



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

2023년 8월

교육학석사(영양교육)학위논문

자두 품종별 이학적 성분 및 항산화 효과 비교

조선대학교 교육대학원

영양교육전공

홍혜지

자두 품종별 이학적 성분 및 항산화 효과 비교

Comparison of Physicochemical Components and
Antioxidative Effects by Plum Varieties

2023년 8월

조선대학교 교육대학원

영양교육전공

홍혜지

자두 품종별 이학적 성분 및 항산화 효과 비교

지도교수 : 이 재 준

이 논문을 교육학석사(영양교육) 학위신청 논문으로 제출함.

2023년 4월

조선대학교 교육대학원

영양교육전공

홍 혜 지

홍혜지의 교육학 석사학위 논문을 인준함

위원장 조선대학교 교수 이 주 민



위 원 조선대학교 교수 최 지 영



위 원 조선대학교 교수 이 재 준



2023년 6월

조선대학교 교육대학원

목 차

ABSTRACT

I. 서론	1
II. 연구방법	4
1. 실험재료 및 방법	4
2. 일반성분 분석	4
3. 유리 아미노산 분석	5
4. 유기산 분석	5
5. 비타민 분석	6
6. 무기질 분석	6
7. 에탄올 추출	7
8. 총 polyphenol 함량 측정	7
9. 총 flavonoid 함량 측정	8
10. DPPH radical 소거능 측정	8
11. ABTS radical 소거능 측정	9
12. 통계처리	9
III. 결과 및 고찰	10
1. 일반성분	10
2. 구성 아미노산 함량	12
3. 유기산 함량	14
4. 비타민 함량	17

표 목 차

Table 1. Proximate compositions of Kakadu plum extract powder and <i>Prunus domestica</i> L. powder	11
Table 2. Free amino acids contents of Kakadu plum extract powder and <i>Prunus domestica</i> L. powder	13
Table 3. Contents of organic acids in Kakadu plum extract powder and <i>Prunus domestica</i> L. powder	16
Table 4. Contents of vitamin A, E and C in Kakadu plum extract powder and <i>Prunus domestica</i> L. powder	18
Table 5. Contents of minerals in Kakadu plum extract powder and <i>Prunus domestica</i> L. powder	20
Table 6. Contents of total polyphenol in ethanol extracts of Kakadu plum extract powder and <i>Prunus domestica</i> L. powder	23
Table 7. Contents of total flavonoid in ethanol extracts of Kakadu plum extract powder and <i>Prunus domestica</i> L. powder	25
Table 8. DPPH radical scavenging activity of ethanol extracts of Kakadu plum extract powder and <i>Prunus domestica</i> L. powder	27
Table 9. ABTS radical scavenging activity of ethanol extracts of Kakadu plum extract powder and <i>Prunus domestica</i> L. powder	29

ABSTRACT

Comparison of Physicochemical Components and Antioxidative Effects by Plum Varieties

Hong. Hye-Ji

Advisor : Prof. Lee, Jae-Joon, Ph. D

Major in nutrition Education

Graduate School of Education, Chosun University

The purpose of this study was examined to compare the physicochemical components and antioxidant effects of Kakadu plum extract powder and *Prunus domestica* L. powder.

The moisture, crude ash, and crude protein contents in the Kakadu plum extract powder were higher than in the *Prunus domestica* L. powder, while the crude fat and carbohydrate contents in the *Prunus domestica* L. powder were higher than in the Kakadu plum extract powder. A total of 16 constituent amino acids were detected, including 9 essential amino acids and 7 non-essential amino acids. Total amino acid and essential amino acid contents was significantly higher in the Kakadu plum extract powder than in the *Prunus domestica* L. powder. Leucine content was the highest in *Prunus domestica* L. powder, and glutamic acid was the highest in Kakadu plum extract powder. The most abundant organic acids in Kakadu plum extract powder and *Prunus domestica* L. powder were malic acid and citric acid,

respectively. Total organic acid contents was significantly higher in the Kakadu plum extract powder than in the *Prunus domestica* L. Vitamin A and E were not detected in both *Prunus salicina* L. and Kakadu plum extract, but vitamin C was detected 2.5 times more than *Prunus domestica* L. in Kakadu plum extract. Vitamin C contents were 12426.97 ± 29.06 mg% in the Kakadu plum extract powder and 955.17 ± 13.37 in the *Prunus domestica* L. The major minerals of Kakadu plum extract powder and *Prunus domestica* L. powder were similarly detected in the order of K, Na, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, but the total mineral contents in of Kakadu plum extract powder was higher than in *Prunus domestica* L.

The total polyphenol contents of ethanol extracts of the Kakadu plum extract powder and the *Prunus domestica* L. powder were 145.03 ± 1.51 mg TAE/g and 145.55 ± 2.00 mg TAE/g, respectively. There were significant differences in the total polyphenol contents depending on the plum varieties. The total flavonoid contents of the plum ethanol extracts were 7.65 ± 0.47 mg QE/g in the Kakadu plum extract powder and 14.84 ± 0.30 mg QE/g in the *Prunus domestica* L. DPPH and ABTS radical scavenging activities were significantly higher in ethanol extracts of the Kakadu plum extract powder than in ethanol extracts of *Prunus domestica* L. powder.

In conclusion, these results indicate that Kakadu plum extract powder has superior nutritional components compared to *Prunus domestica* L. powder. However, the antioxidative effects in *Prunus domestica* L. powder was higher than that of Kakadu plum extract powder. Therefore, it is considered that plum is valuable as a functional material.

I. 서 론

자두는 장미과 벚나무속 자두아속에 속하는 과수로서 전 세계적으로는 30 여 종이 분포되어 있으나 경제적 재배 가치가 인정되는 것은 3종으로, 원산지에 따라 동북아시아의 동양계 자두(*Prunus salicina*), 서부아시아에서 태어나 유럽에서 재배중인 유럽계 자두(*Prunus domestica*) 및 대목용으로 주로 사용 중인 북미원산의 미국 자두(*Prunus americana*)가 대표적이다[1]. 동양계 자두는 우리나라를 포함한 중국, 일본 등 동아시아에 분포하고 있는 자두로 대석조생(Oishisase), 포모사(Formosa), 산타로사(Santarosa), 솔담(Soldam) 등의 품종이 여기에 속한다. 유럽계 자두는 과피색에 따라 푸룬(Purun), 레인클라우드(Reine claud, Green Gaze), 옐로우에그(Yellow egg), 임페라트리스(Imperatrice) 및 롬바드(Lombard)군으로 분류된다[2]. 자두의 유용성분으로는 pectin 등의 식이 섬유소, malic acid와 같은 유기산, 유리아미노산, 카로티노이드, 칼슘, 인, 철 등이 함유되어 있으며, neochlorogenic acid, rutin, anthocyanin 등의 페놀성 화합물이 풍부하다고 알려져 있으며[3][4][5], 자두의 페놀성 화합물은 사과 4.4 배나 높다고 한다[6]. 자두는 한방에서도 예로부터 정혈작용, 소화기능 촉진, 스트레스 해소 및 피로회복에도 효과가 있는 것으로 보고되고 있다. 이것은 생리활성 성분이 다량 함유되어 있어 기능성 소재로의 개발 잠재성이 높은 것이라고 할 수 있다[7].

또한 최근 새롭게 소개되고 있는 카카두플럼(Kakadu plum, *Terminalia ferdinandiana* Exell.)은 billy goat plum, gubinge, salty plum으로 불리우고 있으며, 호주 열대우림지역에 자생하는 것으로 비타민 C를 비롯한 영양소와 항산화능이 우수한 phytochemical을 풍부하게 함유하고 있는 것으로 알려져 있다. 카카두플럼에는 다양한 생리활성 물질이 풍부한데 그 중 lutein, gallic acid, ellagic acid, hydroxycinnamic acid, ethyl gallate, chebulic acid, corilagin, ascorbic acid, α -tocopherol, tannins, chebulagic acid, exifone, punicalin,

castalagin, appanone A-7 methyl ether, xanthotoxin 및 phthalane 등이 존재하는 것으로 알려졌다[8][9][10]. 또한 카카오플립 열매는 비타민 C의 농도가 매우 높은 것으로 알려져 있는데, 100 g 당 카카오플립 생것은 비타민 C 함량이 2300 - 3150 mg 정도이고, 건조 분말 100 g 당 14,038 mg으로 알려져 있다[9]. 카카오플립의 열매나 잎의 생리활성 연구로는 항산화효과 및 항균효과[11][12], 염증질환 예방효과[8], 항당뇨효과[12], 두통완화[13], 항암효과[14] 등이 보고되었다.

