pISSN 1229-1153 / eISSN 2465-9223 *J. Food Hyg. Saf.*
Vol. 39, No. 3, pp. 288~298 (2024)
https://doi.org/10.13103/JFHS.2024.39.3.288

Journal of Food Hygiene and Safety
Available online at http://www.foodhygiene.or.kr

왕벚나무 수피 추출물의 아미노산, 지방산 분석 및 항산화 활성

박성환 · 최예은 · 양정모 · 정채원 · 조현덕 · 조주현*
(주)하람 중앙연구소

Analysis of Amino Acids, Fatty Acids, and Antioxidant Activities of *Prunus yedoensis* Matsum. Bark Extracts

Sung-Hwan Park, Ye-Eun Choi, Jung-Mo Yang, Chae-Won Jeong, Hyun-Duck Jo, Ju-Hyun Cho*
Haram Central Research Institute, Cheongju, Korea

(Received June 4, 2024/Revised June 17, 2024/Accepted June 19, 2024)

ABSTRACT - This study aimed to investigate the amino acid content, fatty acid composition, total flavonoid and phenol contents, and antioxidant activities of *Prunus yedoensis* Matsum. bark extracts using various extraction solvents. Through amino acid analysis, 13 amino acids were detected in extracts obtained using hot water, 30% ethanol, and 70% ethanol. The major amino acids were identified as aspartic acid, arginine, and proline, and the total amino acid content was 0.17%, 0.16%, and 0.09%, respectively. Fatty acid analysis showed a saturated fatty acid (SFA) ratio of 62.7-66.7% in extracts obtained using hot water, 30% ethanol, and 70% ethanol, with the primary fatty acid identified as palmitic acid. The total flavonoid and polyphenol contents were 727.70-769.87 mg quercetin equivalent (QE)/g and 309.24-348.09 mg gallic acid equivalent (GAE)/g, respectively, in extracts obtained using hot water, 30% ethanol, and 70% ethanol extracts. Measurements of antioxidant activity confirmed that extracts obtained using hot water, 30% ethanol, and 70% ethanol extracts increased the antioxidant effect in 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity, 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) radical scavenging activity, and ferric reducing antioxidant power (FRAP) in a concentration-dependent manner. A high correlation was observed between the total flavonoid content, total polyphenol content, and antioxidant activities of the extracts. This study provides data and novel insights for the development of functional food materials using *P. yedoensis* Matsum. bark extracts.

Key words: *Prunus yedoensis*, Bark, Amino acid, Fatty acid, Antioxidant activities

인체 내 세포의 정상적인 대사 과정에서 생성되는 활성산소종(reactive oxygen species, ROS)과 nitric oxide (NO), peroxynitrite ($ONOO^-$), nitrogen dioxide (NO_2)와 같은 활성질소종(reactive nitrogen species, RNS)은 체내 항산화 효소에 의해 제거되어 세포 내 신호 전달과 생리적 기능이 원활하게 이루어지도록 하지만, 과도한 ROS의 생성은 산화적 스트레스를 유발하여 세포의 구성 성분인 지질, 단백질 및 DNA를 손상시키고, 노화, 암, 각종 질환의 주요한 위험 인자로 알려져 있으며, NO는 O_2^-와 쉽게 반응하여 반응성이 높은 $ONOO^-$를 생성하여 생체 내 분자의 산화적 손상 및 세포 내 미토콘드리아 손상을 야기 시키는 것으로 알려져 있다[1]. 이러한 활성산소를 제거하기 위해 항산화제는 유리라디칼을 제거하거나 산화적스트레스를 감소시키 위하여 합성 항산화제와 천연 항산화제가 사용되고 있고, butylated hydroxy anisole (BHA)과 butylated hydroxytoluene (BHT), PG (propyl gallate) 등의 합성 항산화제가 이용되고 있으나 과량 섭취 시 간비대, 체내 흡수물질의 독성화 및 발암 가능성 등의 심각한 부작용을 나타낼수 있어 사용량이 법적으로 엄격하게 규제되고 있다. 이에 따라 민간이나 한방에서 섭취가 가능하고 효능이 검증된 약용식물자원에서 생리활성이 우수한 기능성 물질에 대해 많은 연구가 이루어지고 있으며, 일부는 의약, 농업, 정밀화학 등 여러 분야에서 실용화되고 있다[2,3].

*Correspondence to: Ju-Hyun Cho, Haram Central Research Institute. Cheongju 28160, Korea
Tel: +82-10-8840-7972, Fax: +82-43-838-7235
E-mail: dusvnd608@hanmail.net

Copyright © The Korean Society of Food Hygiene and Safety. All rights reserved. The Journal of Food Hygiene and Safety is an Open-Access journal distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution,and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

왕벚나무(*Prunus yedoensis* Matsumura)는 장미과 벚나무속에 속하며 우리나라에는 20여종이 분포하고 있다. 껍질(화피, 樺皮)은 우육체, 기침, 두드러기 등의 민간약으로 사용되어 왔으며[4], 열매는 치통, 유선염, 수종, 각기병 및 통경제로 이용되어왔다[5]. 선행연구로는 간보호 효과[6], 항균작용[7], 항산화 및 항암효과[8], 항염효과[9,10] 등이 보고되고 있다. 주요성분으로는 껍질에서 naringenin, sakuranetin, prunetin[11] 성분이 함유되어 있고, 버찌라고 불리는 열매에는 안토시아닌과 quercetin 성분이 함유되었다고 알려져 있다[12]. 그러나, 이러한 효능과 활성 성분이 알려져 있지만 식품에 활용되기 위한 소재 연구가 부족하고, 약용식물과 식품으로 함께 사용이 가능한 천연 항산화 물질 개발은 잘 알려진 한약재 중심으로 이루어지고 있는 실정이다[13].

따라서, 본 연구에서는 왕벚나무 수피의 용매별 추출 조건(열수 추출, 30% 에탄올 추출, 70% 에탄올 추출)에 따른 추출물에 대하여 아미노산 및 지방산의 조성과 함량 차이를 비교 분석하였고, 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량과 DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능, FRAP 활성 등의 비교를 통해 다양한 건강기능식품 소재의 개발을 위한 기초 자료로 제공하고자 한다.

Materials and Methods

추출물 제조

왕벚나무 수피는 2022년도 생산한 것으로 동양허브(Seoul, Korea)에서 구매하여 사용하였다. 열수 추출물은 수피 건조물 중량 대비 30배의 증류수를 넣어 무압력추출기(HD-A110, HABDONG, Anyang, Korea)로 120°C에서 4시간 동안 추출하였고, 30% 에탄올 추출물과 70% 에탄올 추출물은 수피 건조물 중량 대비 30배의 추출용매를 넣어 95°C에서 4시간 동안 각각 환류추출 후 여과(45 μm, CHUNGHYE, Seoul, Korea)하여 감압농축(N-1300, Eyela, Tokyo, Japan) 및 동결건조(7751041, Labconco, Kansas, MO, USA)시켜 분말화하였다.

