의성 자두 대석조생, 후무사, 추회의 영양성분과 항산화 활성 비교 분석

— 연구노트 —

엄정영^{1*} · 김현진^{1*} · 최상헌¹ · 서현주² · 전익조³ · 성지혜⁴ · 임재환⁵ · 권인숙¹ · 조영은^{1,2}

¹국립안동대학교 식품영양학과, ²국립안동대학교 농업과학기술연구소, ³국립안동대학교 원예육종학과

⁴국립안동대학교 식품생명공학과, ⁵국립안동대학교 생명과학전공

Comparative Analysis of the Nutritional Ingredients and Antioxidant Activities of *Prunus salicina* Daeseok, Formosa, and Chuhui Produced in Uiseong

Jung-Young Eom^{1*}, Hyun-Jin Kim^{1*}, Sang-Hun Choi¹, Hyun-Ju Seo², Ik-Jo Chun³,
Jeehye Sung⁴, Jae Hwan Lim⁵, In-Sook Kwun¹, and Young-Eun Cho^{1,2}

¹Department of Food and Nutrition, ²Institute of Agricultural Science and Technology,

³Department of Horticulture and Breeding, ⁴Department of Food Science and Biotechnology,

⁵Department of Biological Science, Andong National University

ABSTRACT In this study, we investigated the chemical properties and antioxidant activities of *Prunus salicina* cultivars. We analyzed the nutritional ingredients, minerals, total polyphenols, total flavonoids, total fiber, and antioxidant activities of *Prunus salicina* Daeseok, Formosa, and Chuhui produced in Uiseong. There were no significant differences in the carbohydrate composition i.e., fructose, sucrose, and maltose between *Prunus salicina* Daeseok, Formosa, and Chuhui. Trans fat and cholesterol were not detected in any of the cultivars. The highest contents of P, K, and Ca were observed in the descending order of *Prunus salicina* Daeseok, Formosa, and Chuhui. In addition, the highest contents of total polyphenol and flavonoid were significantly detected in *Prunus salicina* Daeseok. Furthermore, the highest content of total fiber was observed in *Prunus salicina* Daeseok and Formosa. The highest antioxidant activities were observed in *Prunus salicina* Daeseok compared to Formosa and Chuhui. Taken together, these results suggest that *Prunus salicina* Daeseok produced in Uiseong could help develop antioxidant products.

Key words: *Prunus salicina* cultivars, Daeseok, nutritional ingredients, flavonoid and polyphenol, antioxidant

서론

자두(*Prunus salicina*)는 신라시대부터 재배된 과실로 장미과 벚나무속 자두아속이다. 원산지에 따라 동양계 자두(*Prunus salicina*), 유럽계 자두(*Prunus domestica*) 및 북미 원산의 미국 자두(*Prunus americana*)로 나누며, 동양계 자두에는 대석조생(Daeseok), 후무사(Formosa), 추회(Chuhui) 품종 등이 있고 유럽계 자두에는 슈가푸룬, 버뱅크 그랜드 프라이즈, 스탠리 등이 있다. 대석조생은 1952년 일본에서 육성된 품종으로 6월 중하순에서 7월 초에 수확되어 8월 초까지 유통되는 극조생종이다(Cho 등, 2011). 후무사는 *P.*

americana, *P. simonii*와 *P. salicina*의 교잡종으로 4월에 꽃이 진 후 열매가 성장하여 7월 중하순에 완숙된다. 후무사는 우리나라에서 가장 많이 선호하는 대과종으로 열매 결실이 좋고 당도가 높다(Lee 등, 2003). 추회는 1975년 일본 아키타현에서 발견된 우연실생 품종이다. 수확기는 9월 상중순이며 꽃은 대석조생보다 4~5일 정도 늦게 핀다. 우리나라에서 재배하는 자두나무는 대부분 동양계 자두로 유럽계 자두와 달리 당도가 높고 유효성분이 다량 함유되어 있어 생식이나 가공 목적으로 활용도가 높은 장점과 함께, 재배 특성상 병충해에 강하고 재배가 용이하여 경제적 재배 가치가 높은 과수라는 점에서 향후 재배면적과 생산량은 더욱