최근 들어 우리나라 국민의 생활 수준과 경제 수준의 향상으로 인해 출생 시 기대수명이 늘어나고 평균수명 또한 함께 증가하는 추세이다. 통계청에 따르면 우리나라 국민의 2012년 평균수명은 남자 77.6세, 여자 84.2세에서 2021년 남자 80.6세, 여자 86.6세로 남자는 3세, 여자는 2.4세 증가하여 2023년 현재 평균수명뿐만 아니라 65세 이상의 노인인구가 꾸준히 증가하고 있다. 그러나 건강수명은 2019년 남자 71.3세, 여자 74.7세로 남자는 9.3년, 여자는 11.9년 동안 신체적으로나 정신적으로 질병 또는 장애를 가지고 살아가는 것으로 밝혀졌다. 또, 식생활 패턴의 서구화, 노인 인구의 증가 등의 영향에 따라 비만, 당뇨병, 고혈압을 비롯한 만성질환이 크게 증가하고 있음에 따라 ‘웰빙’이라는 단어가 건강한 삶과 대체할 수 있는 명칭으로 회자되면서 소비생활 영역에서 간과할 수 없는 트렌드이자 소비문화 양식으로 급부상하고 있다[15]. 그만큼 국민들의 ‘웰빙’에 대한 관심이 점차 늘어나고 있어 운동 및 식이조절뿐 아니라 식이보충제도 떠오르는 추세이다. 2021 국민건강통계에 의하면 2021년의 식이보충제 복용 경험률은 2012년의 43.5%보다 약 25%가 증가한 68.6%에 이르렀다. 항산화 비타민으로 알려진 비타민 C는 화학적으로 포도당으로부터 합성이 가능하지만 체내에서 합성이 되지 않기 때문에 필수영양소로 분류되고 있다[16]. 비타민 C를 섭취할 수 있는 방법에는 비타민 C 보충제로 복용하는 방법과 비타민 C가 함유되어 있는 음식을 섭취하는 방법이 있다. 비타민 C는 모든 과일과 채소에 어느 정도씩은 들어 있는데 대표적으로는 감귤류, 자두, 파인애플, 브로콜리, 시금치, 양배추 등이 있다. 이들 식품에는 비타민 C 뿐만

아니라 클로로필, 폴리페놀, 카르티노이드, 안토시아닌을 비롯한 다양한 phytochemical도 함유하고 있는 것으로 알려져 있어 건강에 유익한 과일과 채소들이다.

국내에서는 현재 국내산 자두는 물론 서양 자두에 대한 효능 검증의 연구가 많이 이루어지지 않고 있어 이들 식재료를 이용한 다양한 가공화에 어려움을 겪고 있다[17]. 따라서 본 연구는 서양자두(*Prunus domestica* L.) 분말과 새롭게 각광을 받기 시작한 카카두플럼(*Terminalia ferdinandiana*) 추출 분말의 영양성분 및 항산화효과를 비교·분석하여 그에 대한 영양 가치과 효능을 평가하여 새로운 기능성 소재로서의 개발을 돕기 위한 자료로 의의가 있으리라 생각된다.

II. 연구방법

1. 실험재료 및 방법

본 실험에서 사용한 카카오플럼은 호주의 북부지역에서만 자생하는 열매여서 국내 시중에선 생과일을 구할 수 없었다. 대신, 시중에 판매되고 있는 100% 추출 분말을 구입했고, 비교 대상인 서양자두 분말 또한 카카오플럼과 같은 조건에서 실험하기 위해 시중에 판매되고 있는 100% 분말을 구입하여 -70°C 에서 냉동 보관한 후 시료로 사용하였다.

2. 일반성분 분석

서양자두와 카카오플럼은 A.O.A.C(Association of Official Analytical Chemists)방법(AOAC 1997)[18]에 준하여 일반성분의 분석을 실시하였고, 수분은 105°C 상압가열 건조법, 조회분의 함량은 550°C 회화법, 조지방은 soxhlet 추출법, 조단백질은 micro-kjeldahl법으로 분석하였다. 탄수화물의 함량은 100에서 수분, 조단백질, 조회분, 조지방 함량을 제외한 나머지를 값으로 계산하였다.

3. 구성 아미노산 분석

구성아미노산의 분석은 분해관에 건조되어 냉동된 시료 0.5 g과 6 N HCl 3mL를 탈기하고 121℃에서 24시간동안 가수분해하였다. 남은 용액을 rotary vacuum evaporator(NYC-1100, Eyela Co., Tokyo, Japan)로 감압·농축하여 sodium phosphate buffer(pH 7.0) 10 mL로 정용하였다. 그 후 용액 1 mL를 취하고 membrane filter (0.2 μm)로 여과한 다음 아미노산자동분석기(Biochrom 20, Pharmacia, England)로 분석하였으며, column은 Ultrapace II cation exchange resin column($11\pm 2\mu\text{m}$, 220 mm)을 사용하였고, 0.2 N Na-citrate buffer 용액(pH 3.20, 4.25 및 10.00)의 flow rate는 40mL/hr, ninhydrin 용액의 flow rate는 25 mL/hr, column 온도는 46℃, 반응 온도는 88℃로 하였고, analysis time은 44분으로 하였다.

4. 유기산 분석

유기산의 분석 방법은 Kim et al.(1997)[19]에 준하여 시행하였다. 증류수 50 mL에 동결건조된 자두 분말 1 g을 가하여 수조에서 80℃로 4시간동안 가열한 후 Qualitative Filter paper NO.2(Advantec, Tokyo, Japan)로 여과하였고, 여과한 액상을 rotary vacuum evaporator(UT-1000, EYELA, Tokyo, Japan)로 감압·농축하여 증류수 10mL로 정용한 후 Ion chromatography(DX-600, Dionex, CA, USA)를 통해 분석하였다.

5. 비타민 분석

비타민 A와 비타민 E의 분석은 식품공전법(Korea Food and Drug Association 2005)[20]에 준하여 시험방법의 기준을 설정하였다. 시료 0.5 g, ethanol 5 mL 및 ascorbic acid 0.1 g을 혼합하여 80℃에서 10분 동안 가열하고 50% KOH 용액 0.25 mL를 첨가한 후 20분 동안 가열하였다. 그 다음 증류수 24 mL, hexane 5 mL를 추가하여 1,900 rpm으로 20분간 원심분리하였다. 상층액과 하층액을 분리해 상층액에 hexane 40 mL를 더하고 한 번 더 원심 분리하여 상층액을 분리한다. 이 마지막 상층액에 증류수를 더하여 10분간 방치한 다음 하층부 물질을 제거하였다. 이 과정을 3회 반복하였고, 전체 용액을 합해 무수 Na_2SO_4 로 탈수한 후 rotary vacuum evaporator(NVC-1100, EYELA, Tokyo, Japan)로 hexane을 감압·농축시켜 HPLC(LC-10AVP, Shimadzu, Kyoto, Japan)로 분석하였다. 비타민 C의 분석은 Rizzolo et al.(1984)[21] 등의 방법으로 진행하였다. 시료 5 g에 metaphosphoric acid(HPO_3) 용액 20 mL를 첨가하여 추출한 후 1,900 x g에서 20분간 원심 분리하여 membrane filter(0.45 μm)로 여과한 것을 HPLC(LC-10AVP, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 이용해 분석하였다.