표준품 및 시약

아미노산 분석에 사용된 amino acid standard solution, triethylamine (TEA), phenylisothiocyanate (PITC), phosphoric acid는 Sigma-Aldrich Co. (St Louis, MO, USA)에서 구입하여 사용하였고, sodium acetate, 6 N HCl은 Daejung Chemicals & Metals Co. (Siheung, Korea)로부터 구입하여 사용하였으며, acetonitrile, methanol, water는 Thermo Fisher Scientific Co. (Waltham, MA, USA)에서 구입하여 사용하였다. 지방산 분석에 사용된 FAMEs mix C8-C24 standard는 Supelco Co. (St Louis, MO, USA)에서 구입하여 사용하였고, glyceryl triundecanoate, methyl undecanoate, BF_3-methanol은 Sigma-Aldrich Co.로부터 구입하여 사용하였으며, isooctane, chloroform은 Samchun Chemical Co. (Seoul, Korea)에서 구입하여 사용하였다. 총 플라보노이드 함량, 총 폴리페놀 함량 및 항산화 활성 측정에 사용된 sodium nitrite, aluminium chloride, 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS)는 Tokyo Chemical Industry Co. (Tokyo, Japan)에서 구입하여 사용하였고, 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH)은 Thermo Fisher Scientific Co.로부터 구입하여 사용하였으며, Folin-Ciocalteu는 Junsei Chemical Co. (Tokyo, Japan)에서 구입하여 사용하였다. Sodium hydroxide, sodium carbonate anhydrous, potassium persulfate, 2,4,6-tripyridyl-s-triazine (TPTZ), iron(III) chloride, quercetin, gallic acid, ascorbic acid는 Sigma-Aldrich Co.에서 구입하여 사용하였다.

아미노산 분석

아미노산 분석은 Yang 등[14]의 방법을 참고하여 수행하였다. 시료 200 mg을 취하여 6 N HCl 5 mL를 가하고 heating block (LHB_S, Huvetec, Namyangju, Korea)에서 110°C로 24시간 동안 가수분해하였다. 가수분해액과 아미노산 표준용액을 40°C에서 진공건조(FD8508, ilShinBioBase, Yangju, Korea)하였다. 건조가 완료되면 methanol, water, TEA를 2:2:1 비율로 혼합하여 제조한 재건조 시약을 일정량 넣고 재건조하였다. 재건조 후 methanol, water, TEA, PITC를 7:1:1:1 비율로 혼합하여 제조한 유도체 시약을 일정량 넣고 다시 건조하였다. 건조된 시료에 이동상 A 용매로 희석하여 시험용액으로 사용하였다. 분석기기는 Waters

Table 1. HPLC condition for the analysis of amino acid

Parameters	Conditions		
Wavelength	254 nm		
Column	Kromasil C18 (4.6 mm×250 mm, 5.0 μm, Nouryon, Sweden), 45°C		
Mobile phase	A: Sodium acetate 20 g, triethylamine 600 μL, water 1 L (pH 6.4, phosphoric acid): acetonitrile(94:6, v/v) B: 60% acetonitrile		
	Time (min)	A (%)	B (%)
	0.0	100.0	0.0
	14.0	70.0	30.0
	25.0	0.0	100.0
	26.0	0.0	100.0
	28.0	100.0	0.0
	32.0	100.0	0.0
Flow rate	1.0 mL/min		
Injection volume	20 μL		

e2695 alliance와 Waters 2998 Photodiode Array Detector (Waters Co., Milford, MA, USA)로 측정하였다. 측정파장은 254 nm로 설정하였고, 유속은 1 mL/min 속도로 흘려주었으며, 이동상 조건은 Table 1에 나타내었다. 함량(%)은 다음 식에 따라 계산하였다.

$$\text{아미노산 함량}(\%) = \frac{C \times S \times MW \times V}{A \times V} \times 100$$

C: 아미노산 표준용액의 농도(μmole/mL)
S: 시료용액의 아미노산 피크면적
MW: 아미노산의 분자량(molecular weight)
V: 희석량(mL)
A: 표준용액의 아미노산 피크면적
W: 시료량(μg)

지방산 분석

조지방 추출은 Jeong 등[15]의 방법에 따라 시료 0.5 g 취하여 chloroform:methanol (2:1) 혼합액을 넣고 120분간 초음파추출(POWER SONIC 505, Hwashintech, Daegu, Korea)하여 여과 및 농축시켜 조지방을 얻었다. 시료에 내부표준용액(glyceryl triundecanoate, 1 mg/mL) 1 mL와 0.5 N methanolic sodium hydroxide 5 mL을 넣어 혼합하고 100°C에서 5분간 가열하였다. 여기에 14% BF_3-methanol 2 mL를 넣어 혼합하고 100°C에서 30분간 가열 후 30-40°C로 냉각시켜 isooctane 1 mL와 포화 sodium chloride 5 mL를 넣어 혼합하였다. 층 분리가 되면 isooctane 층을 회수하고 sodium sulfate로 탈수시켜 시험용액을 제조하였다. 지방산 표준용액은 FAMEs mix C8-C24와 methyl undecanoate를 isooctane에 녹여 1 mg/mL 농도로 각각 제조하고 1:1로 혼합하였다[16]. 분석기기는 GC-FID (GC-2030, Shimadzu, Kyoto, Japan)로 측정하였고, 분석조건은 Table 2에 나타내었다. 지방산 조성(%)은 각 지방산의 면적을 백분율로 계산하였고, 지방산 함량(mg/g)은 다음 식에 따라 계산하였다.

Table 2. GC-FID condition for the analysis of fatty acid

Parameters	Conditions		
Column	DB-Wax (30 m×0.250 mm, 0.25 μm, Agilent, USA)		
Oven temperature	Rate (°C/min)	Temp.	Hold time (min)
	0.0	130.0	3.0
	20.0	230.0	0.0
	3.0	250.0	10.0
	Post run	250.0	
Injector temperature	250°C		
Detector temperature	280°C		
Flow rate	1 mL/min		
Carrier gas	He		
Split ratio	40:1		
Injection volume	1 μL		

$$\text{지방산 함량}(mg/g) = \frac{W_{FAi} \times 1000}{W_{spl}} \times \frac{1}{100}$$

$$*W_{FAi} = W_{FAMEi} \times f_{FAi}$$

$$W_{FAMEi} = \frac{P_{ti} \times Wt_{C11:0} \times 1.0067}{Pt_{C11:0} \times R_i}$$

W_{FAMEi}: 각 지방산의 메틸 에스테르로서의 양(mg)
P_{ti}: 시료의 각 지방산 피크면적
$Wt_{C11:0}$: 시료 중 glyceryl triundecanoate (C11:0)의 무게(mg)
$Pt_{C11:0}$: 시료 중 glyceryl triundecanoate (C11:0)의 피크면적
1.0067: Glyceryl triundecanoate (C11:0)의 지방산 메틸 에스테르로서 전환계수
f_{FAi}: 지방산 i(메틸 에스테르로서)의 지방산 전환계수
R_i: Response factor
$*W_{spl}$: 시료량(mg)

총 플라보노이드 함량 측정

총 플라보노이드 함량은 Zhishen 등[17]의 방법을 참고하여 측정하였다. 시료 100 μL에 증류수 400 μL, 5% sodium nitrite 30 μL를 첨가하고 5분 동안 상온에서 반응시켜 10% aluminium chloride 30 μL를 첨가 후 6분간 상온에서 반응시켰다. 1 M sodium hydroxide 200 μL를 첨가하여 반응을 종료시키고, 증류수 240 μL를 추가하였다. Microplate reader (Epoch, Biotek Instruments Inc., Winooski, VT, USA)로 510 nm에서 흡광도를 측정하였고, quercetin을 사용하여 검량선을 작성 후 총 플라보노이드 함량을 mg quercetin equivalent (QE)/g으로 표시하였다.

