취하게 되면 혈액중의 헤모글로빈의 기능을 저하시키고, 단백질 식품 등에 존재하는 2급, 3급 아민류와 결합하여 발암물질인 니트로사민을 생성 하는 등 인체에 부정적인 영향을 미친다는 많은 연구 결과가 보고되고 있다(Chung et al., 2002).

발암물질인 니트로사민 생성의 원인물질인 아질산염 소거능력 결과는 Fig. 2와 같이 ‘남고’(76.03%), ‘고성’(70.56%), ‘양로’(70.32%)가 비교적 높은 소거 활성을 보였으며, ‘소매’(55.60%), ‘앵숙’(51.70%), ‘백가하’(54.38%)가 다른 품종과 비교하여 유의적으로 낮은 소거 활성을 나타내었다. 그러나 모든 품종에서 50% 이상의 높은 소거능력을 가지고 있는 것으로 확인 되었다. 아질산염 소거능이 있다고 알려진 배나무의 품종 별 과피, 과심, 과육의 소거능을 살펴본 연구에서 모든 품종에서 본 연구에서보다 낮은 50% 미만의 소거능을 나타

냈다(Choi et al., 2013). 또한 항암 효과가 있다고 알려진 대나무 추출물의 아질산염 소거능은 43.02%를 나타내었다(Lim et al., 2004). 이로 보아 본 실험에서 사용한 매실의 아질산염 소거능력은 배와 대나무보다 높은 수준의 소거활성을 보인 것으로 생각된다.

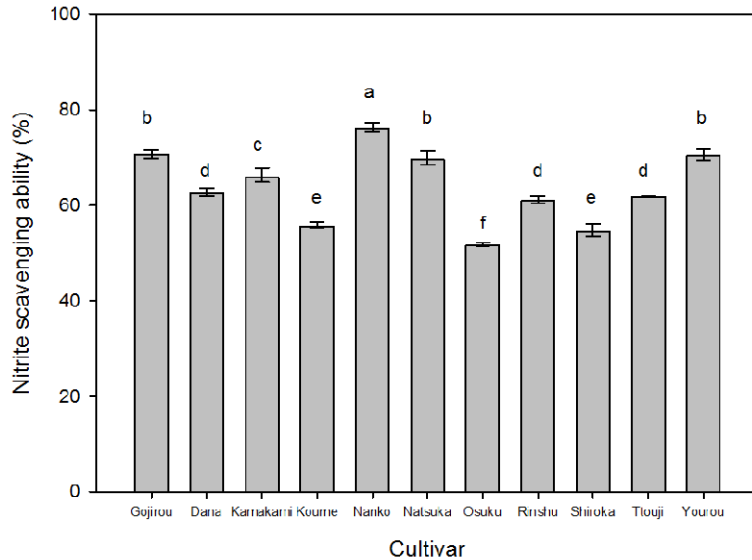


Fig. 2. Nitrite scavenging ability of 80% EtOH extracts *Prunus mume* cultivars. The data are expressed as mean±standard deviations ($n=3$). Values with different superscript within the same column are significantly different ($p<0.05$).

IV. 적 요

본 연구에서는 국내 주요재배 매실 품종의 총 페놀, 플라보노이드 함량과 항산화 효과를 확인하고자 하였다. 총 페놀 함량은 64.13-93.43 $\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ 으로 품종 간 함량에 차이가 있었다. 이 중 ‘앵숙’과 ‘단아’의 함량이 비교적 높게 나타났다. 또한 총 플라보노이드 함량을 측정된 결과 6.16-18.57 $\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ 으로 총 페놀과 같이 품종 간에 유의적인 함량 차이를 보였다. 이 중 ‘고성’에서 가장 높은 함량을 보였다. DPPH 라디칼 소거활성을 측정된 결과 ‘남고’, ‘회향실’, ‘장숙’, ‘단아’, ‘앵숙’에서 모두 50% 이상 비교적 강하게 나타났다. ABTS 라디칼 소거활성 측정 결과 모든 품종에서 80% 이상으로 전체적으로 높은 소거활성을 보였다. 이 중 ‘앵숙’이 가장 높은 소거활성을 보였다. 아질산염 소거 능력은 모든 품종에서 50% 이상의 높은 소거능력을 가지고 있는 것으로 확인 되었는데 이 중 ‘남고’(76.03%), ‘고성’(70.56%), ‘양로’(70.32%)에서 70% 이상으로 비교적 높은 소거 활성을 보였다.