6. 무기질 분석

무기질은 A.O.A.C 방법(AOAC 1997)[18]에 준하여 분석하였다. 시료 0.5 g에 60% HClO_4 3 mL 및 20% HNO_3 10 mL를 혼합하여 투명해지는 기점까지 가열한 후 0.5 M HNO_3 로 50 mL를 정용하였다. 분석항목별로 표준 용액은 혼합한 후 다른 vial에 각각 8 mL씩 취하여 표준용액으로 사용하였고, 0.5 M HNO_3 를 대조구로 하여 원자 흡수 분광광도계(AA_6501GS, Shimadzu, Kyoto, Japan)로 분석하였다.

7. 자두의 에탄올 추출

서양자두 분말과 카카두플럼 추출물 분말의 항산화효과를 측정하기 위하여 용매 중 에탄올을 가지고 추출하였다. 먼저 각각의 시료 100 g 당 80% 에탄올 1,500 mL을 첨가한 후 환류냉각관을 부착한 65℃ Heating mantle(Mtops ms-265, Seoul, Korea)에 3시간씩 3회 추출하여 여과하였다. 여과한 여액은 40℃의 수욕 상에서 rotary vaccum evaporator(EYELA VACCUM NVC 1100, Tokyo, Japan)을 이용하여 용매를 제거한 후 감압·농축하였다. 시료의 산화를 방지하기 위하여 -70℃에 냉동 보관하였다.

8. 총 polyphenol 함량 측정

서양자두(*Prunus domestica*)와 카카두플럼(*Terminalia ferdinandiana*) 분말의 에탄올 추출물의 총 polyphenol 함량은 Folin-Denis 방법(Folin & Denis 1912)[22]을 이용해 측정하였다. 서양자두와 카카두플럼 에탄올 추출물 1 mL와 Folin reagent 2 mL를 혼합하여 실온에 3분 동안 방치한 후 10% Na₂ CO₃ 2 mL를 첨가해 혼합 후 30℃에 40분간 방치하였으며, UV-spectrophotometer(UV-1601PC, Shimadzu, kyoto, Japan)를 사용하여 760 mm에서 흡광도를 측정하였다. 표준 곡선은 tannic acid(TA)로 최종 농도가 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0 mg/mL이 되도록 하였고, 검량 곡선으로부터 시료 중 총 polyphenol의 함량을 구하였다.

9. 총 flavonoid 함량 측정

서양자두분말과 카카두플럼(Kakadu plum, *Terminalia ferdinandiana* Exell.) 추출 분말로 추출한 에탄올 추출물의 총 flavonoid 함량은 Davis법 변형법 (Chae et al. 2002)[23]으로 측정하였다. 서양자두와 카카두플럼 에탄올 추출물 1 mL에 diethylene glycol 2 mL를 첨가한 다음 1N NaOH 20 μ L를 넣고 37 $^{\circ}$ C waater bath에서 1시간 동안 반응시킨 후 UV-spectrophotometer (UV-1601PC, Shimadzu, Kyoto, Japan)로 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준 곡선은 rutin을 이용해 최종 농도 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0 mg/mL가 되도록 조제하였고, 검량 곡선에 의해 시료 중의 총 flavonoid의 함량을 구하였다.

10. DPPH radical 소거능 측정

서양자두와 카카두플럼(*Terminalia ferdinandiana*) 에탄올 추출물의 DPPH(2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) radical에 대한 소거능 측정 방법은 Blois의 방법(Blois 1958)[24]의 방법을 이용하여 측정했다. 서양자두와 카카두플럼 에탄올 추출물 1ml와 0.2mM DPPH 1mL를 test tube에 혼합하여 37 $^{\circ}$ C에서 30분 동안 방치한 후 UV-spectrophotometer(UV-1601PC, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 사용해 517nm에서 흡광도를 측정하였다. 활성도 비교를 위해 양성대조군으로는 비타민 C를 이용해 동일한 방법으로 측정하였다. 서양자두와 카카두플럼 에탄올 추출물의 DPPH radical 소거능은 (1-시료첨가구의 흡광도/무첨가구의 흡광도) X 100의 방식으로 산출하였다.

$$\text{DPPH radical 소거활성(\%)} = 1 - \frac{\text{시료 첨가구의 흡광도}}{\text{무 첨가구의 흡광도}} \times 100$$

11. ABTS radical 소거능 측정

Re 등[25]의 방법을 변형하여 서양자두와 카카두플럼(Kakadu plum, *Terminalia ferdinandiana* Exell.) 에탄올 추출물의 2,2-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid(ABTS) radical 소거능을 측정하였다. 2.6 mM potassium persulfate 용액과 7.4 mM ABTS 용액을 제조한 후, 이들 시약은 동일한 비율로 혼합하여 ABTS⁺이 생성되도록 하루 동안 암소에서 반응을 시켜 보관하였다.

ABTS⁺ 용액은 흡광도가 734 nm에서 0.7-1.0±0.02되도록 ethanol로 희석시켰다. 서양자두와 카카두플럼(*Terminalia ferdinandiana*) 에탄올 추출물의 각각 0.1 mL와 ABTS⁺ solution 0.9 mL를 잘 혼합한 후 37°C에서 30분 정도 반응시켰다. 무첨가군은 시료 추출물을 대신해 에탄올을 첨가하여 반응시켰다. ELISA microplate reader(Model 680, Biorad Laboratories Inc., Hercules, CA, USA)로 734 nm에서 흡광도를 측정을 하였다. ABTS radical 소거능(%)은 $(1 - (Ab_{S_{sample}} / Ab_{S_{blank}})) \times 100$ 에 의하여 계산하여 측정했다.

12. 통계처리

본 실험의 통계분석 결과는 모두 독립적으로 3회 이상 반복 측정하여 얻은 값은 평균치와 표준오차로 표시하였고, SPSS 통계 package를 이용하여 두 그룹간의 통계적 유의성 검정은 Student's t-test를 하였으며, 세 그룹 이상은 각 처리군 간의 ANOVA 분석을 실시하여 유의성을 확인한 후, 유의적인 차이가 있는 항목에 대해서는 Duncan's multiple range test를 실시하여 p<0.05 수준에서 유의성을 검증하였다

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 일반성분

서양자두 분말과 카카오플럼 추출물 분말의 일반성분을 분석한 결과는 Table 1과 같다. 서양자두 분말의 일반성분 함량은 수분 1.75%, 조회분 0.47%, 조지방 0.72%, 조단백질 0.34%, 탄수화물 96.72%이고, 카카오플럼의 일반성분 함량은 수분 0.96%, 조회분 1.87%, 조지방 0.43%, 조단백질 0.81%, 탄수화물 95.93%이었다. 수분과 조지방, 탄수화물 함량의 경우 서양자두 분말이 카카오플럼 추출물 분말의 함량에 비하여 유의하게 높았으나, 수분, 조회분과 조단백질 함량의 경우 카카오플럼 추출물 분말이 서양자두 분말에 비하여 유의하게 높게 나타났다. 신화춘(2020)[4]에 의하면 경산지역에서 생산된 솔담 자두와 왕자두의 영양 성분 분석 결과 조지방 함량은 각각 0.20%와 0.24%, 조단백질 함량은 0.64%와 0.83%, 조회분 함량은 0.36%와 0.38%, 탄수화물 함량은 12.59%와 12.46%으로 나타났다고 보고하여 본 연구와는 다소 차이가 있는 것으로 나타났다. 국내의 성산 옥자두의 일반성분 함량 분석을 연구한 정준교 등(2006)[26]의 연구 결과에 의하면 조단백질 0.74%, 조지방 0.64%, 식이섬유소 1.65%, 회분 0.32%, 가용성 무기질 4.29%로 나타났다고 한다. 정기태 등(2005)[27]이 조생종 자두인 대석조생과 만생종인 포모사의 과육과 과피의 일반성분을 분석한 결과, 두 품종간에도 일반성분의 차이가 나타났다고 하였다. 이와 같이 자두마다 일반성분 함량이 다른 것은 재배환경, 품종, 수확 시기, 시료 전처리 과정, 생시료 혹은 건조 시료 등 여러 요인에 의한 차이로 보여진다.