총 폴리페놀 함량 측정

총 폴리페놀 함량은 Folin 등[18]의 방법을 참고하여 수행하였다. 시료 200 μL에 증류수 510 μL와 Folin-Ciocalteu 40 μL를 혼합하여 6분간 상온에서 반응시킨 후 7% sodium carbonate anhydrous를 250 μL 첨가하였다. 이후 상온에서 90분 동안 반응시킨 후 750 nm에서 흡광도를 측정하였고, gallic acid를 사용하여 검량선을 작성 후 총 폴리페놀 함량을 mg gallic acid equivalent (GAE)/g으로 표시하였다.

DPPH 라디칼 소거능 측정

DPPH 라디칼 소거능 측정은 Kim 등[19]의 방법을 참고하여 수행하였다. DPPH 용액은 95% 에탄올에 용해시켜

0.20 mM로 제조하였다. 농도별로 희석한 시료 100 μL에 DPPH 용액 900 μL를 첨가하여 암실에서 10분간 반응시키고, 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 양성대조군으로 ascorbic acid를 사용하였고, DPPH 라디칼 소거능(%)은 다음 식에 따라 계산하였다.

$$\text{DPPH 라디칼 소거능(\%)} = \frac{Ac - As}{Ac} \times 100$$

Ac: 공시료의 흡광도, As: 시료의 흡광도

ABTS 라디칼 소거능 측정

ABTS 라디칼 소거능 측정은 Pellegrini 등[20]의 방법에 따라 수행되었다. 7 mM ABTS 용액과 2.45 mM potassium persulfate를 2:1 비율로 혼합하고 16시간 동안 암실에서 반응시켜 라디칼을 생성시킨 다음 ABTS 용액의 흡광도가 734 nm에서 0.7이 되도록 에탄올로 희석하여 ABTS 용액을 제조하였다. 이후 농도별로 희석한 시료 10 μL에 ABTS 용액 1 mL를 가하여 혼합 후 6분간 반응시키고, 734 nm에서 흡광도를 측정하였다. 양성대조군으로 ascorbic acid를 사용하였고, ABTS 라디칼 소거능(%)은 다음 식에 따라 계산하였다.

$$\text{ABTS 라디칼 소거능(\%)} = \frac{Ac - As}{Ac} \times 100$$

Ac: 공시료의 흡광도, As: 시료의 흡광도

FRAP 활성 측정

FRAP 활성 측정은 Benzie 등[21]의 방법을 참고하였다. 반응용액은 sodium acetate buffer (pH 3.6, 300 mM), 20 mM TPTZ, iron(III) chloride를 10:1:1 비율로 혼합하여 사용하였다. 반응용액 900 μL와 농도별로 희석한 시료 100 μL를 6분간 37°C에서 반응시킨 후 593 nm에서 측정하였다.

통계분석

본 실험에서 결과는 평균과 표준편차로 나타내었고, 통계처리는 SPSS version 27 (IBM, Chicago, IL, USA) 프로그램을 사용하여 분산분석(one-way ANOVA)을 실시하였으며, 사후검정은 Duncan's multiple test로 $P<0.05$ 유의수준에서 검정하였다. 상관관계는 Pearson 상관계수(Pearson's correlation coefficient)를 이용하여 유의성을 표시하였다.

Results and Discussion

아미노산 조성 및 함량

왕벚나무 수피 용매별 추출물의 아미노산 조성 및 함량 분석 결과는 Fig. 1과 Table 3에 나타내었다. 열수 추출물, 30% 에탄올 추출물, 70% 에탄올 추출물에서 공통적으로 methionine, cystine, phenylalanine, lysine을 제외한 13종의 아미노산이 검출되었고, 주요 아미노산은 aspartic acid, glutamic acid, arginine, proline으로 확인되었다. 추출물별 아미노산의 조성 및 함량은 추출 용매인 에탄올 함량에 따라서 주요 아미노산과 함량 결과에 차이를 보였는데 열수 추출물에서 총 아미노산 함량은 0.87%로 추출물 중 가장 높은 결과를 보였고, 주요 아미노산은 aspartic acid, glutamic acid, arginine, proline으로 이들 성분 중 aspartic acid가 0.17%로 가장 높은 함량을 보였으며, 필수아미노산(essential amino acid) 함량은 0.20%로 총 아미노산 함량의 23.0%를 차지하였다. 30% 에탄올 추출물에서 총 아미노산 함량은 0.70%의 결과를 보였고, 주요 아미노산은 aspartic acid, glutamic acid, arginine, proline으로 이들 성분 중 arginine이 0.16%로 가장 높은 함량을 보였으며, 필수아미노산 함량은 0.12%로 총 아미노산 함량의 17.1%를 차지하였다. 70% ethanol 추출물에서 총 아미노산 함량은 0.46%로 추출물 중 가장 낮은 결과를 보였고, 주요 아미노산은 aspartic acid, glutamic acid, arginine, proline으로 이들 성분 중 proline이 0.09%로 가장 높은 함량을 보였으며, 필수아미노산 함량은 0.08%로 총 아미노산 함량의 17.4%를 차지하였다. Lee 등[12]의 연구결과에서 왕벚나무 열매의 총 아미노산 함량이 1.16%로 본 연구에서 가장 높은 함량을 보인 열수 추출물(0.87%)보다 높은 함량을 보였고, Kim 등[22]의 연구에서 왕벚나무 화밀의 총 아미노산 함량이 55.2 mg/L로 본 연구에서 용매별 추출물보다 낮은 결과를 보였다.

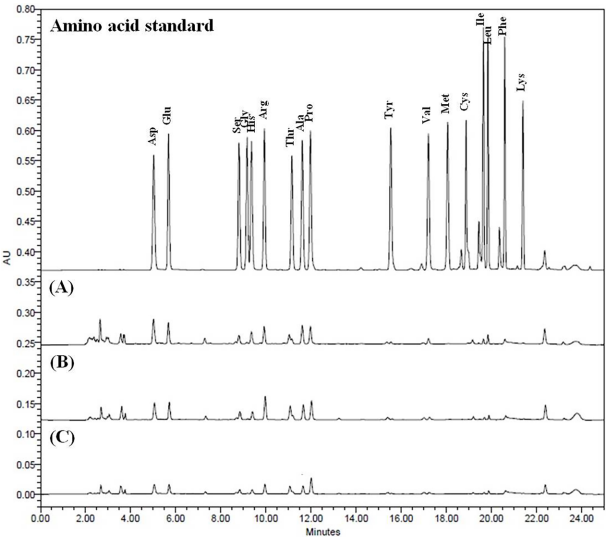

Fig. 1. HPLC overlay chromatograms of amino acid standard and *Prunus yedoensis* Matsum. bark extracts. (A) Hot water, (B) 30% Ethanol, (C) 70% Ethanol.

