



저온저장 자두를 이용한 자두 퓨레의 품질특성과 항산화 활성

박명빈¹ · 박사무엘¹ · 여채은¹ · 김건오¹ · 전익조² · 조영은³ · 성지혜^{1,*}
¹안동대학교 식품생명공학과, ²안동대학교 원예·생약융합학부, ³안동대학교 식품영양학과

Quality Characteristics and Antioxidant Activity of Puree Made with Plums Stored at Low Temperatures

Myeongbin Park¹, Samuel Park¹, Chaeun Yeo¹, Keono Kim¹, Ik-Jo Chun², Young-Eun Cho³, Jeehye Sung^{1,*}

¹Department of Food Science and Biotechnology, Andong National University

²Department of Horticulture and Breeding, Andong National University

³Department of Food and Nutrition, Andong National University

Abstract

The oriental plum (*Prunus salicina*) is one of the most popular fruits in Korea due to its sweet taste and pleasant aroma. The objective of this study was to analyze the quality characteristics and antioxidant activities of a puree made using plums stored at low-temperatures. The quality characteristics were determined by estimating total soluble solids (TSS, °Brix), titratable acidity (TA, % citric acid), TSS/TA ratio, pH, colors, sugar content, and sensory profiles. The antioxidant effects were estimated by total polyphenol and flavonoid content and radical scavenging activity. The results showed that the plum puree containing both the flesh and the peel had markedly higher red coloration (a^* value) than the puree without the peel, while yellow coloration (b^* value) and lightness (L^* value) were lower in the puree without the peel than with the peel. The sensory qualities including the plum taste and flavor, texture as well as overall acceptance showed no significant variation between the samples. Meanwhile, the total polyphenol/flavonoid content and radical scavenging activities were significantly improved by the presence of fruit peel and by frozen storage. These findings suggest that frozen plums could be a suitable ingredient for making a puree and concentrate for the food manufacturing industry.

Key Words : Plum, puree, frozen storage, quality characteristics, antioxidant

1. 서 론

자두는 장미과 벚나무속 자두아속에 속하는 과수로 동북아시아의 동양계자두(*Prunus salicina*), 유럽계 자두(*Prunus Domestica*) 및 북미원산의 미국계 자두(*Prunus americana*)가 주로 재배되고 있다(Sung et al. 2002). 우리나라에서 주로 재배되고 있는 동양계자두는 자두만의 독특한 향기와 풍미로 소비자들에게 기호도가 높은 과일류 중 하나로 그대로 생식하거나 잼, 음료, 과실주 등의 가공에 사용되고 있다(Jung et al. 2005). 자두는 비타민, 유기산 및 미네랄과 같은 유용성분을 풍부하게 함유하고 있어 골다공증 예방, 갱년기 완화, 피부보호 및 피로회복에 효과가 있을 뿐만 아니라 neochlorogenic acid와 chlorogenic acid 같은 phenolic acid를 비롯해 myricetin, quercetin 같은 플라보노이드, 안토시아닌 등과 같은 폴리페놀 성분도 다량 함유하고 있어

항산화 효과가 뛰어나다고 보고되어 있다(Kim et al. 2003; Lucas et al. 2004; Yoon et al. 2011; Kim et al. 2012; Kim et al. 2013). 특히, 자두 과피는 전체 과일 중량의 10-32% 차지하며 폴리페놀이 과육에 비해 높게 함유되어 있으며 포도, 골드키위, 사과, 복숭아 등과 같은 다른 과일류 과피의 폴리페놀 함량 보다 높게 보고되어 있다(Lee et al. 2012). 이러한 자두의 폴리페놀은 항산화작용을 통해 노화, 고지혈증 및 다양한 만성질환을 예방 할 수 있다는 연구들이 보고되었다(Utsunomiya et al. 2002; Lee et al. 2003; Franklin et al. 2006).