Table 1. Proximate compositions of Kakadu plum extract powder and *Prunus domestica* L. powder

(%, dry basis)

	Kakadu plum extract powder	<i>Prunus domestica</i> L. powder
Moisture	0.96±0.02 ^{1)***2)}	1.75±0.03
Crude ash	1.87±0.02 ^{***}	0.47±0.01
Crude fat	0.43±0.01 ^{***}	0.72±0.01
Crude protein	0.81±0.02 ^{***}	0.34±0.01
Carbohydrate	95.93±0.07 ^{**}	96.72±0.06

¹⁾All values are expressed as mean±SE of triplicate determinations.

²⁾Significantly different between Kakadu plum extract powder and *Prunus domestica* L. powder by Student's t-test at ^{**} $P < 0.01$, ^{***} $P < 0.001$.

2. 구성 아미노산

서양자두와 카카두플럼 분말의 구성 아미노산 함량은 Table 2에 나타내었다. 구성 아미노산은 총 16종류를 분석한 결과 상이하게 나타났다. 카카두플럼은 총 15종의 아미노산이 검출되었으나, cystine이 검출되지 않았고, 서양자두의 경우는 총 12종이 검출되었으나 methionine, isoleucine, tyrosine, phenylalanine, arginine이 검출되지 않았다. 총 아미노산 함량은 카카두플럼 추출물 분말은 1213.43 ± 10.5 mg%, 서양자두 분말은 271.83 ± 2.87 mg%으로 카카두플럼 추출 분말이 서양자두 분말에 비하여 유의하게 높은 것으로 나타났다. 카카두플럼 추출물 분말의 구성 아미노산 중 arginine이 가장 많이 함유하는 것으로 나타났으며, 서양자두 분말은 leucine 함량이 가장 많이 검출되었다. 성윤정 등(2002)[28]의 연구에 의하면 국내산 후무사와 대석조생 자두의 구성아미노산 조성 및 함량을 분석한 연구에서 후무사와 대석조생 자두의 총 아미노산 함량은 각각 3545.00 mg%와 2201.74 mg%으로 검출되었다고 보고되어 본 연구에서 사용한 자두의 총 아미노산 함량이 적게 검출되었다. 또한 후무사와 대석조생 자두 두 품종 모두 glutamic acid 함량이 가장 높은 것으로 나타났다. 반면 이회봉(1972)[29]의 연구에서는 자두에 aspartic acid 함량이 가장 높다고 보고하였다. 김순희 등(2000)[30]도 자두 대석조생과 포모사 품종의 아미노산 조성과 함량을 측정 한 결과, 대석조생 품종은 tyrosine, proline, aspartic acid, valine 순으로, 포모사 품종은 aspartic acid, proline, valine, isoleucine 순이었다고 한다. 서양자두와 카카두플럼 분말 두 품종 사이에 가장 차이가 많이 나는 아미노산은 글루탐산(glutamic acid)으로 카카두플럼이 서양자두에 비해 276.58mg% 더 많이 함유하고 있었다. 글루탐산은 단백질을 구성하는 아미노산 중 하나로 대표적인 감칠맛 성분이기도 하다. 또한 면역 체계와 소화기, 뇌에 중요한 역할을 하는 중추신경계에서 흥분성 신경전달물질로 작용해 뇌 기능을 활성화하고 스트레스에 대한 저항력을 강화해준다. 카카두플럼에 검출되지 않은 cystine의 함량도 서양자두에서는 2.83mg%으로 미세하게 있을 뿐이었다.

Table 2. Free amino acids contents of Kakadu plum extract powder and *Prunus domestica* L. powder

(mg%, dry basis)

Amino acid	Kakadu plum extract powder	<i>Prunus domestica</i> L. powder
Aspartic acid	132.93±0.46 ^{1)***2)}	51.50±0.21
Threonine	58.40±0.29***	15.33±0.05
Serine	45.81±0.29***	13.78±0.13
Glutamic acid	305.69±1.49***	29.11±0.53
Glycine	50.39±0.57***	22.42±0.27
Alanine	71.08±0.68***	20.66±0.34
Cystine	N.D. ^{3)***}	2.83±0.02
Valine	29.98±0.59**	23.97±0.27
Methionine	24.96±0.49***	N.D.
Isoleucine	26.41±0.36***	N.D.
Leucine	57.06±0.61*	54.65±0.24
Tyrosine	26.67±0.31***	N.D.
Phenylalanine	48.93±0.62***	N.D.
Histidine	68.42±0.84***	28.29±0.47
Lysine	55.67±0.99***	9.29±0.34
Arginine	211.03±1.93***	N.D.
Total	1213.43±10.53***	271.83±2.87

¹⁾All values are expressed as mean±SE of triplicate determinations.

²⁾Significantly different between Kakadu plum extract powder and *Prunus domestica* L. powder by Student's t-test at * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$.

³⁾ND: Not detected.

3. 유기산

서양자두와 카카오플럼의 유기산 함량은 Table 3에 나타내었다. 유기산은 총 6종류를 분석한 결과, 서양자두에서 citric acid와 succinic acid가 검출되지 않았고, 카카오플럼에서는 malic acid가 검출되지 않았다. 카카오플럼의 유기산은 citric acid, lactic acid, acetic acid, succinic acid, formic acid 순으로 많이 검출되었고, 서양자두에서는 malic acid, lactic acid, acetic acid, formic acid 순으로 많이 검출되었다. 특히 카카오플럼의 경우 구연산(citric acid)이 7891.49mg%로 가장 많이 함유하고 있는 것을 볼 수 있다. 소동영(2013)[31]에 의하면 매실 40품종 중 ‘갑주최소’에 구연산(citric acid)이 3.33mg/ml 함유되어 있고, ‘남고’에 0.30 mg/ml의 사과산(malic acid), 호박산(succinic acid)은 ‘꽃매’가 0.92mg/ml로 최고치인 것을 감안하면 구연산과 호박산은 카카오 플럼이 월등히 높은 수치를 나타내었고, 사과산은 서양자두가 더 많은 양을 함유하는 것으로 나타났다. 성윤정 등(2002)[28]의 연구에 의하면 후무사와 대석조생 두 품종의 과육 및 과피의 유기산 조성 및 함량을 분석한 결과, 모두 3종류의 유기산이 분석되었으며, 후무사 과육과 대석조생 과육과 과피의 주된 유기산이 malic acid였으며, 후무사 과피는 citric acid였다고 보고하였다. 또한 정기태 등(2005)[27]이 조생종 자두인 대석조생과 만생종인 포모사의 유기산을 분석한 결과, 모두 malic acid 함량이 가장 많은 양 검출되었다고 보고하였다. 또한 국내 의성산 옥자두의 유기산 분석을 연구한 정준교 등(2006)[26]에 의하면 succinic acid, malic acid 및 citric acid가 검출되었으며, citric acid는 과피에, succinic acid과 malic acid는 과육에 많이 함유되어 있다. Maria 등(2001)[32]의 연구에서는 자두의 주된 유기산은 malic acid라고 했다. 김순희 등(2000)[30]도 대석조생과 포모사의 유기산의 조성 및 함량을 분석한 결과 두 품종 모두 malic acid와 levulinic acid 함량이 가장 높았으며, 그 외 lactic acid, fumaric acid, succinic acid, citric acid가 검출되었다고 한다. 김천산 자두 후무사의 유기산 연구를 연구한 윤옥현 등(2011)[33]에 의하면 citric acid, succinic acid, oxalic acid, malic

acid, formic acid, acetic acid가 검출되었으며, 후무사의 주된 유기산은 malic acid로 나타났다. 이와 같이 본 연구와 다른 연구의 유기산 조성과 함량에는 차이가 있었다.

Table 3. Contents of organic acids in Kakadu plum extract powder and *Prunus domestica* L. powder

(mg%, dry basis)

Organic acid	Kakadu plum extract powder	<i>Prunus domestica</i> L. powder
Citric acid	7,891.49±41.38 ^{1)***2)}	N.D. ³⁾
Malic acid	N.D. ^{***}	4,392.38±28.12
Succinic acid	194.76±2.92 ^{***}	N.D.
Lactic acid	2,689.72±23.90 ^{***}	940.78±3.76
Formic acid	111.91±1.52 ^{***}	32.36±0.64
Acetic acid	589.99±3.90 ^{***}	326.27±2.31

¹⁾All values are expressed as mean±SE of triplicate determinations.