Table 3. Amino acid content of *Prunus yedoensis* Matsum. bark extracts

Amino acid	Solvent		
	Hot water	30% Ethanol	70% Ethanol
Aspartic acid (Asp)	0.17±0.01[a2)]	0.11±0.00[b]	0.07±0.01[b]
Glutamic acid (Glu)	0.14±0.01[b]	0.11±0.01[b]	0.07±0.01[b]
Serine (Ser)	0.05±0.00[f]	0.04±0.00[e]	0.03±0.00[cd]
Glycine (Gly)	0.01±0.00[h]	0.00±0.00[g]	0.00±0.00[f]
Histidine (His)	0.09±0.01[d]	0.06±0.00[d]	0.03±0.01[c]
Arginine (Arg)	0.13±0.01[c]	0.16±0.00[a]	0.08±0.01[ab]
Threonine (Thr)	0.03±0.00[g]	0.02±0.00[f]	0.02±0.00[cde]
Alanine (Ala)	0.07±0.01[e]	0.06±0.00[d]	0.04±0.00[c]
Proline (Pro)	0.09±0.01[d]	0.09±0.00[c]	0.09±0.01[a]
Tyrosine (Tyr)	0.02±0.00[gh]	0.01±0.00[f]	0.01±0.00[ef]
Valine (Val)	0.03±0.00[gh]	0.02±0.00[f]	0.01±0.00[def]
Methionine (Met)	N.D[3)]	N.D	N.D
Cystine (Cys)	N.D	N.D	N.D
Isoleucine (Ile)	0.02±0.00[gh]	0.01±0.00[f]	0.01±0.00[def]
Leucine (Leu)	0.03±0.01[g]	0.01±0.00[f]	0.01±0.00[def]
Phenylalanine (Phe)	N.D	N.D	N.D
Lysine (Lys)	N.D	N.D	N.D
Total (%)	0.87±0.06[a]	0.70±0.02[b]	0.46±0.06[c]
E.A.A (%)[1)]	0.20±0.02[a]	0.12±0.00[b]	0.08±0.01[b]

[1)]E.A.A: essential amino acid (histidine+threonine+valine+methionine+isoleucine+leucine+phenylalanine+lysine).
[2)]Mean±standard deviation. Means with different letters within the same column are significantly different from each other at $P<0.05$ by Duncan's multiple range test.
[3)]N.D: not detected.

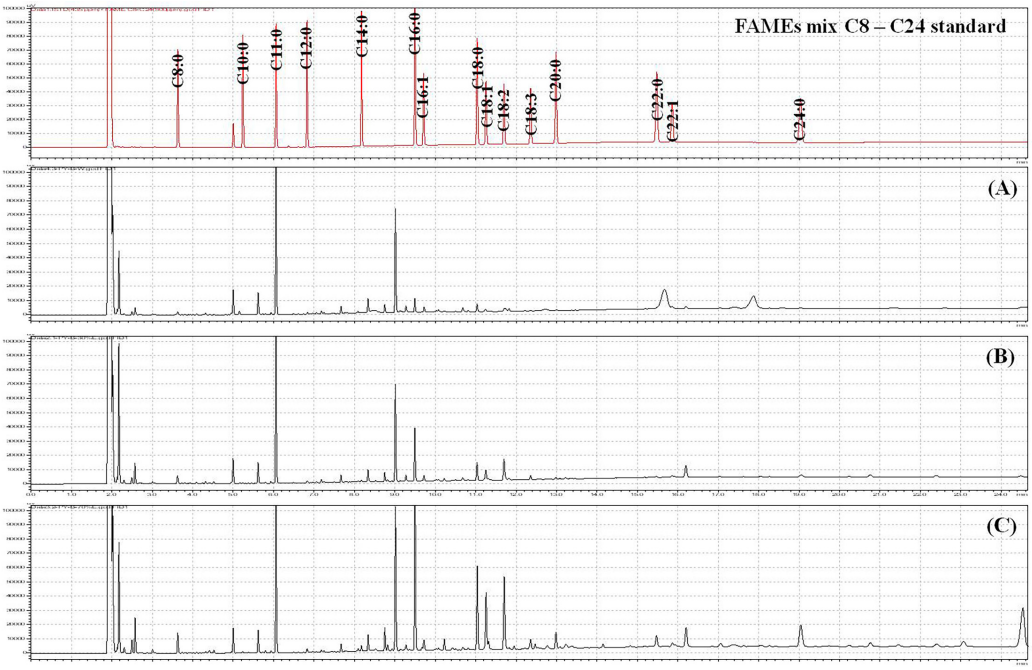

Fig. 2. GC-FID overlay chromatograms of FAMEs mix C8-C24 standard and *Prunus yedoensis* Matsum. bark extracts. (A) Hot water, (B) 30% Ethanol, (C) 70% Ethanol.

Table 4. Fatty acid compositon (%) and content (mg/g) of *Prunus yedoensis* Matsum. bark extracts

Fatty acid		Solvent					
		Hot water		30% Ethanol		70% Ethanol	
		%	mg/g	%	mg/g	%	mg/g
C8:0	Caprylic acid	7.78	0.05	6.27	0.15	3.87	0.39
C10:0	Capric acid	1.75	0.00	0.65	0.00	0.34	0.00
C12:0	Lauric acid	4.23	0.00	1.72	0.00	0.72	0.07
C14:0	Myristic acid	1.45	0.00	1.12	0.00	0.95	0.09
C16:0	Palmitic acid	25.25	0.17	41.47	0.77	28.49	2.86
C16:1	Palmitoleic acid	13.71	0.09	4.64	0.11	2.40	0.24
C18:0	Stearic acid	15.57	0.10	12.56	0.31	14.65	1.47
C18:1	Oleic acid	8.17	0.05	9.01	0.22	11.33	1.14
C18:2	Linoleic acid	4.81	0.00	18.01	0.44	15.31	1.54
C18:3	Linolenic acid	1.55	0.00	3.67	0.09	2.59	0.26
C20:0	Arachidic acid	2.56	0.00	1.94	0.00	3.62	0.36
C22:0	Behenic acid	N.D[4)]	N.D	1.42	0.00	3.72	0.37
C22:1	Erucic acid	9.10	0.06	2.64	0.06	1.65	0.17
C24:0	Lignoceric acid	4.06	0.00	4.87	0.12	10.35	1.04
	SFA[1)]	62.65	0.41	62.04	1.53	66.71	6.70
	MUFA[2)]	30.98	0.20	16.28	0.40	15.39	1.54
	PUFA[3)]	6.37	0.04	21.68	0.53	17.90	1.80
	Total	100.00	0.66	100.00	2.46	100.00	10.04

[1)]SFA: saturated fatty acid.
[2)]MUFA: monounsaturated fatty acid.
[3)]PUFA: polyunsaturated fatty acid.
[4)]N.D: not detected.