[Submitted, June. 4, 2018 ; Revised, August. 9, 2018 ; Accepted, August. 13, 2018]

References

1. Atmani, D., N. Chaher, M. Berboucha, K. Ayouni, H.Lounis, H. Boudaoud, N. Debbache, and D. Atmani. 2009. Antioxidant capacity and phenol content of selected Algerian medicinal plants. *Food Chem.* 112: 303-309.
2. Adom, K. K., M. E. Sorrells, and R. H. Liu. 2003. Phytochemical profiles and antioxidant activity of wheat varieties. *J. Agric. Food Chem.* 51: 7825-7834.
3. Bagchi, D., M. Bagchi, S. J. Stohs, D. K. Das, S. D. Ray, C. A. Kuszynski, S. S. Joshi, and H. G. Pruess. 2000. Free radicals and grape seed proanthocyanidin extract: importance in human health and disease prevention. *Toxicol.* 148: 187-197.
4. Bang, H. Y., S. D. Cho, D. M. Kim, and G. H. Kim. 2015. Comparison of antioxidative activities of Fuji Apples parts according to production region. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* 44: 557-563.
5. Brand-Williams, W., M. E. Cuvelier, and C. Berset. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT Food Sci. Technol.* 28: 25-30.
6. Choi, H. Y. 2009. Antioxidant activity of *Curcuma Longa L.* novel foodstuff. *Mol. Cell. Toxicol.* 5: 237-242.
7. Choi, J. J., S. H. Yim, J. H. Choi, J. H. Park, S. H. Nam, and H. C. Lee. 2013. Antioxidant activity of *Pyrus pyrifolia* fruit in different cultivars and parts. *Kor. J. Food Preserv.* 20: 222-226.
8. Chu, Y. H., C. L. Chang, and H. F. Hsu. 2000. Flavonoid content of several vegetables and their antioxidant activity. *J. Sci. Food Agri.* 80: 561-566.
9. Chuda, Y., H. Ono, M. Ohnishi-Kameyama, K. Matsumoto, T. Nagata, and Y. Kikuchi. 1999. Mumefural, citric acid derivative improving blood fluidity from fruit-juice concentrate of Japanese apricot (*Prunus mume* Sieb. et Zucc). *J. Agric. Food Chem.* 47: 828-831.
10. Chung, M. J., S. H. Lee, and N. J. Sung. 2002. Inhibitory effect of whole strawberries, garlic juice or kale juice on endogenous formation of N-nitrosodimethylamine in humans. *Cancer Lett.* 182: 1-10.
11. Gray, J. I. and L. R. Dugan Jr. 1975. Inhibition of N-nitrosamine formation in model food systems. *J. Food Sci.* 40: 981-984.
12. Han, J. T., S. Y. Lee, K. N. Kim, and N. I. Baek. 2001. Rutin, antioxidant compound