²⁾Significantly different between Kakadu plum extract powder and *Prunus domestica* L. powder by Student's t-test at ^{***} $P < 0.001$.

³⁾N.D.: Not detected.

4. 비타민 함량

서양자두와 카카오플럼의 비타민 A, E 및 C의 함량을 측정한 결과는 Table 4에 나타내었다. 서양자두와 카카오 플럼 모두 비타민 A와 E는 검출되지 않았고, 비타민 C만 검출되었다. 과채류에 함유된 비타민 C는 잘 알려진 강력한 수용성 항산화물질이다(Davey 등.2007)[34]. 서양자두의 비타민 C 함량은 955.17 mg%로 높은 편이나 카카오플럼의 비타민 C 함량은 2,426.97 mg%으로 월등히 많은 양을 함유하고 있었다. 이와 유사한 소동영(2013)[31]에 의하면 매실의 품종 중 ‘옥매’에 0.18 mg/ml의 비타민 C가 검출된 것을 보아 비타민 C를 많이 섭취하기 위해서는 카카오플럼을 섭취하는 것이 더욱 도움이 될 것으로 사료된다. 이민영 등(2012)[35]이 과일껍질의 비타민 C 함량 연구를 보면 자두의 경우 0.30 mg/g으로 나타났다. 또한 국내 의성산 옥자두의 비타민 분석을 연구한 정준교 등(2006)[26]에 의하면 비타민 C가 과육에는 6,442 mg%, 과피에는 13,978 mg%, 과육과 과피를 합친 것은 7,307 mg 함량을 함유하는 것으로 보고하여 본 연구에서 사용한 자두에 비하여 비타민 C를 훨씬 더 많이 함유한 것으로 보여진다. 한편 Konczak 등[46]의 카카오플럼의 비타민 C 함량 연구 결과 건조분말의 경우 322.2-173.5 mg/g 범위로 측정되었다고 보고하여 본 연구에 사용된 카카오플럼의 비타민 C 함량보다 많이 검출되었다.

Table 4. Contents of vitamin A, E and C in Kakadu plum extract powder and *Prunus domestica* L. powder

(mg%, dry basis)

Organic acid	Kakadu plum extract powder	<i>Prunus domestica</i> L. powder
Vitamin A	N.D. ¹⁾	N.D.
Vitamin E	N.D.	N.D.
Vitamin C	2426.97±29.06 ^{2)***3)}	955.17±13.37

¹⁾N.D.: Not detected.

²⁾All values are expressed as mean±SE of triplicate determinations.

³⁾Significantly different between Kakadu plum extract powder and *Prunus domestica* L. powder by Student's t-test at *** $P < 0.001$.

5. 무기질 함량

서양자두와 카카오플럼의 무기질 함량은 Table 5에 나타내었다. 서양자두에서 아연(Zn)은 검출되지 않았고, 서양자두는 나트륨(Na), 칼륨(K), 칼슘(Ca), 마그네슘(Mg), 철(Fe), 구리(Cu) 순으로 많이 함유하고 있고, 카카오 플럼은 칼륨(K), 나트륨(Na), 칼슘(Ca), 마그네슘(Mg), 철(Fe), 구리(Cu), 아연(Zn) 순으로 많이 함유하고 있다. 카카오플럼이 서양자두에 비하여 철(Fe)을 제외한 모든 무기질을 유의하게 많이 함유되어 있는 것으로 나타났다. 반면 성운정 등(2002)[28]의 연구에 의하면 후무사와 대석조생 두 품종의 무기질 조성 및 함량을 분석한 결과 두 품종 모두 황(S)을 가장 많이 함유하고 있다고 보고하였으며, 그 다음으로는 칼륨(K)이 검출되었다고 한다. 그러나 정기태 등(2005)[27]이 조생종 자두인 대석조생과 만생종인 포모사를 과육과 과피의 무기질을 분석한 연구에서는 모두 칼륨(K) 함량이 가장 많이 검출되었다고 보고하였다. 또한 국내 의성산 옥자두의 비타민 분석을 연구한 정준교 등(2006)[26]에 의하면 칼륨(K)이 가장 많이 검출되었고, 그다음으로는 인(P), 칼슘(Ca), 마그네슘(Mg) 순으로 검출되었다고 한다.

칼륨(K)은 세포내액의 주된 양이온으로 세포외액의 주된 양이온인 나트륨과 함께 체액의 삼투압과 수분평형의 유지에 관여하고 나트륨·칼슘과 함께 신경·근육의 흥분과 자극, 전기화학적 자극의 전달, 근육 섬유의 수축을 조절해 심혈관 질병의 위험도를 낮추고 골밀도를 높인다[36]. 최미자 등(1998)[37]에 의하면 나트륨의 섭취가 적을수록 골밀도에 유익함을 알 수 있다고 했다. 따라서 카카오 플럼에 뼈에 관련한 칼륨(K), 칼슘(Ca), 마그네슘(Mg) 등의 무기질이 많은 것으로 보아 성장기 어린이나 여성들을 위한 기능성 소재로의 가능성이 충분한 것으로 사료된다.

Table 5. Contents of minerals in Kakadu plum extract powder and *Prunus domestica* L. powder

(mg%, dry basis)

Mineral	Kakadu plum extract powder	<i>Prunus domestica</i> L. powder
Ca	467.10±0.32 ^{1)***2)}	211.48±3.08
K	6,273.52±46.88 ^{***}	852.58±10.17
Mg	454.05±4.79 ^{***}	73.07±0.70
Fe	25.74±0.34 ^{***}	35.88±0.55
Na	999.58±3.09 ^{***}	855.91±7.01
Cu	6.12±0.05 ^{***}	1.60±0.02
Zn	1.23±0.01 ^{***}	N.D. ³⁾

¹⁾All values are expressed as mean±SE of triplicate determinations.

²⁾Significantly different between Kakadu plum extract powder and *Prunus domestica* L. powder by Student's t-test at ^{***} $P < 0.001$.

³⁾N.D.: Not detected.

6. 총 polyphenol 함량

서양자두와 카카오플럼 에탄올 추출물의 총 polyphenol 함량은 Table 6에 나타내었다. 폴리페놀은 식물의 입장에서 외부 환경으로부터 자신을 보호하는 일종의 방어물질로서 필수영양소는 아니지만 비타민, 무기질과 함께 미량영양소로 분류되어 제 7의 영양소(the seventh nutrient)로 부르기도 한다[38]. 최근 성인병 예방과 관련된 폴리페놀에 관한 연구 결과를 바탕으로 페놀성 화합물에 존재하는 phenolic hydroxyl(OH)기는 단백질과 결합하는 성질이 있으며, 항암 효과, 심혈관 질환 예방, 면역 증진, 항미생물 및 항바이러스 효과, 노화 지연 등의 효과에 대해 연구하고 있을 정도로 각광받고 있어 항산화 효과에 탁월한 효능을 지닌 것으로 보여진다[17]. 서양자두와 카카오플럼 에탄올 추출물의 총 polyphenol 함량은 145.03 mg TAE/g과 145.55 mg TAE/g 으로 거의 동일한 값을 나타내는 것을 볼 수 있다. 정기태 등(2005)[27]이 조생종 자두인 대석조생과 만생종인 포모사의 총 polyphenol 함량을 분석한 결과, 대석조생의 과육과 과피 각각 224.2 mg%와 604.6 mg%였으며, 포모사의 과육과 과피는 각각 252.6 mg%와 892.4 mg%으로 과피가 과육보다 높게 나타났다고 보고하였다. 국내 의성산 옥자두의 페놀성 화합물을 연구한 정준교 등(2006)[26]에 의하면 과육, 과피, 과육과 과피 혼합물의 총 polyphenol 함량은 각각 54.78, 1492.21, 75.55 mg/100g으로 나타났으며, 과피에 함량이 가장 높았다고 보고하였다. 이민영 등(2012)[35]이 과일껍질의 총 polyphenol 함량 연구를 보면 자두껍질의 경우 총 polyphenol 함량은 건조 시료 g 당 gallic acid로 표시할 경우 자두껍질이 178.3 mg이었다고 하였다. 일반적으로 과일의 총 polyphenol 함량은 식용 부위의 경우 15.7-1018 mg GAE/100 g의 함유한다고 하며, 과육보다는 과피에 더 많이 함유되어 있다고 한다. 김천산 자두 후무사의 경우 총 polyphenol 함량을 연구한 윤옥현 등(2011)[33]에 의하면 80% ethanol 추출물의 경우 3.49-4.36 mg/100 g이었다고 하면서 추출물 중 acetone 으로 추출하였을 경우 가장 높은 수치가 나왔다고 하였다. Kim 등(2009)[39]도 15종의 과일을 에탄올 추출한 후 총