지방산 조성 및 함량

왕벚나무 수피 용매별 추출물의 지방산 조성 및 함량 분석 결과는 Fig. 2와 Table 4에 나타내었다. 열수 추출물에서는 behenic acid (C22:0)을 제외한 13종 지방산이 검출되었고, 30% 에탄올 추출물, 70% 에탄올 추출물에서 14종 지방산이 검출되었다. 지방산 조성은 포화지방산(SFA)이 열수 추출물, 30% 에탄올 추출물, 70% 에탄올 추출물에서 각각 62.7%, 62.0%, 66.7%로 대부분을 차지하였고, 단일불포화지방산(MUFA)은 열수 추출물에서 31.0%로 30% 에탄올 추출물과 70% 에탄올 추출물보다 2배 높은 결과를 보였다. 다가불포화지방산(PUFA)은 열수 추출물, 30% 에탄올 추출물, 70% 에탄올 추출물에서 각각 6.4%, 21.7%, 17.9%를 차지하였다. 총 지방산 함량은 열수 추출물에서 0.66 mg/g으로 지방산이 거의 추출되지 않았고, 주요 지방산은 palmitic acid (C16:0), palmitoleic acid (C16:1), stearic acid (C18:0)로 이들 성분 중 palmitic acid (C16:0)가 0.17 mg/g으로 총 지방산 함량의 25.8%를 차지하였다. 30% 에탄올 추출물에서는 2.46 mg/g의 결과를 보였고, 주요 지방산은 palmitic acid (C16:0), stearic acid (18:0), linoleic acid (C18:2)로 이들 성분 중 palmitic acid (C16:0)가 0.77 mg/g으로 총 지방산 함량의 31.3%를 차지하였다. 70% 에탄올 추출물에서는 10.04 mg/g으로 추출물 중 가장 높은 함량을 보였고, 주요 지방산은 palmitic acid (C16:0), stearic acid (18:0), linoleic acid (C18:2)로 이들 성분 중 palmitic acid (C16:0)가 2.86 mg/g으로 총 지방산 함량의 28.5%를 차지하였다. 이러한 결과는 추출용매인 에탄올의 함량에 따라 지방산 조성과 함량 차이를 나타내는 것으로 보여진다.

총 플라보노이드 및 총 폴리페놀 함량

왕벚나무 수피 용매별 추출물의 총 플라보노이드와 총 폴리페놀 함량 측정 결과는 Table 5에 나타내었다. 총 플라보노이드 함량은 열수 추출물, 30% 에탄올 추출물, 70% 에탄올 추출물에서 각각 727.70 mg QE/g, 769.87 mg QE/g, 748.66 mg QE/g으로 추출물간 비슷한 함량을 보였고, 총 폴리페놀 함량은 열수 추출물, 30% 에탄올 추출물, 70% 에탄올 추출물에서 각각 309.24 mg GAE/g, 247.04 mg GAE/g, 348.09 mg GAE/g으로 70% 에탄올 추출물에서

Table 5. The content of total flavonoid and total polyphenol in *Prunus yedoensis* Matsum. bark extracts

Solvent	Total flavonoid content (mg QE[1)]/g)	Total polyphenol content (mg GAE[2)]/g)
Hot water	727.70±51.67[a3)]	309.24±2.77[b]
30% Ethanol	769.87±33.67[a]	247.04±3.61[a]
70% Ethanol	748.66±29.54[a]	348.09±5.72[c]

[1)]QE: quercetin equivalent.
[2)]GAE: gallic acid equivalent.
[3)]All values are expressed as the mean±standard deviation. The different letters mean significantly different at $P<0.05$ by Duncan's multiple test.

가장 높은 결과를 보였으며, 30% 에탄올 추출물에서 가장 낮았다. Joo[23)]의 연구에서 왕벚나무 수피 70% 에탄올 추출물의 총 플라보노이드와 총 폴리페놀 함량이 각각 225.00 mg RE/g과 306.01 mg GAE/g으로 보고하였고, Choi 등[24)]의 연구에서 왕벚나무 열매 메탄올 추출물과 물 추출물의 총 플라보노이드와 총 폴리페놀 함량이 각각 2.17 g GAE/100g과 2.77 g GAE/100g으로 본 연구결과에 비해 낮은 함량을 보이나 벚나무속(*Prunus*)에 속하는 복숭아나무의 가지 열수 추출물에서 총 폴리페놀 함량을 140.60 mg GAE/g으로 보고한 Lee 등[25)]의 연구결과와 산벚나무 잎 75% 에탄올 추출물의 총 플라보노이드와 총 폴리페놀 함량이 각각 26.50 mg rutin equivalent (RE)/g와 175.72 mg tannic acid equivalent (TAE)/g으로 보고한 Yang 등[26)]의 연구결과보다 높은 함량을 보였다.

DPPH 라디칼 소거능

DPPH 라디칼 소거능은 하이드록시 라디칼을 갖는 페놀성 화합물이나 플라보노이드를 가진 물질이 전자를 받아들여 보라색 화합물이 노란색으로 탈색되는 원리를 이용한다. 색이 엷어지는 정도가 크면 DPPH 라디칼 소거능이 큰 것을 의미한다[25)]. 왕벚나무 수피 용매별 추출물의 DPPH 라디칼 소거능 측정 결과는 Fig. 3에 나타내었다. 양성대조군인 ascorbic acid는 0.10 mg/mL, 0.5 mg/mL, 1 mg/mL 농도에서 각각 14.68%, 86.74%, 92.43%의 DPPH 라디칼 소거능을 보였다. 열수 추출물, 30% 에탄올 추출물, 70% 에탄올 추출물은 0.05 mg/mL, 0.1 mg/mL, 0.5 mg/mL, 1 mg/mL 농도에서 각각 14.42-81.77%, 16.85-83.38%, 19.33-81.12%의 DPPH 라디칼 소거능을 보였다. 추출물간 DPPH 라디칼 소거능 차이를 보면 열수 추출물, 30% 에탄올 추출물, 70% 에탄올 추출물이 0.05 mg/mL와 0.1 mg/mL 농도에서 각각 14.42%, 16.85%, 19.33%와 32.23%, 27.75%, 40.32%로 차이를 보였으나, 0.5 mg/mL와 1 mg/mL 농도에서 각각 80.70%, 82.42%, 81.68%와 81.77%, 82.42%, 83.38%로 비슷한 결과를 보였으며, 용매별 추출물 모두 DPPH 라디칼 소거능이 농도 의존적으로 증가하는 것을 확인하였다. Hong 등[27)]의 연구에서 왕벚나무 수피 열수 추출물과 80% 에탄올 추출물의 DPPH 라디칼 소거능이 50-200 μg/mL 농도에서 각각 81.4-86.6%와 84.4-88.4%로 본 실험에서 결과보다 높은 결과를 보이지만, Kim 등[28)]의 연구에서 살구나무 잎 50% 에탄올 추출물, 아르메니아살구나무와 매실나무 잎 메탄올 추출물이 1 mg/mL 농도에서 각각 30.85%, 40.33%, 16.32%의 DPPH 라디칼 소거능을 보인 결과보다 본 실험의 용매별 추출물에서 DPPH 라디칼 소거능이 높은 산화 억제력을 갖는 것이 확인되었다.

ABTS 라디칼 소거능

ABTS 라디칼 소거능은 potassium persulfate와의 반응에 의해 생성되는 ABTS free 라디칼이 시료의 항산화 물질

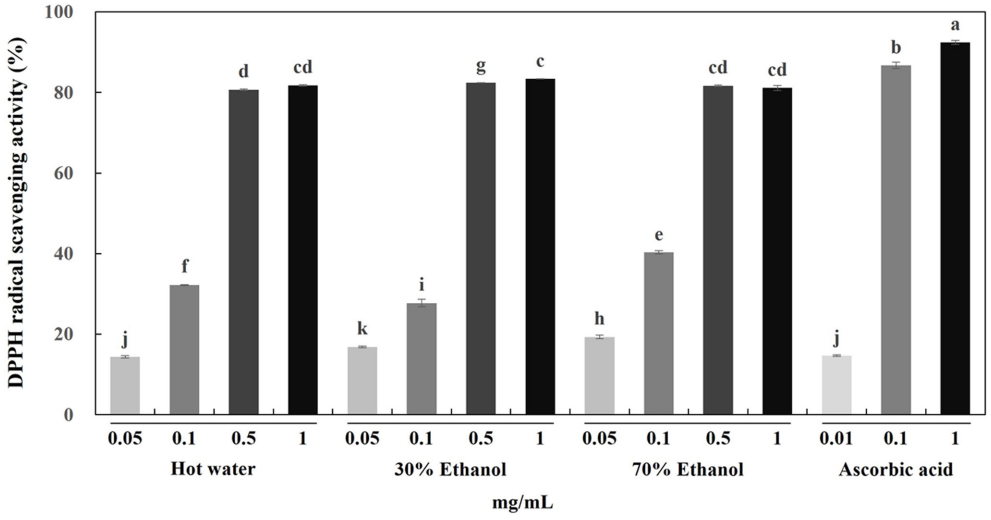

Fig. 3. DPPH radical scavenging activity of various concentrations in *Prunus yedoensis* Matsum. bark extracts. All values are expressed as the mean±standard deviation. The different letters mean significantly different at $P<0.05$ by Duncan's multiple test.