국내 자두는 2000년 이후로 연 51,087톤 이상 꾸준히 생산되는 추세이며 매년 과잉공급으로 자두 출하 농가들은 사용되지 못하고 처분되는 자두가 증가함에 따라 어려움을 겪고 있다(Jung et al. 2005). 자두는 비교적 수확시기가 짧으며 에틸렌 발생량이 많아 저장 및 유통과정에서 조직변화,

*Corresponding author: Jeehye Sung, Department of Food Science and Biotechnology, Andong National University, Andong, Gyeongsangbuk-do 36729, Korea
E-mail: jeehye@andong.ac.kr Tel: +82-54-820-5752

색 변화, 중량감소, 부패와 같은 품질변화가 일어나기 쉬워 장기보관이 필요할 경우 저온저장이 필수적이다(Lee et al. 2013). 하지만 저온저장 시 과육 조직 내부의 스폰지화, 과육 붕괴 및 향미의 변화로 관능적 품질 저하 발생으로 생과로서 활용이 용이하지 않다(Crisosto et al. 1999). 또한 우리나라는 대부분 식품 산업체에서 자두를 이용하여 가공 식품을 제조 시 칠레산 자두와 같은 수입산 자두 및 자두농축액을 활용하고 있다. 따라서 국내 자두의 소비를 촉진하기 위해 저온 저장된 자두를 활용할 수 있는 자두 가공품 개발에 대한 연구의 필요성이 대두되고 있다.

퓨레(Puree)는 과일을 삶거나 갈아서 걸쭉하게 만든 농축물을 말하며 상대적으로 보관기간이 짧은 과일 및 채소류의 저장성 향상을 가능하게 하고 음료, 드레싱, 빵, 디저트 등 가공식품 제조 시 첨가물로 편리하게 사용되고 있다(Park 2008; Ren et al. 2014; Jeong et al. 2017). 저온보관되어 있는 국내산 자두를 자두 퓨레로 제조하여 기호식품으로 활용한다면 소비자들에게 영양가 많은 자두의 섭취를 증진시키는 동시에 자두 가공품 생산을 통한 농가의 고부가가치를 창출할 수 있을 것으로 기대된다. 따라서 본 연구는 국내산 자두를 활용하고자 생자두 및 저온보관 자두를 이용하여 자두 퓨레를 제조한 후 이화학적·관능적 특성 및 항산화 효능을 평가하여 기호식품으로서 저온보관 자두의 가치를 규명하고자 하였다.

II. 연구내용 및 방법

1. 실험재료 및 시약

본 실험에 사용된 자두는 2020년 9월 중순 경북 의성 농가로부터 수확한 추회 품종을 제공받았다. 수확한 자두는 붉은 빛이 돌고, 단단한 질감의 형태로 섭취하기에 적당한 적숙기의 자두로 판단되었다. 자두는 수돗물과 베이킹 파우더를 사용하여 세척 후 1달 동안 냉장(4°C) 및 냉동(-18°C) 보관하였다. 자두 퓨레를 만들기 위한 설탕과 물은 현지 시장에서 구입한 것을 사용하였다. 자두 퓨레의 항산화 성분 분석과 활성 측정에 사용된 ABTS (2,2-azinobis-(3 ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid), DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl), (+)-catechin, gallic acid, sodium hydroxide, sodium carbonate, sodium nitrite, potassium persulfate, L-ascorbic acid, aluminium chloride hexahydrate는 Sigma (St. Louis, MO, USA)에서 구입하여 사용하였다. 그 밖에 사용된 추출 용매 및 시약은 analytical 및 HPLC 등급을 사용하였다.