Received 5 February 2021; Revised 15 April 2021; Accepted 3 May 2021

Corresponding author: Young-Eun Cho, Department of Food Science and Nutrition, Andong National University, 1375, Kyungdong-ro, Andong-si, Gyeongbuk 36729, Korea, E-mail: yecho@anu.ac.kr

Author information: Jung-Young Eom (Graduate student), Hyun-Jin Kim (Graduate student), Sang-Hun Choi (Graduate student), Hyun-Ju Seo (Researcher), Ik-Jo Chun (Professor), Jeehye Sung (Professor), Jae Hwan Lim (Professor), In-Sook Kwun (Professor), Young-Eun Cho (Professor)

*These authors contributed equally to this work.

Copyright © 2021 by The Korean Society of Food Science and Nutrition. All rights Reserved.

This is Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

늘어날 전망이다(Seo 등, 2001; Yoon 등, 2011). 동양계 자두는 경상북도 김천과 의성이 주산지며, 최근에는 국내 자두의 수확량이 의성이 가장 많다고 보고되었다.

동양계 자두인 김천산 자두 후무사 품종에는 플라보노이드가 다량 함유되어 있음을 보고하였으며(Yoon 등, 2011), 아미노산의 일종인 시트룰린 성분이 함유되어 있어 신장의 활동을 돕고 눈의 영양을 보충하여 야맹증과 안구건조증 예방에 효과가 있는 것으로 보고되었다(Kim, 2014). 이와 더불어 자두의 돌연변이 억제, 소화기능 촉진, 스트레스 해소 및 피로회복 효능이 밝혀졌으며(Sung 등, 2002), 멜라닌 생성과 tyrosinase 활성 저해작용으로 피부 미백 기능을 확인하여 보고하였다(Park 등, 2013). 한방에서 진통, 해소, 신장염, 유종, 통경, 각기, 통변, 피로회복, 수종, 치통, 대하, 경풍 등의 처방약으로 사용한다고 보고되었다(Jung 등, 2005).

유럽계 자두에는 다양한 지역에서 채배된 자두에서 공통으로 플라보노이드와 phenolic phytochemicals가 다량 함유되어 있음이 보고되었다(Kim 등, 2003). 또한 항산화 기능, 간보호, 항비만, 항산화, 대장암 예방 기능 등 다양한 유럽계 자두의 생리활성 기능 등이 보고되었다(Kim 등, 2003; Noratto 등, 2015; Bose 등, 2017; Alsolmei 등, 2019). 최근에는 유럽계 자두와 뼈 건강의 관계(Al-Deshti 등, 2019), 자두의 항암 효능 연구(Marino와 Zollo, 2007), 자두가 위장 기능에 미치는 영향(Lever 등, 2014) 등 다양한 효능 연구가 보고되었다. 특히, 유럽계 자두의 가공식품으로 알려진 말린 건자두인 푸룬의 골다공증에 대한 임상 연구도 보도되었다. 미국에서는 15% 정도가 생과로 이용되고 나머지는 모두 말린 건과나 주스 등의 가공용으로 이용하고 있다. 하지만 동양계 자두인 의성 옥자두의 대석조생, 후무사, 추회의 영양성분 및 항산화 능력에 관한 비교 연구는 전혀 되어 있지 않다.

따라서 본 연구에서는 의성지역에서 생산된 수확 시기가 상이한 자두 3종(대석조생, 후무사, 추회)의 이화학적 성분과 항산화 활성을 조사하였으며, 자두의 소비확대와 가공제품화를 위한 소재로서의 활용 가능성을 알아보았다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 의성산 자두는 의성자두협회(Uiseong, Korea)로부터 2020년에 수확한 것을 공급받았다. 자두는 수확 시기가 다른 대석조생(Daeseok), 후무사(Formosa), 추회(Chuhui) 품종을 사용하였다. 수확 시기는 대석조생 2020년 7월 6일, 후무사 2020년 7월 23일, 추회 2020년 8월 31일이다. 수확한 과실은 씨를 제거하고 동결건조한 후 각 10 g씩 증류수 25 mL를 첨가하여 1시간 초음파 추출 후 거즈로 여과하였다. 추출물은 -80°C에 보관하면서 시료로 사용하였다.