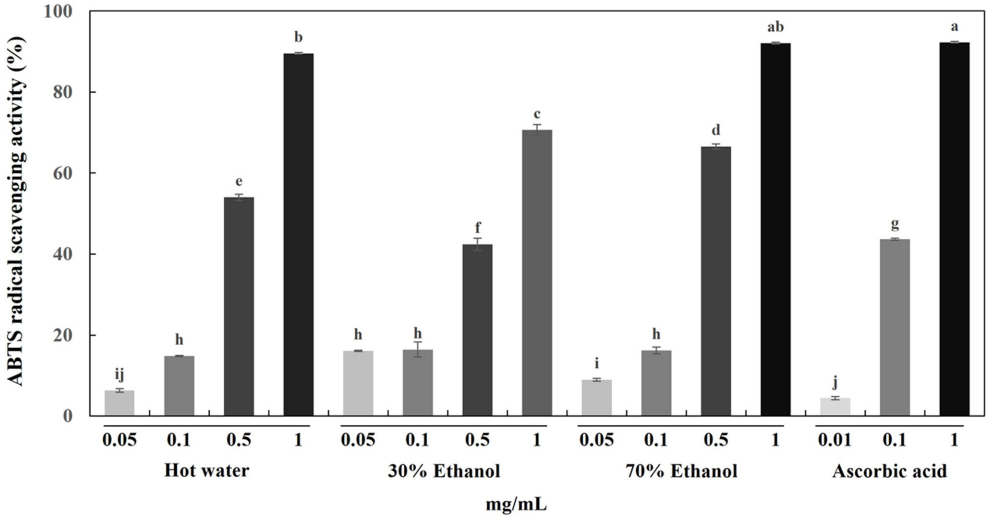

Fig. 4. ABTS radical scavenging activity of various concentrations in *Prunus yedoensis* Matsum. bark extracts. All values are expressed as the mean±standard deviation. The different letters mean significantly different at $P<0.05$ by Duncan's multiple test.

에 의해 제거되는데 이때 라디칼의 청록색이 탈색되는 원리를 이용한다[29]. 왕벚나무 수피 용매별 추출물의 ABTS 라디칼 소거능 측정 결과는 Fig. 4에 나타내었다. 양성대조군인 ascorbic acid는 0.1 mg/mL, 0.5 mg/mL, 1 mg/mL 농도에서 각각 4.46%, 43.68%, 92.28%의 ABTS 라디칼 소거능을 보였다. 30% 에탄올 추출물, 70% 에탄올 추출물은 0.05 mg/mL, 0.1 mg/mL, 0.5 mg/mL, 1 mg/mL 농도에서 각각 6.32-89.55%, 16.14-70.61%, 8.99-92.08%의 ABTS 라디칼 소거능 보였다. 추출물간 ABTS 라디칼 소거능 차이를 보면 30% 에탄올 추출물에서 0.05 mg/mL 농도와 열수 추출물, 70% 에탄올 추출물에서 0.1 mg/mL 농도일 때 각각 16.14%, 14.85%, 16.18%로 비슷한 ABTS 라디칼 소거능을 보였다. 열수 추출물, 70% 에탄올 추출물은 0.5 mg/mL 농도에서 각각 53.99%, 66.51%의 ABTS 라디칼 소거능을 보였고, 1 mg/mL 농도에서 각각 89.55%, 92.08%로 나타내어 용매별 추출물 모두 ABTS 라디칼 소거능이 농도 의존적으로 증가하는 것을 확인하였다.

FRAP 활성

왕벚나무 수피 용매별 추출물의 FRAP 활성 측정 결과는 Fig. 5에 나타내었다. FRAP 활성 측정은 산화환원반응에 의한 메커니즘으로 Fe^3가 Fe^2로 환원될 때 발생하는 청색 파장을 특정 파장에서 측정하여 환원력을 계산하는 방법이다. 이 때문에 환원력에서의 흡광도 값은 그 자체가 시료의 환원력을 의미하므로, 높은 항산화 활성을 가질수록 흡광도 값이 높게 나타난다[30]. 양성대조군으로 사용한

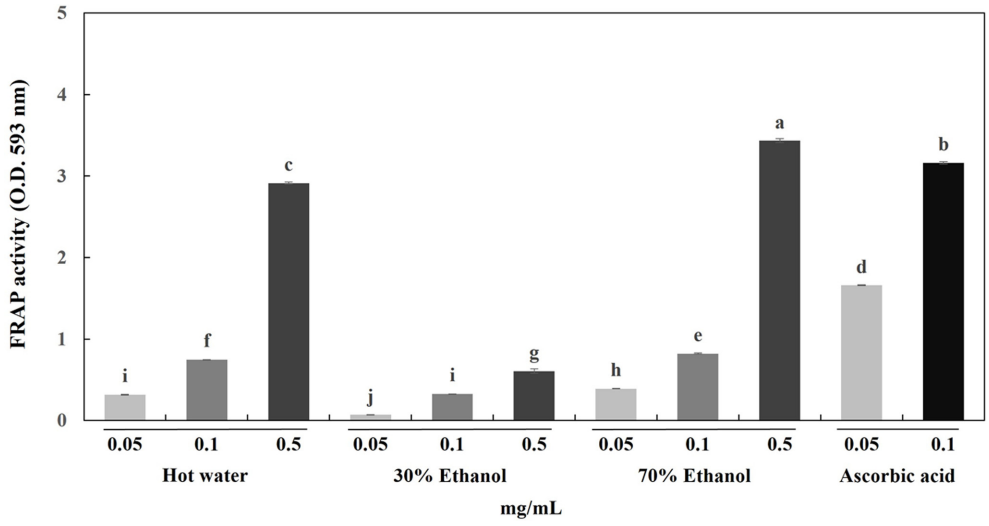

Fig. 5. FRAP activity of various concentrations in *Prunus yedoensis* Matsum. bark extracts. All values are expressed as the mean±standard deviation. The different letters mean significantly different at $P<0.05$ by Duncan's multiple test.

ascorbic acid의 FRAP 활성은 0.05 mg/mL, 0.1 mg/mL 농도에서 각각 1.66, 3.16의 높은 흡광도를 보였다. 열수 추출물, 30% 에탄올 추출물, 70% 에탄올 추출물에서 FRAP 활성은 0.05 mg/mL, 0.1 mg/mL, 0.5 mg/mL 농도에서 각각 0.32-2.91, 0.07-0.61, 0.39-3.43으로 나타내어 30% 에탄올 추출물<열수 추출물<70% 에탄올 추출물 순으로 높은 흡광도를 나타내었으며, 농도에 의존적으로 환원력을 증가시키며 항산화 활성이 증가하는 결과를 보였다. Jeong 등[31]의 연구에서 식물로부터 추출된 페놀성 화합물은 항산화 효과와 함께 생물학적 효능을 나타내며 이들의 효능은 주로 산화와 환원력에 의한 것이라고 보고하였다. 즉, 본 실험 결과는 용매별 추출물에 함유된 폴리페놀 성분들이 산화·환원력에 의하여 라디칼을 소거시키고, 함량에 따라 추출물의 항산화 활성 차이를 나타내는 것으로 보여진다.