polyphenol 함량을 측정한 결과 자두의 총 polyphenol 함량이 가장 높았다고 하였다. Ali 등[47]에 의하면 카카오 플럼의 총 polyphenol 함량은 793.89 μg GAE/mg이었으며, Konczak 등[46]은 505.2-376.1 mg GAE/g 범위로 측정되었으며, 본 연구 결과와 비교해 보면 본 연구에 사용된 카카오플럼의 총 polyphenol 함량이 이들 연구 결과에 비하여 낮게 검출되었다. 여러 연구결과를 종합해 보면 자두의 총 polyphenol 함량이 다른 과일에 비하여 매우 우수한 것으로 보여진다.

자두의 항산화 물질에 관한 연구 결과마다 총 polyphenol의 함량에 차이가 있는 것은 채취 시기, 품종, 숙성시기, 껍질의 색 등에 따라 큰 차이가 있으며 [40], 시료 분석 방법 등의 차이에서도 기인된 것[41]으로 보여진다. 본 연구는 과육과 과피 모두 함께 건조한 분말로 분석하였으며, 표준물질로 tannic acid를 사용하였기에 다른 자두의 연구 결과와는 비교하기에는 다소 어려움이 있다.

Table 6. Contents of total polyphenol in ethanol extracts of Kakadu plum extract powder and *Prunus domestica* L. powder

	Kakadu plum extract powder	<i>Prunus domestica</i> L. powder
Total polyphenol (mg TAE ¹⁾ /g)	145.03±1.51 ^{2)NS3)}	145.55±2.00

¹⁾TAE: Tannic acid equivalent.

²⁾All values are expressed as mean ± SE of triplicate determinations.

³⁾N.S.: Not significant.

7. 총 flavonoid 함량

식물에 널리 분포되어 있는 flavonoid도 다양한 생리활성 기능이 최근 많이 밝혀지면서 항산화효과가 우수한 것으로 알려져 있다[42][43]. 또한 Lee 등 (2008)[44]은 플라보노이드는 암세포의 DNA, RNA 또는 protein의 합성을 억제하거나 cAMP의 함량을 증가시켜 종양세포의 분열을 억제시키거나, apoptosis를 유도하는 다양한 기전을 통하여 항암효과가 있는 것으로 알려져 있다.

서양자두와 카카오플럼의 총 flavonoid 함량은 Table 7에 나타내었다. 총 flavonoid 함량은 카카오플럼은 7.65 mg QE/g이고, 서양자두는 14.84 mg QE/g로 서양자두 분말이 유의하게 많이 함유하는 것으로 나타났다. 이민영 등 (2012)[35]이 과일껍질의 총 flavonoid 함량 연구를 보면 자두껍질의 경우 flavonoid 함량을 quercetin 등량값으로 표시할 경우 35.9 mg이었다고 하였으며, 총 polyphenol 함량이 높은 시료는 총 flavonoid 함량도 높게 나타난다고 보고하였다. 그러나 본 연구에서는 총 polyphenol 함량은 두 자두 간에 차이가 없었으나, 총 flavonoid 함량은 서양자두가 카카오플럼에 비하여 높게 나타났다. 김천산 자두 후무사의 경우 총 flavonoid 함량을 연구한 윤옥현 등(2011)[33]에 의하면 80% ethanol 추출물에서 29.65 mg/100 g이었다고 하였다.

Table 7. Contents of total flavonoid in ethanol extracts of Kakadu plum extract powder and *Prunus domestica* L. powder

	Kakadu plum extract powder	<i>Prunus domestica</i> L. powder
Total flavonoid (mg QE ¹ /g)	7.65±0.47 ^{2)***3)}	14.84±0.30

¹)QE: Quercetin equivalent.

²)All values are expressed as mean ± SE of triplicate determinations.

³)Significantly different between Kakadu plum extract powder and *Prunus domestica* L. powder by Student's t-test at *** $P < 0.001$.

8. DPPH radical 소거능

서양자두와 카카두플럼의 DPPH radical 소거능은 Table 8에 나타내었다. 카카두플럼 추출물의 DPPH 자유 라디칼 활성을 50% 감소시키는 데 필요한 농도(IC₅₀)는 43,215.56 µg/m이었고, 20,000 µg/mL일 때 30.57%, 40,000 µg/mL일 때 46.01%, 80,000 µg/mL일 때 84.05%로 농도가 증가할수록 DPPH radical 소거능이 증가하는 것으로 나타났다. 서양자두 추출물의 DPPH 자유 라디칼 활성을 50% 감소시키는 데 필요한 농도(IC₅₀)는 11,916.36 µg/m이었으며, 2,500 µg/mL일 때 0.85%, 10,000 µg/mL일 때 44.16%, 20,000 µg/mL일 때 75.81% DPPH radical 소거능을 보였다. DPPH radical 소거능은 서양자두가 카카두플럼에 비하여 높은 것으로 나타났다. 서양자두와 카카두플럼의 DPPH radical 소거능은 양성대조군인 비타민 C에 비해서는 매우 낮은 것으로 나타났다. 정기태 등(2005)[27]이 대석조생과 포모사 과피의 DPPH 자유 라디칼 활성을 50% 감소시키는 농도(RC₅₀)를 측정한 결과 14.4 µL/µg였으며, 상업용 합성항산화제인 BHA와 tocopherol에 비해서는 낮게 측정되었으며, 과육의 경우는 높게 측정되었다고 보고하였다. 그러나 품종 간에는 차이가 없었다고 하였다. 이민영 등(2012)[35]이 과일껍질의 DPPH radical 소거활성을 10 mg/mL에서 측정한 결과 자두껍질의 경우 78.1%의 소거능이 보였다고 보고하였다. Kim 등(2009)[39]도 15종의 과일을 에탄올 추출한 후 DPPH 자유 라디칼 소거능을 측정하였더니 자두의 소거활성이 61.6%로 높게 측정되었다고 한다.

Table 8. DPPH radical scavenging activity of ethanol extracts of Kakadu plum extract powder and *Prunus domestica* L. powder

	Concentration ($\mu\text{g/mL}$)	DPPH radical scavenging activity (%)	IC ₅₀ ¹⁾
Kakadu plum extract powder	80000	84.05 \pm 0.32 ^{2)d3)}	43215.56
	40000	46.01 \pm 1.76 ^c	
	20000	30.57 \pm 0.24 ^{bB4)}	
	10000	19.81 \pm 2.89 ^{aB}	
<i>Prunus domestica</i> L. powder	20000	75.81 \pm 0.45 ^{dA}	11916.36
	10000	44.16 \pm 0.62 ^{cA}	
	5000	26.45 \pm 0.24 ^b	
	2500	0.85 \pm 18.89 ^a	
Ascorbic acid	1000	90.27 \pm 0.94	

¹⁾IC₅₀: Concentration required to reduce 50% of DPPH radical activity.

²⁾All values are expressed as mean \pm SE of triplicate determinations.

^{3)a-d}Means in same plum group with different letters are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test.

^{3)A-B}Values with different letters in the same concentration are significantly different at $p < 0.05$.