2. 자두 퓨레 제조

퓨레를 제조하기 위해 자두 씨를 제거 후 과육을 절단하여 사용하였다. 자두 퓨레는 자두 400 g, 물 200 g, 설탕

<Table 1> Formula of plum puree (Unit: %)

Materials	Frozen storage (-18°C)		Cold storage (4°C)	
	FS0	FS1	CS0	CS1
Plum flesh+peel	66.67	-	66.67	-
Plum flesh	-	66.67	-	66.67
Sugar	6.25	6.25	6.25	6.25
Water	31.25	31.25	31.25	31.25

FS0; plum flesh containing peel with frozen storage, FS1; plum flesh with frozen storage, CS0; plum flesh containing peel with cold storage, CS1; plum flesh with cold storage.

40 g을 100°C에서 12분 가열한 후 믹서기로 마쇄하여 제조하였다. 퓨레는 총 네 가지 조건(냉동 보관한 자두 과피와 과육으로 만든 퓨레(FS0), 냉동 보관한 자두의 과피를 제거하여 만든 퓨레(FS1), 냉장 보관한 자두 과피와 과육으로 만든 퓨레(CS0), 냉장 보관한 자두의 과피를 제거하여 만든 퓨레(CS1)으로 나누어 제조하였으며 제조 배합비는 <Table 1>과 같다. 조건별로 3개의 퓨레를 제조하여 품질특성을 위한 반복 시료로 사용하였으며 분석 전까지 냉동 보관하였다.

3. 자두 퓨레의 이화학적 특성 분석

자두 퓨레의 당도는 당도계(Poket Refractometer, N-1E, Atago, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다. 자두 퓨레의 산도(titratable acidity, TA)는 시료 20 g을 증류수 100 mL에 희석한 후 0.1 N NaOH 용액으로 적정하여 구연산(citric acid) 함량으로 환산하였다. 자두 퓨레의 색도는 색도계(Spectrophotometer CM-3500d, Konica Minolta Sensing, Inc., Japan)를 이용하여 명도(L*), 적색도(a*), 황색도(b*)를 측정하였다. 자두 퓨레의 pH는 시료 10 mL를 채취하여 pH meter (OHAUS ST3100, Ohaus Corporation, Pasippany, NJ, USA)로 측정하였다.

4. 자두 퓨레의 당 함량 측정

자두 퓨레의 당 함량은 Filip et al. (2016)의 방법을 사용하였다. 시료 5 g을 50% acetonitrile로 50 mL로 추출한 후 3000 rpm으로 15분간 원심분리하여 상정액을 분리하고 0.45 µm Nylon membrane filter (Whatman, Clifton, NJ, USA)로 여과하였다. Sucrose, fructose, glucose 및 sorbitol을 포함한 유리당은 RI detector가 장착되어 있는 high performance liquid chromatography (HPLC, Waters, Milford, MA, USA)로 분석하였다. Asahipak NH2P-50 column (4.6×250 mm, 5 µm, Shodex, Tokyo, Japan)을 장착하였고 이동상은 (Acetonitrile:water=75:25, v/v) 1 mL/min의 유속으로 흘려주었으며 HPLC 분석을 위하여 준비된 추출액의 10 µL를 주입 하였다.

5. 자두 퓨레의 관능적 특성

자두 퓨레의 관능적 특성을 평가하기 위해 안동대학교 식품생명공학과 재학생 9명(남성 3명, 여성 6명, 연령 22-26 세)을 선정하여 관능 평가를 실시하였다. 관능평가 시료는 관능 평가 전날 제조하여 냉장 보관(4°C) 후 제공하였다. 시료 10 mL를 투명한 플라스틱 용기에 담아 제공하였으며 시료가 바뀔 때마다 생수와 크래커로 입을 행구어 평가하도록 하였다. 특성 강도는 9점 척도법(1=very weak, 9=very strong)을 이용하여 자두 퓨레의 단맛, 신맛, 자두맛, 자두향, 점도(viscosity) 및 씹힘성(chewingness)을 측정하였다. 기호도는 향미(flavor), 맛(taste), 종합적 기호도(overall liking)의 평가항목으로 조사하였다. 평가방법은 9점 항목척도를 사용하였고 좋아할수록 높은 점수를 주도록 하였다. 본 연구는 안동대학교 기관생명윤리위원회의 승인을 받아 진행하였다(Approval number: 1040191-202006-HR-010-01).