일반성분 및 식이섬유

일반성분 분석은 식품공전(MFDS, 2019)을 참고하여 분석하였다. 조단백질 함량은 킬달분해장치(2020 Digester, FOSS Tecator, Hillerod, Denmark)와 킬달증류장치(Kjeltec™ 2300, FOSS Tecator)를 사용하여 Micro-Kjeldahl 법으로 분석하였으며, 조지방 함량은 Soxhlet 추출법, 총식이섬유 함량은 효소중량법으로 분석하였다.

총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량

총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량은 식품공전(MFDS, 2019)의 방법에 따라 측정하였다. 총 폴리페놀 함량은 Folin-Ciocalteu's phenol reagent가 시료 내의 폴리페놀성 화합물에 의해 환원되고 몰리브덴청으로 발색하는 원리를 통해 분석하였다. 각 시료 1 mL에 Folin-Denis(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA) 0.5 mL를 가한 후 35% Na₂CO₃ 용액 1 mL를 가하고 암실에서 30분간 반응한 다음 반응액의 흡광도 값을 725 nm에서 측정하였다. 표준물질은 gallic acid(Sigma-Aldrich Co.)를 사용하여 표준곡선을 작성한 다음 시료 중 총 폴리페놀 함량을 mg GAE(gallic acid equivalent)/100 mL로 나타내었다.

총 플라보노이드 함량은 각 시료의 에탄올 추출물 0.5 mL에 에탄올 1.5 mL와 10% Al(NO₃)₃ 0.1 mL, 1 M CH₃COOK 0.1 mL, 증류수 2.8 mL를 가하여 40분간 반응 후 415 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질은 (+)-catechin hydrate(Sigma-Aldrich Co.)를 사용하여 표준곡선을 작성한 다음 시료 100 g 중 총 플라보노이드 함량을 mg/100 g으로 나타내었다.

DPPH 라디칼 소거능

DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) 라디칼 소거능 측정은 Blois(1958)의 방법을 변형하여 실시하였다. 0.2 mM DPPH 용액을 517 nm에서 흡광도가 0.5~0.7이 되도록 99% 에탄올로 희석한 후 농도별로 희석한 시료 100 µL에 DPPH 시약 50 µL를 가하고 10분간 반응시킨 후 517 nm 파장에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로 ascorbic acid를 이용하였다. 항산화능은 무첨가군 대비 시료 첨가군의 흡광도 감소율로 계산하였다.

$$\text{DPPH 라디칼 소거 활성(\%)} = \left(1 - \frac{\text{시료 첨가군의 흡광도}}{\text{시료 무첨가군의 흡광도}}\right) \times 100$$

ABTS 라디칼 소거능

ABTS(2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)) 라디칼 소거 활성은 Re(1999)의 방법을 수정하여 측정하였다. ABTS 시약은 7 mM ABTS 용액과 2.45 mM potassium persulfate 용액을 1:1로 혼합하여 실온의 암소에서 24시간 동안 반응시켜 ABTS 라디칼 형성 유도 후 사용하였다. 제조한 ABTS 시약은 734 nm에서 흡광도가 0.7~0.9가 되도록 증류수로 희석하였다. 농도별로 희석한

Table 1. Crude protein, fat, fiber, energy, and mineral contents of *Prunus salicina* Daeseok, Formosa, and Chuhui produced in Uiseong

Cultivars	Carbohydrate (g)	Fat (g)	Protein (g)	Fiber (g)	Energy (kcal)	P (mg)	K (mg)	Ca (mg)	Na (mg)
Daeseok	14.94±0.06 ^{b1)2)}	0.10±0.00 ^b	0.85±0.00 ^a	2.29±0.00 ^a	35.98	15.88±0.13 ^a	168.82±0.29 ^a	3.71±0.18 ^a	NT ³⁾
Formosa	16.38±0.02 ^a	0.07±0.01 ^c	0.55±0.00 ^b	2.15±0.00 ^a	36.80	11.18±0.02 ^b	158.02±0.55 ^b	2.18±0.22 ^c	NT
Chuhui	14.32±0.01 ^b	0.25±0.00 ^a	0.59±0.00 ^b	1.94±0.00 ^b	38.68	9.46±0.06 ^c	156.24±0.22 ^b	3.15±0.05 ^b	NT
P-value	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

¹⁾Each value expressed as the mean±standard deviation.