9. ABTS radical 소거활성

서양자두와 카카오플럼의 ABTS radical 소거활성을 분석한 결과는 Table 9에 나타내었다. 카카오플럼 추출물은 10000, 5000, 2500, 1250 μ g/mL 농도에서 69.88, 33.14, 12.10, 1.73%로 나타났고, 서양 추출물은 10000, 5000, 2500, 1250 μ g/mL 농도에서 83.29, 81.56, 46.54, 26.80%로 나타났다. ABTS radical 소거능도 서양자두가 카카오플럼에 비하여 높은 것으로 나타났다. 서양자두와 카카오플럼의 DPPH radical 소거능은 양성대조군인 비타민 C에 비해서는 매우 낮은 것으로 나타났다. 서양자두와 카카오플럼 추출물의 ABTS radical 소거능도 양성대조군인 비타민 C에 비해서는 매우 낮은 것으로 나타났다. 이민영 등(2012)[35]이 과일껍질의 ABTS radical 소거활성을 10 mg/mL에서 측정된 결과 자두껍질의 경우 99.9%의 소거능이 보였다고 보고하였다.

Rice-Evans 등(1997)[40]과 Kim 등(2012)[42]에 의하면 DPPH와 ABTS 유리 라디칼 소거능은 항산화물질인 페놀성 물질 함량이 높으면 소거활성이 증가한다고 알려져 있다. Diaz-Mulab 등(2009)[45]은 자두 껍질 색깔과 항산화 활성에 관한 연구를 수행하여 자두에 수용성 색소인 안토시아닌과 지용성 색소인 카로티노이드 등의 성분과 함량에 따라 항산화능이 다르게 나타난다고 하였다. 본 연구에서도 총 flavonoid 함량이 높았던 서양자두 추출물이 카카오플럼 추출물에 비하여 DPPH와 ABTS 유리 라디칼 소거능이 우수한 것으로 나타났다. 그러나 항산화 비타민으로 알려진 비타민 C의 경우 카카오플럼이 서양자두에 비해 훨씬 많이 함유하고 있음에도 불구하고 DPPH와 ABTS radical 소거능에는 덜 영향을 미치는 것으로 나타나 추후 이들과 관련하여 보다 체계적인 연구가 필요한 것으로 사료된다.

Table 9. ABTS radical scavenging activity of Kakadu plum extract powder and *Prunus domestica* L. powder

	Concentration ($\mu\text{g/mL}$)	ABTS radical scavenging activity (%)	IC ₅₀ ¹⁾
Kakadu plum extract powder	10000	69.88 \pm 0.90 ^{2)B3)}	7336.33
	5000	33.14 \pm 2.94 ^B	
	2500	12.10 \pm 2.38 ^{cB}	
	1250	1.73 \pm 0.50 ^{dB}	
<i>Prunus domestica</i> L. powder	10000	83.29 \pm 0.25 ^{aA}	2807.32
	5000	81.56 \pm 0.90 ^{bA}	
	2500	46.54 \pm 1.09 ^{cA}	
	1250	26.80 \pm 2.64 ^{aA}	
Ascorbic acid	1000	83.57 \pm 0.43	

¹⁾IC₅₀: Concentration required to reduce 50% of ABTS radical activity.

²⁾All values are expressed as mean \pm SE of triplicate determinations.

^{3)a-d}Means in the same plum group with different letters are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test.

^{3)A-B}Values with different letters in the same concentration are significantly different at $p < 0.05$.

IV. 요약 및 결론

본 연구는 자두 품종에 따른 이학적 성분과 항산화 효과를 비교하기 위하여 서양자두와 카카두플럼을 사용하여 조사하였다.

먼저 서양자두 분말과 카카두플럼 추출 분말의 일반성분 조성 차이를 살펴보면, 수분, 조지방 및 탄수화물 함량의 경우 서양자두가 더 높았고, 조회분과 조단백질 함량의 경우에는 카카두플럼이 더 높은 것으로 나타났다. 구성 아미노산은 필수 아미노산 9종과 비필수 아미노산 7종으로 총 16종이 검출되었는데, 서양자두의 경우 필수 아미노산인 leucine 함량이 가장 높았고, 카카두플럼의 경우에는 비필수 아미노산인 glutamic acid 함량이 가장 높았다. 그러나 총 아미노산 함량을 보면 카카두플럼 분말이 서양자두 분말에 비해 약 4.5배 가량 많이 함유하고 있는 것으로 나타났다. 유기산은 카카두플럼 분말은 총 5종의 유기산이 검출되었으며, 서양자두 분말은 총 4종의 유기산이 검출되었다. 카카두플럼은 citric acid, lactic acid, acetic acid, succinic acid, formic acid 순으로 검출되었으며, 서양자두 분말은 malic acid, lactic acid, acetic acid, formic acid 순으로 검출되었다. 서양자두와 카카두플럼 분말 둘 다 비타민 A와 E가 검출되지 않았지만, 비타민 C 함량은 카카두플럼에서 2426.97 ± 29.06 mg%, 서양자두 분말에서 955.17 ± 13.37 mg% 검출되어 서양자두보다 카카두플럼의 비타민 C가 2.5배 정도 많이 검출되었다. 서양자두와 카카두플럼의 무기질은 총 7종 조사하였으며, K, Na, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn 순으로 비슷하게 검출되었고, 무기질의 총 함량은 카카두플럼이 유의하게 많은 것으로 나타났다.

서양자두와 카카두플럼 분말 에탄올 추출물의 항산화효과를 측정한 결과는 다음과 같다. 총 polyphenol 함량 측정 결과, 서양자두와 카카두플럼 분말 에탄올 추출물의 각각 145.03 ± 1.51 mg TAE/g과 145.55 ± 2.00 mg TAE/g로 두 품종 간에 차이가 없었다. 그러나 총 flavonoid 함량은 서양자두 분말 에탄올 추출물

은 14.84 ± 0.30 mg QE/g, 카카오플럼 분말 에탄올 추출물은 7.65 ± 0.47 mg QE/g 로 서양자두 분말 에탄올 추출물이 카카오플럼 분말 에탄올 추출물에 비하여 유의하게 높았다. DPPH radical 소거활성과 ABTS radical 소거활성도 서양자두 분말 에탄올 추출물이 카카오플럼 분말 에탄올 추출물에 비하여 유의하게 높게 나타났다.

이상의 결과를 종합해 보면, 두 품종간 영양성분 비교에서는 아미노산 조성 및 함량, 유기산, 비타민 C 및 무기질 함량은 카카오플럼 분말이 서양자두 분말에 비하여 우수하나, 항산화효과는 서양자두 추출물이 카카오플럼 추출물에 비해 우수한 것으로 나타나 자두는 품종을 막론하고 영양성분이 풍부하고 항산화효과는 우수하므로 기능적 소재로서의 가치가 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. Sung YJ, Kim YC, Kim MY, Lee JB, Chung SK. 2002. Approximate composition and physicochemical properties of plum (*Prunus salicina*). Appl Bio Chem 45(3) 134-137.
2. Shin HC. 2020. A Study on quality characteristics and processing adequacy of *Prunus salicina* Lindl. cv. Soldam at different growth stages. Korean J Food Preserv 11(3), 358-363.
3. Kim DO, Jeong SW, Lee CY. 2003. Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums. Food Chem 81(3), 321-326.
4. Raynal J, Moutounet M, Souquet JM, 1989. Intervention of phenolic compounds in plum technology. 1. Changes during drying. J Agric Food Chem 37(4), 1046-1050.
5. Donovan JL, Meyer AS, Waterhouse AL. 1998. Phenolic composition and antioxidant activity of prunes and prune juice (*Prunus domestica*). J Agric Food Chem 46(4), 1247-1252.
6. Wang H, Cao G, Prior RL. 1996. Total antioxidant capacity of fruits. J Agric Food Chem 44(3), 701-705.