6. 자두 퓨레의 총 폴리페놀 함량 측정

자두 퓨레의 총 폴리페놀 함량은 Folin-Ciocalteu phenol reagent가 추출물의 폴리페놀 화합물에 의해 환원되어 몰리브덴 청색으로 발색하는 것을 원리로 하여 측정하였다(Folin & Denis 1912). 시료 1 g을 증류수 10 mL로 추출한 후 각 추출물 100 µL에 2% sodium carbonate 용액 2 mL를 5분 동안 반응시킨 후 50% Folin-Ciocalteu's reagent 100 µL를 첨가하였다. 5분 반응 후 750 nm에서 흡광도를 측정하고 표준물질로 0.1% gallic acid를 이용하여 표준 곡선을 작성한 후 시료의 총 폴리페놀 함량(gallic acid equivalent, GAE)을 계산하여 mg GAE/100 g으로 나타냈다.

7. 자두 퓨레의 총 플라보노이드 함량 측정

총 플라보노이드의 함량은 Choi et al. (2008)의 방법을 사용하였다. 시료 1 g을 증류수 10 mL로 추출한 후 각 추출액 250 µL에 증류수 1.25 mL과 5% sodium nitrite 용액 75 µL를 6분 동안 반응시킨 후 10% aluminium chloride 용액을 150 µL 첨가하여 5분 방치하였다. 반응액에 1 M의 sodium hydroxide 500 µL와 증류수 275 µL를 가한 후 흡광도 값을 510 nm에서 측정하였다. 표준물질로는 (+)-catechin을 사용하여 표준 곡선을 작성한 후 총 플라보노이드 함량(catechin equivalent, CE)을 계산하여 mg CE/100 g으로 나타냈다.

8. 자두 퓨레의 ABTS 라디칼 소거능

ABTS 7.4 mM과 potassium persulfate 2.6 mM을 하루 동안 암소에 방치하여 ABTS 양이온을 형성시킨 후 이 용액을 734 nm에서 흡광도 값이 1.0이 되도록 증류수로 희석하였다. 희석된 ABTS 용액 1 mL에 추출물 50 µL를 첨가하여 흡광도의 변화를 60분 후에 측정하였다(Re et al. 1999). Ascorbic acid를 이용하여 표준 곡선을 작성한 후

시료의 항산화력(Ascorbic acid equivalent antioxidant capacity, AEAC)을 계산하였으며 mg AEAC/100 g으로 나타내었다.

9. 자두 퓨레의 DPPH 라디칼 소거능

DPPH 라디칼 소거능은 0.2 mM DPPH 용액 1 mL에 추출물 50 µL를 첨가하였고 반응에 따른 흡광도의 변화를 30분 후에 520 nm에서 측정하였다(Brand-Williams et al. 1995). Ascorbic acid를 이용하여 표준 곡선을 작성한 후 시료의 항산화력(Ascorbic acid equivalent antioxidant capacity, AEAC)을 계산하였으며 mg AEAC/100 g으로 나타내었다.

10. 통계분석

모든 실험결과는 SAS version 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 네 가지 실험군 간의 유의성을 일원 분산 분석(One-way analysis of variance (ANOVA))과 Tukey's HSD ($p < 0.05$)로 검정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 자두 퓨레의 이화학적 특성