²⁾Different letters in the same item indicate a significant difference by Duncan's multiple range test.

³⁾NT: not detected.

시료 50 µL에 희석된 ABTS 시약을 100 µL 가해 5분간 반응시킨 후 흡광도 값을 측정하였다. 항산화능은 DPPH에 서와 같이 무첨가군 대비 시료첨가군의 흡광도 감소율로 계 산했으며, 대조군으로는 ascorbic acid를 사용하였다.

$$\text{ABTS 라디칼 소거 활성(\%)} = \left(1 - \frac{\text{시료 첨가군의 흡광도}}{\text{시료 무첨가군의 흡광도}}\right) \times 100$$

통계분석

통계분석은 SPSS Statistics(ver. 26, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 수행하였고, 모든 실험 결과는 평균치와 표준오차를 사용하여 나타내었다. 각 처리군 간의 차이 유무는 일원배치 분산분석(one-way ANOVA)을 실시한 후 *P* 값이 0.05 미만일 때 Duncan's multiple range test를 실시하여 통계학적으로 유의성이 있다고 판정하였다.

결과 및 고찰

일반성분

품종별 의성 자두의 일반성분 함량은 Table 1과 같다. 탄수화물 함량은 14.32~16.38 g/100 g으로 후무사가 가장 높은 함량을 보였다. Igwe와 Charlton(2016)에서 보고된 유럽계 자두의 탄수화물 함량인 21.13 g보다는 의성 자두의 탄수화물 함량이 모두 낮은 것으로 나타났다. 조지방 함량은 0.07~0.25 g/100 g으로 후무사가 가장 낮은 함량을 보였고, 조단백 함량은 0.55~0.85 g/100 g으로 대석조생이 가장 높은 함량을 보였다.

총 식이섬유 함량은 2.29 g/100 g으로 대석조생이 가장 높게 나타났으며, 다음으로 후무사가 2.15 g/100 g, 추희가 1.94 g/100 g의 함량을 보였다. 유럽계 자두가 1.4 g/100 g으로 동양계 자두인 의성 자두가 유럽계 자두보다 식이섬유 함량이 높은 것으로 나타났다. 반면 열량은 대석조생이 35.98 kcal로 가장 낮았고 다음으로 후무사 36.80 kcal, 추희 38.68 kcal를 나타내었다. 본 결과는 유럽계 자두 45.86 kcal보다 낮은 함량으로 의성 자두가 유럽계 자두보다 열량이 낮은 것으로 나타났다(Igwe와 Charlton, 2016). 따라서 본 연구 결과를 통해 동양계 자두에 식이섬유가 풍부하게 함유되어 있음을 알 수 있었다.

무기질 함량

품종별 의성 자두의 무기질 함량은 Table 1에 나타내었다. 대석조생이 인(P) 15.88 mg/100 g, 칼륨(K) 168.82 mg/100 g, 칼슘(Ca) 3.71 mg/100 g으로 후무사와 추희 품종보다 무기질 함량이 높게 나타났으며, 나트륨(Na)은 모든 품종에서 검출되지 않았다. Igwe와 Charlton(2016)의 연구에서 보고한 유럽계 자두의 무기질 함량 중 인은 16 mg/100 g으로 후무사와 추희 품종보다 높게 나타났으며 칼슘은 6 mg/100 g으로 가장 높은 함량을 보였다. 또한 유럽계 자두의 칼륨 함량은 157 mg/100 g으로 대석조생 품종보다는 낮고 후무사와 추희 품종과는 비슷한 것으로 나타났다. 본 연구 결과를 통해서 의성 자두 대석조생이 인의 함량에서는 유럽계 자두와 비슷하였으나 칼륨의 함량에서는 높은 수준을 보였으며, 칼슘의 함량은 낮은 것을 알 수 있었다.