상관관계분석

왕벚나무 수피 열수 추출물, 30% 에탄올 및 70% 에탄올 추출물의 항산화 측정 실험에서 농도 의존적으로 항산화 활성이 증가하는 것을 확인하였다. 따라서, 총 플라보노이드 함량, 총 폴리페놀 함량과 항산화 활성 간의 상관관계를 분석하였고, 결과는 Table 6에 나타내었다. 전체적으로 용매별 추출물의 총 플라보노이드 함량, 총 폴리페놀 함량과 항산화 활성 간에 모두 양(+)의 상관관계를 나타내었고, 총 플라보노이드와 총 폴리페놀 함량 간에 상관계수(r)가 0.730으로 양(+)의 상관관계를 나타내었다 (P<0.01). 총 플라보노이드 함량과 DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능, FRAP 활성 간의 상관계수(r)가 각각 0.624, 0.836, 0.990으로 FRAP 활성에서 가장 높은 양(+)의 상관관계를 보였다(P<0.01). 총 폴리페놀 함량과 DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능, FRAP 활성 간의 상관계수(r)가 각각 0.819, 0.828, 0.854로 FRAP 활성에서 가장 높은 양(+)의 상관관계를 보였다(P<0.01). 항산화 활성 간의 상관성을 보면 DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능, FRAP 활성에서 상관계수(r)가 0.878-0.925로 높은 양(+)의 상관관계를 나타내었다(P<0.01). 이러한 상관관계의 결과는 왕벚나무 수피 추출물에 함유된 항산화 성분들과 항산화 활성 간에 높은 상관성이 있음을 나타내며, Hwang 등[32]의 연구결과에서 총 플라보노이드와 총 폴리페놀 함량이 항산화 활성과 밀접한 상관관계가 있다고 보고한 내용과 유사하였다.

Table 6. Correlation coefficient (r) between total flavonoid content, total polyphenol content and antioxidant activities of *Prunus yedoensis* Matsum. bark extracts

	TFC[1)]	TPC[2)]	DPPH	ABTS	FRAP
TFC	1				
TPC	0.730**[3)]	1			
DPPH	0.624**	0.819**	1		
ABTS	0.836**	0.828**	0.905**	1	
FRAP	0.990**	0.854**	0.878**	0.925**	1

[1)]TFC: total flavonoid content.
[2)]TPC: total polyphenol content.
[3)]**P<0.01.

Acknowledgment

본 연구는 2023년 중소벤처기업부 건강기능식품개발지원사업(R&D) 지원과제 (RS-2023-0028575)에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

국문요약

본 연구는 국내산 왕벚나무 수피를 건강기능식품 소재로서 활용 가능성을 확인하기 위하여 용매별 추출물에 대한 특성 분석과 항산화 활성을 평가하였다. 용매별 소재의 아미노산과 지방산 분석을 통하여 성분함량 및 조성 차이를 확인하였고, 항산화 활성 비교를 위해 총 폴리페놀 함량, 총 플라보노이드 함량, DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능, FRAP 활성을 측정 및 비교 후 상관관계를 분석하였다. 아미노산 분석 결과, 열수 추출물, 30% 에탄올 추출물, 70% 에탄올 추출물에서 13종의 아미노산이 검출되었고, 주요 아미노산으로 aspartic acid, arginine, proline으로 분석되었으며, 총 아미노산 함량은 각각 0.17%, 0.16%, 0.09%로 확인되었다. 지방산 분석 결과, 포화지방산(SFA)이 열수 추출물, 30% 에탄올 추출물, 70% 에탄올 추출물에서 62.7-66.7%로 높은 조성비를 보였고, 확인된 지방산은 열수 추출물에서 behenic acid (C22:0)을 제외한 13종의 지방산이 검출되었으며, 30% 에탄올 추출물과 70% 에탄올 추출물에서 14종 지방산이 검출되었다. 주요 지방산은 열수 추출물, 30% 에탄올 추출물, 70% 에탄올 추출물에서 palmitic acid (C16:0)로 확인되었고, 총 지방산 함량은 각각 0.66 mg/g, 2.46 mg/g, 10.04 mg/g으로 70% 에탄올 추출물에서 가장 높았다. 총 플라보노이드와 총 폴리페놀 함량은 열수 추출물, 30% 에탄올 추출물, 70% 에탄올 추출물에서 각각 727.70-769.87 mg QE/g, 309.24-348.09 mg GAE/g이었다. 항산화 활성 측정 결과 열수 추출물, 30% 에탄올 추출물, 70% 에탄올 추출물에서 DPPH 라디칼 소거능은 0.05-1 mg/mL 농도에서 각각 14.42-81.77%, 16.85-83.38%, 19.33-81.12%의 결과를 보였고, ABTS 라디칼 소거능은 0.05-1 mg/mL 농도에서 각각 6.32-89.55%, 16.14-70.61%, 8.99-92.08%의 결과를 보였으며, FARP 활성은 0.05-0.5 mg/mL 농도에서 각각 0.32-2.91, 0.07-0.61, 0.39-3.43으로 나타나 농도 의존적으로 항산화 효과를 증가시키는 것을 확인하였다. 용매별 추출물

의 총 플라보노이드 함량, 총 폴리페놀 함량과 항산화 활성 간의 상관관계를 분석한 결과, 높은 양(+)의 상관성을 보였다(P<0.01). 본 연구결과를 통해 왕벚나무 수피 추출물을 이용한 건강기능식품 소재 개발의 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflict of interest.