자두 퓨레의 당도(°Brix), 산도(TA, % citric acid), pH, 색도를 측정된 결과는 <Table 2>와 같다. 과피를 첨가하지 않은 퓨레의 경우 과피를 첨가한 퓨레보다 당도가 높았으며 냉장 보관한 퓨레와 냉동 보관한 퓨레 간의 당도에 대한 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 냉장 보관된 자두를 과피와 함께 퓨레를 제조한 군에서 유의적으로 높은 산도를 보였지만 나머지 실험군에 대하여 냉동/냉장 보관 방법 및 과피의 첨가 유무에 따른 산도의 차이는 없었다. CS0의 산도가 유의적으로 높게 나타난 것은 자두의 과육에 비해 과피에 구연산이 다량 함유되어 있는 것이 원인일 것으로 판단된다(Sung et al. 2002). 당산비(°Brix/acid ratio)는 당과 산의 비율로 과일 및 과일 가공품(잼, 농축액, 주스 등)의 단맛과 신맛의 균형에 대해 예측할 수 있는 관능적 품질특성 측정 수단으로 활용된다(Harker et al. 2002). CS0의 당산비가 다른 실험군에 비해 다소 낮게 측정되었음에도 불구하고 다른 실험군과 큰 차이를 보이지 않았다. 모든 조건에서 자두 퓨레의 pH는 3.29 ± 0.02 - 3.33 ± 0.02 로 측정되었으며 실험군 간의 큰 차이는 없었다.

자두 퓨레의 색도는 과피를 첨가하지 않은 퓨레의 L*값과 b*값이 과피를 첨가한 퓨레보다 유의적으로 높게 측정되었다. 밝기를 나타내는 L*값과 황색도를 나타내는 b*값이 높은 이유는 자두 과육이 황색으로 자두 퓨레의 색도에 영향을 미친 것으로 보인다. a*값은 적색도를 의미하며 과피를 첨가한 냉장 및 냉장 보관 자두 퓨레에서 과피를 첨가하지 않은 자두 퓨레에 비해 유의적으로 높게 측정되었다. 실제로 과육만으로 제조한 퓨레는 황색을 과육과 과피 모두

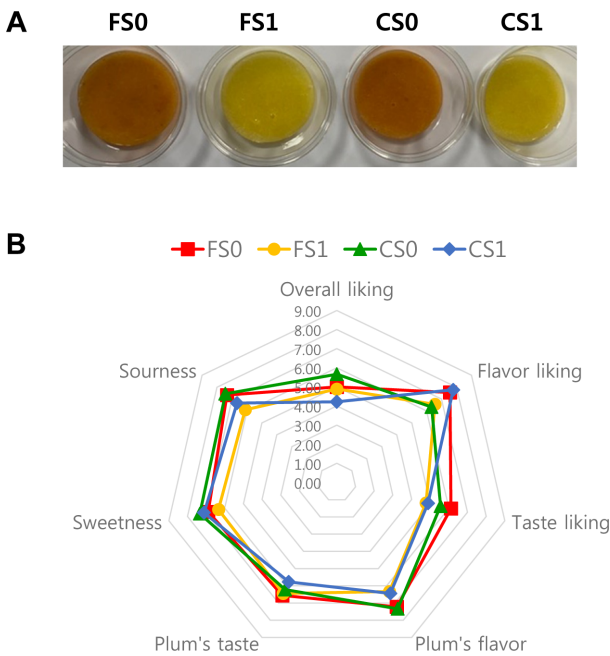
<Table 2> Physicochemical characteristics of plum puree

	Frozen storage (-18°C)		Cold storage (4°C)	
	FS0	FS1	CS0	CS1
°Brix	16.60±0.20 ^b	19.13±0.12 ^a	16.60±0.40 ^b	19.87±0.23 ^a
Titrateable acidity (%)	0.93±0.02 ^{ab}	0.85±0.05 ^b	0.99±0.07 ^a	0.87±0.04 ^{ab}
°Brix/Acid ratio	23.11±1.41 ^a	24.92±1.08 ^a	19.38±0.37 ^b	23.56±0.49 ^a
pH	3.30±0.01 ^{bc}	3.33±0.02 ^a	3.29±0.02 ^c	3.32±0.01 ^{ab}
L* value	29.74±0.01 ^c	34.36±0.01 ^a	27.83±0.01 ^d	33.62±0.01 ^b
a* value	15.56±0.02 ^b	11.88±0.02 ^c	16.61±0.04 ^a	11.85±0.00 ^c
b* value	50.52±0.02 ^c	56.09±0.01 ^a	47.44±0.02 ^d	55.66±0.01 ^b