총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량

의성 자두의 품종별 총 폴리페놀과 플라보노이드 함량을 측정한 결과는 Table 2와 같다. 총 폴리페놀 함량은 추희가 28.81 mg GAE/100 g으로 가장 높았고 대석조생이 26.73 mg GAE/100 g, 후무사 17.99 mg GAE/100 g 순으로 나타났다. 총 플라보노이드 함량은 대석조생이 54.37 mg/100 g으로 유의적으로 가장 높았고, 다음으로 후무사가 10.18 mg/100 g, 추희가 7.35 mg/100 g 순이었다. Yoon 등(2011)의 연구에서 김천산 자두의 총 폴리페놀 함량이 0.7~8.11 mg/100 g인 것과 비교했을 때 의성산 자두의 폴리페놀 함량이 더 높은 것으로 나타났다. Igwe와 Charlton(2016)의 연구에서 보고된 유럽계 자두의 폴리페놀 함량은 111 mg/100 g으로 동양계 자두와 비교했을 때 유럽계 자두의 폴리

Table 2. Total polyphenol and flavonoid contents of *Prunus salicina* Daeseok, Formosa, and Chuhui produced in Uiseong

Cultivars	Polyphenol (mg GAE/100 g)	Flavonoid (mg/100 g)
Daeseok	26.73±1.99 ^{a1)2)}	54.37±1.20 ^a
Formosa	17.99±0.47 ^b	10.18±0.30 ^b
Chuhui	28.81±1.12 ^a	7.35±0.17 ^c
P-value	<0.01	<0.01

¹⁾Each value expressed as the mean±standard deviation.

²⁾Different letters in the same item indicate a significant difference by Duncan's multiple range test.

Table 3. DPPH and ABTS radical scavenging activity by *Prunus salicina* Daeseok, Formosa, and Chuhui produced in Uiseong

Cultivars	Concentration (μg/mL)	DPPH (%)	ABTS (%)	DPPH ¹⁾ (mg/mL)	ABTS ¹⁾ (mg/mL)
Ascorbic acid (positive control)	1,000	87.5±0.2 ^{a2)}	90.5±0.2 ^a	0.41±0.01 ^b	0.01±0.00 ^c
Daeseok	1,000	73.6±0.2 ^b	88.4±0.4 ^b	0.36±0.07 ^b	0.42±0.01 ^b
	500	59.3±0.5 ^c	71.5±0.1 ^c		
	250	49.8±0.1 ^d	42.2±0.1 ^d		
	125	41.8±0.3 ^e	23.9±0.1 ^e		
	62.5	31.6±0.5 ^f	13.1±0.4 ^f		
Formosa	1,000	58.0±0.4 ^b	86.9±0.2 ^b	0.65±0.02 ^a	0.52±0.00 ^a
	500	49.6±0.3 ^c	54.4±0.4 ^c		
	250	42.4±0.1 ^d	28.9±0.4 ^d		
	125	33.7±0.4 ^e	15.9±0.8 ^e		
	62.5	22.1±0.5 ^f	9.8±0.4 ^f		
Chuhui	1,000	55.5±0.1 ^b	85.6±0.8 ^b	0.72±0.05 ^a	0.51±0.00 ^a
	500	48.6±0.1 ^c	58.0±0.0 ^c		
	250	40.0±0.2 ^d	31.5±0.1 ^d		
	125	30.6±0.2 ^e	16.7±0.0 ^e		
	62.5	22.6±0.2 ^f	10.0±0.2 ^f		
<i>P</i> -value		<0.01	<0.01		

¹⁾The concentration of samples that inhibited each antioxidant activity by 50% (IC₅₀) were determined by linear regression of inhibitory percentage.

²⁾Each value expressed as the mean±standard deviation. Different letters in the same item indicate a significant difference by Duncan's multiple range test.