ORCID

Sung-Hwan Park https://orcid.org/0009-0007-2892-1521
Ye-Eun Choi https://orcid.org/0000-0001-8298-248X
Jung-Mo Yang https://orcid.org/0000-0002-1984-7311
Chae-Won Jeong https://orcid.org/0009-0004-5776-2150
Hyun-Duck Jo https://orcid.org/0000-0003-1867-4049
Ju-Hyun Cho https://orcid.org/0000-0003-2901-2489

References

1. Bang, S.I., Gwon, G.H., Cho, E.J., Lee, A.Y., Seo, W.T., Characteristics of fermented vinegar using mulberry and its antioxidant activity. *Korean J. Food Preserv.*, **27**, 651-662 (2020).
2. Jeon, S.M., Lee, J.Y., Kim, H.W., Lee, Y.M., Jang, H.H., Hwang, K.A., Kim, H.R., Park, D.S., Antioxidant activity of extracts and fractions from *Aster scaber*. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **41**, 1197-1204 (2012).
3. Lee, Y.S., Kim, K.K., Kim, N.W., The physiological activities of bark extract of *Albizia julibrissin*. *Korean J. Food Preserv.*, **18**, 79-86 (2011).
4. Park, E.S., Shin, M.K., Song, H.J., A study on the antiallergic effect of Cortex *Betula platyphyllae* or Cortex *Pruni serrulatae* extract. *Kor. J. Herbology*, **13**, 57-68 (1998).
5. Kim, C.S., Lee, K.Y., Moon, M.O., Hyun, H.J., Ihm, B.S., Kim, M.H., Natural habitat of *Prunus yedoensis* Matsumura and its morphological variation. *Kor. J. Plant. Tax.*, **28**, 117-137 (1998).
6. Matsuda, H., Ishikado, A., Nishida, N., Ninomiya, K., Fujiwara, H., Kobayashi, Y., Yoshikawa, M., Hepatoprotective, superoxide scavenging, and antioxidative activities of aromatic constituents from the bark of *Betula platyphylla* var. *japonica*. *Bioorg. Med. Chem. Lett.*, **8**, 2939-2944 (1998).
7. Jung, H.A., Kim, A.R., Chung, H.Y., Choi, J.S., In vitro antioxidant activity of some selected *Prunus* species in Korea. *Arch. Pharm. Res.*, **25**, 865-872 (2002).
8. Ju, E.M., Lee, S.E., Hwang, H.J., Kim, J.H., Antioxidant and anticancer activity of extract from *Betula platyphylla* var. *japonica*. *Life Sci.*, **74**, 1013-1026 (2004).
9. Yun, J.M., Im, S.B., Roh, M.K., Park, S.H., Kwon, H.A., Lee, J.Y., Choi, H.Y., Ham, I.H., Kim, Y.B., Lee, J.M., Kim, D.O., Park, K.W., Kang, H., *Prunus yedoensis* bark inhibits lipopolysaccharide-induced inflammatory cytokine synthesis by IκBα degradation and MAPK activation in macrophages. *J. Med. Food*, **17**, 407-413 (2014).
10. Kang, H., Kwak, T.K., Kim, B.G., Lee, K.J., The anti-inflammatory effect of *Prunus yedoensis* bark extract on adipose tissue in diet-induced obese mice. *Evid. Based Complement. Alternat. Med.*, **2015**, 1-9 (2015).
11. Kim, E.N., Kim, S.C., Jeong, G.S., Isolation and quantitative analysis of naringenin, sakuranetin and prunetin from the barks of *Prunus yedoensis*. *Kor. J. Pharmacogn.*, **50**, 226-231 (2019).
12. Lee, S.A., Kim, K.H., Lee, S.Y., Joung, K.H., Cho, S.H., Yook, H.S., Physicochemical properties of flowering cherry (*Prunus serrulata* L.) fruits according to cultivars. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **38**, 574-579 (2009).
13. Park, S.I., Hwang, H.Y., Kim, J.S., Park, S.W., Analysis of the functional components and various biological activities of korean medicinal herbs. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **48**, 1345-1351 (2019).
14. Yang, H.C., Jung, K.M., Gang, K.S., Song, B.J., Lim, H.C., Na, H.S., Mun, H., Heo, N.C., Physicochemical composition of seaweed fulvescens (*Capsosiphon fulvescens*). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **37**, 912-917 (2005).
15. Jeong, S.H., Shin, J.A., Kim, I.H., Kim, B.H., Lee, J.S., Lee, K.T., Comparison of fatty acid composition by fat extraction method: different parts of chicken by cooking method. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **43**, 1257-1263 (2014).
16. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), 2022. Food code of Korea, MFDS, Cheongju, Korea.
17. Zhishen, J., Mengcheng, T., Jianming, W., The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chem.*, **64**, 555-559 (1999).
18. Folin, O., Denis, W., On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *J. Biol. Chem.*, **12**, 239-243 (1912).
19. Kim, J.H., Park, J.H., Park, S.D., Choi, S.Y., Seong, J.H., Moon, K.D., Preparation and antioxidant activity of health drink with extract powders from safflower (*Carthamus tinctorius* L.) seed. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **34**, 617-624 (2002).
20. Pellegrini, N., Re, R., Yang, M., Rice-Evans, C., Screening of dietary carotenoids and carotenoid-rich fruit extracts for antioxidant activities applying 2,2′-azinobis(3-ethylenebenzothiazoline-6-sulfonic acid radical cation decolorization assay. *Methods Enzymol.*, **299**, 379-389 (1999).
21. Benzie, I.F.F., Strain, J.J., The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. *Anal. Biochem.*, **239**, 70-76 (1996).
22. Kim, Y.K., Kim, S.H., Song, J.H., Nam, J.I., Song, J.M., Kim, M.S., Analysis of secreted nectar volume, sugar and amino acid content in *Prunus yedoensis* Matsum. and *Prunus sargentii* Rehder. *J. Apic.*, **34**, 225-232 (2019).
23. Joo, S.Y., Comparison of *Prunus yedoensis* Matsumura bark

ethanol extract and solvent fraction antioxidant activities. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **52**, 350-356 (2020).
24. Choi, P.S., Kim, H.S., Chin, K.B., Antioxidant activities of water or methanol extract from cherry (*Prunus yedoensis*) and Its utilization to the pork patties. *Korean J. Food Sci. An.*, **33**, 268-275 (2013).
25. Lee, Y.J., Jeong, G.H., Hong, J.Y., Kim, T.H., Evaluation of radical scavenging and diasestive enzyme inhibitory capacities of peach twigs fraction extract (*Prunus persica* L. Bastch). *Korean J. Food Preserv.*, **30**, 170-178 (2023).
26. Yang, S.A., Pyo, B.S., Kim, S.M., Lee, K.I., Antibacterial activity and nitric oxide production inhibitory activity of the extract and its fractions from the leaves of *Prunus sargentii*. *Korean J. Medicinal Crop Sci.*, **20**, 308-314 (2012).
27. Hong, S.C., Jun, J.A., Kim, D.H., Comparative study of antioxidant abilities on *Prunus yedoensis* and *Betula platyphylla* var. *japonica*. *J. Physiol. & Pathol. Korean Med.*, **27**, 391-399 (2013).
28. Kim, H.S., Ahn, J.J., Choi, T.H., Hwang, T.Y., Screening of DPPH radical scavenging and antimicrobial activity of extracts from local some native plants. *Korean J. Food Preserv.*, **21**, 593-599 (2014).
29. Kim, M.J., Park, E.J., Feature analysis of different in vitro antioxidant capacity assays and their application to fruit and vegetable samples. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **40**, 1053-1062 (2011).
30. Kim, I.Y., Lee, J.Y., Jeong, Y.H., Antioxidant activities of *Rumex crispus* L. root extracts and fractions. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **47**, 1234-1241 (2018).
31. Jeong, H.R., Kwak, J.H., Kim, J.H., Choi, G.N., Jeong, C.H., Heo, H.J., Antioxidant and neuronal cell protective effects of an extract of *Houttuynia cordata* Thunb (a culinary herb). *Korean J. Food Preserv.*, **17**, 720-726 (2010).
32. Hwang, S.J., Yoon, W.B., Lee, O.H., Cha, S.J., Kim, J.D., Radical-scavenging-linked antioxidant activities of extracts from black chokeberry and blueberry cultivated in Korea. *Food Chem.*, **146**, 71-77 (2014).