FS0; plum flesh containing peel with frozen storage, FS1; plum flesh with frozen storage, CS0; plum flesh containing peel with cold storage, CS1; plum flesh with cold storage.

The value are expressed as a mean±standard deviation (n=3).

^{a-d}Different letters in the same row indicate significant statistical differences (Tukey's HSD, p≤0.05)



<Figure 1> Plum puree (A) and its sensory characteristics (B).

활용하여 제조한 퓨레는 적색을 나타냈다<Figure 1A>. 적숙기 자두의 과피는 붉은 빛을 띠기 때문에 과피를 첨가한 자두 퓨레는 과피의 붉은색이 혼합되어 적색도가 높아졌을 것으로 판단된다.

자두 퓨레의 당 함량은 <Table 3>과 같다. 자두 퓨레의 당 함량은 생자두에 비해 유의적으로 증가하였다. 이는 퓨레 제조 시 첨가되는 sucrose가 검출되는 것이 원인이라는 것을 알 수 있었다. 그 밖에 fructose, glucose 및 sorbitol 과 같은 유리당 함량에 대한 생자두와 자두 퓨레의 함량 차이는 크게 관찰되지 않았다. 자두 퓨레 제조 시 가당으로 인한 sucrose의 함량은 크게 증가하였으나 열처리공정, 저장 조건 및 과피 첨가 유무에 따른 자두의 전반적인 당 함량 비율에는 크게 영향을 미치지 않았다.

2. 자두 퓨레의 관능적 특성

자두 퓨레의 관능 평가 결과는 <Figure 1B>와 <Table 4>에 나타난 바와 같다. 본 실험에서 측정된 자두 퓨레의 조직감은 모든 실험군에서 비슷하게 측정되었으며 통계적으로 유의적인 차이를 보이지 않았다. 자두 퓨레의 맛과 향미 및 기호도에 대해 모든 실험군들 간에 유의적 차이가 나타나지 않았음에도 불구하고 자두의 과피와 과육으로 제조한 퓨레가 과육만으로 제조한 퓨레보다 자두의 맛과 향이 다소 높게 측정되었고 이는 자두맛에 대한 기호도를 비롯하여 종합적 기호도를 증진시키는 결과를 나타냈다. Mohammadi-Moghaddam et al. (2020)은 sharbat 제조 시 black plum (*Vitex doniana*)의 과피 첨가량이 증가함에 따라 과일의 향미가 증진되며 sharbat의 단맛 및 신맛을 개선하여 종합적 기호도에 영향을 미친다고 보고하였다. 일반적으로 과일의 과피에는 과육보다 향기 성분이 많이 함유되어 있다고 알려져 있다(Yan et al. 2020). 본 연구를 통해 자두의 과피를 첨가하여 퓨레를 제조 할 경우 과피로부터 유리되는 자두의 향미가 단맛 및 신맛과 함께 어우러져 자두 퓨레의 맛에 대한 선호도를 어느 정도 향상시킬 수 있음을 알 수 있었다. 관능 평가 결과를 종합적으로 정리하면 냉동·냉장 보관방법 및 과피의 첨가 유무에 따른 퓨레의 자두의 맛, 향미, 조직감 등의 관능적 품질특성에 대한 유의적인 차이를 나타내지 않았으므로 자두 퓨레 제조 시 저온 저장된 자두를 충분히 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