페놀 함량이 더 높은 것으로 나타났다. 또한, 김천산 자두의 플라보노이드 함량은 12.54~29.65 mg/100 g으로 나타났다. 특히 의성 자두 대석조생은 폴리페놀과 플라보노이드가 유의적으로 높게 함유되어 있음을 확인하였다. Kim 등 (2009)은 15종의 과일에서 총 페놀 함량을 분석한 결과 자두의 총 페놀 함량이 가장 높았으며, 자두가 사과와 바나나 보다 각각 5배, 15배 높았다고 보고하였다. 따라서 본 연구 결과를 통해 폴리페놀류 및 플라보노이드를 함유한 동양계 자두인 의성 자두가 가공 제품화를 위한 소재로서의 활용 가능성이 높다고 사료된다.

DPPH 라디칼 및 ABTS 라디칼 소거능

의성 자두의 항산화 효능 검증을 위하여 DPPH 라디칼 및 ABTS 라디칼 소거능을 측정한 결과는 Table 3과 같다. 대석조생의 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거 활성은 각각 1 mg/mL에서 73.6%와 88.4%로 가장 높은 활성을 보여주었다. 후무사의 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거 활성은 각각 1 mg/mL에서 58.0%와 86.9% 활성을 보여주었다. 추희의 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거 활성은 각각 1 mg/mL에서 55.5%와 85.6% 활성을 보여주었다. 또한 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거 활성의 50%를 나타낼 수 있는 농도인 IC₅₀을 계산했을 때 대석조생이 DPPH IC₅₀에서 비타민 C와 유사한 것으로 나타났으며, ABTS IC₅₀에서는 비타민 C보다 유의적으로 높았으나 후무사와 추희보다는 유의적으로 낮았다 (Table 3). 동양계 자두인 김천산 자두의 DPPH 라디칼 및 ABTS 라디칼 소거능과 비교했을 때 의성산 자두의 활성이

우수한 것을 확인하였다(Yoon 등, 2011). 동양계 자두인 의성 자두는 천연 항산화제가 풍부한 유럽산 자두와 비슷한 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거 활성을 가지는 것으로 확인되었다(Bouayed 등, 2009).

요 약

본 연구는 동양계 자두 품종 중에서 의성 자두인 대석조생, 후무사, 추희 품종의 영양성분 및 항산화 활성을 평가하였다. 총 식이섬유는 대석조생> 후무사> 추희 순으로 대석조생이 가장 높았다. 칼슘 함량에서는 대석조생> 추희> 후무사 순으로 대석조생이 칼슘, 칼슘, 인의 함량이 모두 높은 것으로 나타났다. 총 폴리페놀 함량은 추희, 대석조생이 유의적으로 높았고 총 플라보노이드 함량은 대석조생이 유의적으로 가장 높았다. 항산화 활성은 대석조생> 후무사> 추희 순으로 대석조생이 가장 높았다. 따라서 동양계 자두인 의성 자두는 식이섬유 함량이 높고 열량이 낮으며, 높은 항산화 활성을 갖고 있어 다양한 건강 기능성 식품 소재로 활용도가 높을 것으로 사료된다.

감사의 글

이 논문은 2019학년도 안동대학교 학술연구조성비에 의하여 연구되었습니다. 본 과제(결과물)는 교육부와 한국연구재단의 재원으로 지원을 받아 수행된 사회맞춤형 산학협력 선도대학(Linc+) 육성사업의 연구 결과입니다. 본 연구는