- isolated from the fruit of *Prunus mumu*. *J. Korean soc. Agric. Chem. Biotechnol.* 44: 35-37.
13. Hwang, J. Y., J. W. Ham, and S. H. Nam. 2004. The antioxidant activity of maesil (*Prunus mume*). *Korean J. Food Sci. Technol.* 36: 461-464.
 14. Jang, G. H., H. W. Kim, M. K. Lee, S. Y. Jeong, A. Ram Bak, D. J. Lee, and J. B. Kim. 2016. Characterization and quantification of flavonoid glycosides in the *prunus* genus by UPLC-DAD-QTOF/MS. *Saudi J. Biological Sciences* (in press).
 15. Joo, S. Y. 2013. Antioxidant activities of medicinal plant extracts. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 42: 512-519.
 16. Kim, E. J., J. Y. Choi, M. Yu, M. Y. Kim, S. Lee, and B. H. Lee. 2012. Total polyphenols, total flavonoid contents, and antioxidant activity of Korean natural and medicinal plants. *Korean J. Food Sci. Technol.* 44: 337-342.
 17. Kim, Y. M., M. S. Choi, J. H. Bae, S. O. Yu, J. Y. Cho, and B. G. Heo. 2009. Physiological activity of bang-a, aster and lettuce greens by the different drying methods. *J. Bio-Environ. Control.* 18: 60-66.
 18. Kang, M. Y., Y. H. Jeong, and J. B. Eun. 1999. Physical and chemical characteristics of flesh and pomace of Japanese apricots (*Prunus mume* Sieb. et Zucc). *Korean J. Food Sci. Technol.* 31: 1434-1439.
 19. Kang, Y. H., Y. K. Park, and G. D. Lee. 1996. The nitrite scavenging and electron donating ability of phenolic compounds. *Korean J. Food Sci. Technol.* 28: 232-239.
 20. Kwon, G. M., J. W. Kim, and K. S. Youn. 2013. Effect of different pre-treatments on the physicochemical and antioxidant activities of cold-vacuum dried peaches, *Korean J. Food Sci. Technol.* 45: 466-472.
 21. Lehua, P., J. B. Forner, F. Hernández, and M. A. Forner-Giner. 2014. Total phenolics, organic acids, sugars and antioxidant activity of mandarin (*Citrus clementina* Hort. ex Tan.): Variation from rootstock. *Sci. Hort.* 174: 60-64.
 22. Lim, J. A., Y. S. Na, and S. H. Baek. 2004. Antioxidative activity and nitrite scavenging ability of ethanol extract from *phyllostachys bambusoides*. *Korean J. Food Sci. Technol.* 36: 306-310.
 23. Nho, J. W., I. G. Hwang, E. M. Joung, H. Y. Kim, S. J. Chang, and H. S. Jeong. 2009. Biological activities of *Magnolia denudata* Desr. flower extracts. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 38: 1478-1484.
 24. Park, H. J., M. M. Kim, and Y. H. Oh. 2012. Effect of Fruit Extract of *Prunus mume* on the Scavenging Activity of Reactive Oxygen Species and Melanin Production in B16F1 Cells. *J. Life Sci.* 22: 936-942.

25. Quast, E., I. Vieirai, A. Nogueira, and S. Flavio Luis. 2013. Chemical and physical characterization of mume fruit collected from different locations and at different maturity stages in São Paulo State. *Food Sci. Technol.* 33: 441-445.
26. 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 Radic. Biol. Med.* 26: 1231-1237.
27. Rice-Evans, C. A., N. J. Miller, and G. Paganga. 1996. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acid. *Free Radical Biol. Med.* 20: 933-956.
28. Seo, K. S. 2007. Changes of chemical constituents and biological active substances in *Prunus mume* fruit. PhD thesis, Suncheon National Univ. Suncheon, Korea.
29. Seo, K. S., C. K. Huh, and Y. D. Kim. 2008. Comparison of antimicrobial and antioxidant activities of *Prunus mume* fruit in different cultivars. *Korean J. Food Soc. Technol* 15: 288-292.
30. Urquiaga, I. and F. Leighton. 2000. Plant polyphenol antioxidants and oxidative stress. *Biol. Res.* 33: 55-64.
31. Yim, S. H., K. S. Cho., J. H. Choi., J. H. Lee., M. S. Kim, and B. H. N. Lee. 2016. Effect of various pear cultivars at different Fruit development stages on antioxidant and whitening activities. *Korean J. Food Sci. Technol.* 48: 59-65.