7. Park S, Kwon Y, Kim T, Lee SH, Chun IJ, Cho YE, Sung J. 2022. Quality characteristics of collagen stick jelly made using Korean plums. J Korean Soc Agric Chem Biotechnol 51(7), 720-726.
8. Courtney R, Sirdarta J, Matthews B, Cock I. 2015. Tannin components and inhibitory activity of kakadu plum leaf extracts against microbial triggers of autoimmune inflammatory diseases. Pharmacog J 7(1), 18 - 31.
9. Williams DJ, Edwards D, Pun S, Chaliha M, Sultanbawa Y. 2014. Profiling ellagic acid content: The importance of form and ascorbic acid levels. Food Res Int 66, 100 - 106.
10. Konczak I, Zabaras D, Dunstan M, Aguas P. 2010. Antioxidant capacity and hydrophilic phytochemicals in commercially grown native Australian fruits. Food Chem 123(4), 1048 - 1054.
11. Akter S, Netzel ME, Tinggi U, Osborne SA, Fletcher MT, Sultanbawa Y. 2019. Antioxidant rich extracts of *Terminalia ferdinandiana* inhibit the growth of foodborne bacteria. Foods 8(8), 281.
12. Zhou Y, Phan ADT, Akter S, Bobasa EM, Seididamyeh M, Sivakumar D. 2023. Bioactive properties of Kakadu plum-blended products. Molecules 28(6), 2828
13. Chaliha M., Williams D., Edwards D., Pun S., Smyth H., Sultanbawa Y. 2017. Bioactive rich extracts from *Terminalia ferdinandiana* by enzyme-assisted extraction: A simple food safe extraction method. J

- Med Plant Res 11(5), 96 - 106.
14. Tan AC, Konczak I, Zabaras D, Sze DMY. 2011. Potential antioxidant, antiinflammatory, and proapoptotic anticancer activities of Kakadu plum and Illawarra plum polyphenolic fractions. *Nutr Cancer* 63(7), 1074 - 1084.
 15. Shahidi F. 2006. Functional foods: Their role in disease prevention and health promotion. *J Food Sci* 69(5), 146-149.
 16. Kim SH. 2020. Trends in food and nutrient intake of high school students based on the Korea National Health and Nutrition Examination Survey 2007~2015. *Korean J Food Nutr* 33(5), 447 - 458.
 17. Kim SH. 1994. Patterns of vitamin/mineral supplements usage among the middle-aged in Korea. *J Nutr Health* 27(3), 236-252.
 18. AOAC. 1997. Official methods of analysis. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists(NO. 934. 06), Arlington, VA, USA.
 19. Kim DH, Lim DW, Bai S, Chun SB. 1997. Fermentation characteristics of whole soybeans meju model system inoculated with 4 *Bacillus* strain. *Korean J Food Sci Technol* 29(5), 1006-1015.
 20. Korea Food and Drug Association. 2005. Food standards codex, Korean Foods Industry Association, pp.367-368, pp.383-385.
 21. Rizzole A, Formi E, Polesello A. 1984. HPLC assay of ascorbic acid in

- fresh and processed fruit and vegetables. *Food Chem* 14(3), 189-199.
22. Folin O, Denis W. 1912. On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *J Biol Chem* 12(2), 239-249.
 23. Chae SK, Kang GS, Ma SJ, Bang KW, Oh MW, Oh SH. 2002. Standard good analysis. Paju, Jigu-Moonwha Sa, Korea. pp.381-382.
 24. Blois MS. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 181, 1199-1200.
 25. Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med* 26(9-10), 1231-1237.
 26. Jung JG, Yu YY, Lee HR, Choi JU, Lee SH, Ahn H, Chung SK. 2006. Quality and nutrition labeling study of domestic fruit (Plum). *Korean J Food Preserv* 13(6), 669-674.
 27. Jung GT, Ju IO, Choi DG, Jeong JS, Ryu J, Ko BR, Choi JS, Choi YG. 2005. Chemical characteristics and physiological activities of plums (Oishiwase and Formosa). *Korean J Food Sci Technol* 37(5), 816-821.
 28. Sung YJ, Kim YC, Kim MY, Lee JB, Chung SK. 2002. Approximate composition and physicochemical properties of plum (*Prunus Salicina*). *J Korean Soc Agric Chem Biotechnol* 45(3), 134-137.

29. Lee HB. 1972. Studies on the chemical composition of some fruit vegetables and fruits in Korea (I) -On the free amino acid and sugar contents in tomato, watermelon, muskmelon, peach and plum. Korean J Food Sci Technol 4(1), 36-43

30. Kim SH, Kang BT, Park DC, Yoon OH. 2000. Physicochemical properties and chemical composition of plums produced in Kimcheon. J East Soc Dietary Life 10(1), 37-41

31. So DY. 2013. Study on components by cultivar and characteristics of fermentation solution by maturation condition in *Prunus mume*. Ph.D. thesis in Korea, Konkuk University, Seoul

32. Maria SS, Phyllis EB, Erum AH. 2001. Chemical composition and potential healths effects of prunes: a functional food. Crit Rev Food Sci Nutr 41(4), 251-286.

33. Yoon OH, Jeong B, Kim E, Jeong Y. 2011. Chemical composition and antioxidant activities of *Prunus salicina* formosa produced in Gimcheon. J Korean Soc Food Sci Nutr 40(3), 379-384.

34. Davey MW, Auwerkerken A, Keulemans J. 2007. Relationship of apple vitamin C and antioxidant contents to harvest date and postharvest pathogen infection. J Sci Food Agr 87(5), 802-813.

35. Lee MY, Yoo MS, Whang YJ, Jin YJ, Hong MH, Pyo YH. 2012. Vitamin C, total polyphenol, flavonoid contents and antioxidant capacity

- of several fruit peels. Korean J Food Sci Technol 44(5), 540-544.
36. Song GH, Kim JH, Lee JH, Kim CI. 2016. 21st Century Nutrition. Gyomunsa, Paju, Korea. p357.
 37. Choi MJ, Jung YJ. 1998. The relationship between food habit, nutrient intakes and bone mineral density and bone mineral content in adult women. J Nutr Health 31(9), 1446-1456.
 38. The Korean Nutrition Society. 2011. Phytonutrient nutrition. Life Science Publishing Co, p.2-3, Seoul, Korea
 39. Kim JY, Lee CR, Cho KH, Lee JH, Lee KT. 2009. Antioxidative and Lp-PLA2 inhibitory activities in 29 fruits and vegetables. Korean J Food Preserv 16(4), 512-517.
 40. Rice-Evans CA, Miller NJ, Paganga G. 1997. Antioxidant properties of phenolic compounds. Trends Plant Sci 2(4), 152-159 .
 41. Tsao R. 2010. Chemistry and biochemistry of dietary polyphenols. Nutrients 2(12), 1231-1246.
 42. Kim EJ, Choi JY, Yu MR, Kim MY, Lee SH, Lee BH. 2012 Total polyphenols, total flavonoid contents, and antioxidant activity of Korean natural and medicinal plants. Korean J. Food Sci. Technol 44(3), 337-342.
 43. Heim KE, Tagliaferro AR, Bobilya DJ. 2002. Flavonoid antioxidants:

- Chemistry, metabolism, and structure-activity relationships. *J Nutr Biochem* 13(10), 572-584.
44. Lee SG, Yu MH, Lee SP, Lee IS. 2008. Antioxidant activities and induction of apoptosis by methanol extracts from avocado. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37(3), 269-275.
 45. Diaz-Mulab HM, Japhata PJ, Guillena F, Martinez-Romeroa D, Castillo S, Serranob D. 2009. Changes in hydrophilic and lipophilic antioxidant activity and related bioactive compounds during post-harvest storage of yellow and purple plum cultivars. *Postharv Biol Tec* 51(3), 354-363.
 46. Konczak I, Maillot F, Dalar A. 2014. Phytochemical divergence in 45 accessions of *Terminalia ferdinandiana* (Kakadu plum). *Food Chem* 151, 248-256.
 47. Ali A, Kiloni SM, Cáceres-Vélez PR, Jusuf PR, Cottrell JJ, Dunshea FR. 2022. Phytochemicals, antioxidant activities, and toxicological screening of native Australian fruits using Zebrafish embryonic model. *Foods* 11(24), 4038.