중점연구소지원사업(NRF-2018R1A6A1A03024862)의 지원에 의해 이루어진 결과로 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- Al-Dashti YA, Holt RR, Carson JG, Keen CL, Hackman RM. Effects of short-term dried plum (prune) intake on markers of bone resorption and vascular function in healthy postmenopausal women: a randomized crossover trial. *J Med Food*. 2019. 22:982-992.
- Alsolmei FA, Li H, Pereira SL, Krishnan P, Johns PW, Siddiqui RA. Polyphenol-enriched plum extract enhances myotubule formation and anabolism while attenuating colon cancer-induced cellular damage in C₂C₁₂ cells. *Nutrients*. 2019. 11: 1077. <https://doi.org/10.3390/nu11051077>
- Blois MS. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*. 1958. 181:1199-1200.
- Bose M, Kamra M, Mullick R, Bhattacharya S, Das S, Karande AA. Identification of a flavonoid isolated from plum (*Prunus domestica*) as a potent inhibitor of hepatitis C virus entry. *Sci Rep*. 2017. 7:3965. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-04358-5>
- Bouayed J, Rammal H, Dicko A, Younos C, Soulimani R. The antioxidant effect of plums and polyphenolic compounds against H₂O₂-induced oxidative stress in mouse blood granulocytes. *J Med Food*. 2009. 12:861-868.
- Cho MA, Hong YP, Choi SY, Jung DS, Lim BS, Park SJ, et al. The chilling injury development and quality characteristics of 'Ooishiwase' plums (*Prunus salicina* L.) according to ripening stages and cold storage temperature. *Korean J Food Preserv*. 2011. 18:651-660.
- Igwe EO, Charlton KE. A systematic review on the health effects of plums (*Prunus domestica* and *Prunus salicina*). *Phytother Res*. 2016. 30:701-731.
- Jung GT, Ju IO, Chio DG, Jeong JS, Ryu J, Ko BR, et al. Chemical characteristics and physiological activities of plums (Ooishiwase and Formosa). *Korean J Food Sci Technol*. 2005. 37:816-821.
- Kim DO, Jeong SW, Lee CY. Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums. *Food Chem*. 2003. 81:321-326.
- Kim JY, Lee CR, Cho KH, Lee JH, Lee KT. Antioxidative and Lp-PLA₂ inhibitory activities in 29 fruits and vegetables. *Korean J Food Preserv*. 2009. 16:512-517.
- Kim SH. Characteristics of lactic acid fermentation of plum juice by *Lactobacillus plantarum* KLAB21 possessing antimutagenic effects. Master's thesis. Kyungpook National University, Daegu, Korea. 2014.
- Lee IS, Kim HJ, Yu MH, Im HG, Park DC. Antimicrobial activities of 'Formosa' plum at different growth stage against pathogenic bacteria. *Korean J Food Preserv*. 2003. 10:569-573.
- Lever E, Cole J, Scott SM, Emery PW, Whelan K. Systematic review: the effect of prunes on gastrointestinal function. *Aliment Pharmacol Ther*. 2014. 40:750-758.
- Marino N, Zollo M. Understanding h-prune biology in the fight against cancer. *Clin Exp Metastasis*. 2007. 24:637-645.
- Ministry of Food and Drug Safety. Korean food standards codex. 2019 [cited 2019 Mar 4]. Available from: https://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/01_02.jsp?idx=263
- Noratto G, Martino HSD, Simbó S, Byrne D, Mertens-Talcott SU. Consumption of polyphenol-rich peach and plum juice prevents risk factors for obesity-related metabolic disorders and cardiovascular disease in Zucker rats. *J Nutr Biochem*. 2015. 26:633-641.
- Park EY, Lee SH, Kim YC. Whitening efficacy of water-soluble extracts from *Prunophora salicina*'s (Daeseokjosaeng, Purplekin, Formosa) peel. *J Invest Cosmetol*. 2013. 9:27-32.
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med*. 1999. 26:1231-1237.
- Seo SB, Han SM, Kim JH, Kim NM, Lee JS. Manufacture and physiological functionality of wines and liquors by using plum (*Prunus salicina*). *Korean J Biotechnol Bioeng*. 2001. 16:153-157.
- Sung YJ, Kim YC, Kim MY, Lee JB, Chung SK. Approximate composition and physicochemical properties of plum (*Prunus salicina*). *J Korean Soc Agric Chem Biotechnol*. 2002. 45: 134-137.
- Yoon OH, Jeong B, Kim E, Jeong Y. Chemical composition and antioxidant activities of *Prunus salicina* Formosa produced in Gimcheon. *J Korean Soc Food Sci Nutr*. 2011. 40:379-384.