3. 자두 퓨레의 항산화 성분 및 항산화 활성

폴리페놀성 물질은 식물의 2차 대사산물 중의 하나로 phenolic hydroxyl group의 수와 배열에 따라 다양한 구조와 분자량을 갖는다. 폴리페놀은 항산화 활성이 높은 물질로 알려져 활성산소에 의한 산화작용을 억제할 수 있으며 질병 예방 및 완화에 효과가 있는 것으로 알려져 있다 (Bouayed 2010). 플라보노이드는 심혈관 질환 및 심장병의

<Table 3> Sugar contents of plum puree

(Unit: g/100g)

	Plum	FS0	FS1	CS0	CS1
Total sugars	9.66±0.50 ^c	17.90±0.17 ^a	16.99±0.97 ^a	18.06±0.08 ^a	14.81±0.14 ^b
Fructose	3.48±0.18 ^a	3.67±0.04 ^a	3.42±0.21 ^a	3.66±0.02 ^a	2.90±0.04 ^b
Glucose	3.31±0.19 ^a	3.35±0.04 ^a	3.13±0.17 ^a	3.39±0.02 ^a	2.61±0.02 ^b
Sucrose	1.19±0.05 ^c	9.30±0.09 ^{ab}	9.05±0.51 ^{ab}	9.65±0.05 ^a	8.76±0.09 ^b
Sorbitol	1.67±0.08 ^a	1.58±0.02 ^a	1.39±0.09 ^b	1.36±0.02 ^b	0.55±0.00 ^c

Plum; fresh plum, FS0; plum flesh containing peel with freezing storage, FS1; plum flesh with freezing storage, CS0; plum flesh containing peel with cold storage, CS1; plum flesh with cold storage.

The value are expressed as a mean±standard deviation (n=3).

^{a-d}Different letters in the same row indicate significant statistical differences (Tukey's HSD, $p \leq 0.05$)

<Table 4> Textural characteristics of plum puree

	Frozen storage		Cold storage	
	FS0	FS1	CS0	CS1
Chewingness ^{NS}	2.89±0.81	2.67±0.83	3.44±0.91	2.56±0.60
Viscosity ^{NS}	5.00±0.69	4.89±0.77	5.67±0.41	4.22±0.62

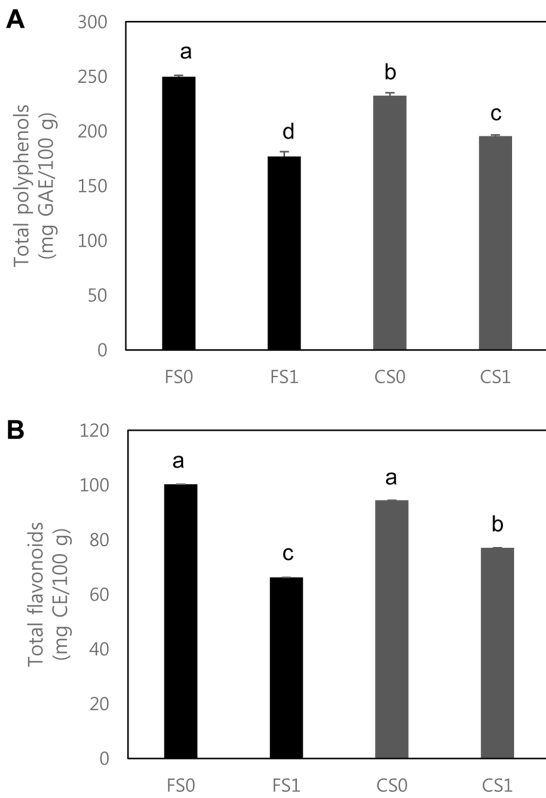
FS0; plum flesh containing peel with frozen storage, FS1; plum flesh with frozen storage, CS0; plum flesh containing peel with cold storage, CS1; plum flesh with cold storage.

The values are expressed as a mean±standard error (n=9). NS; not significant.

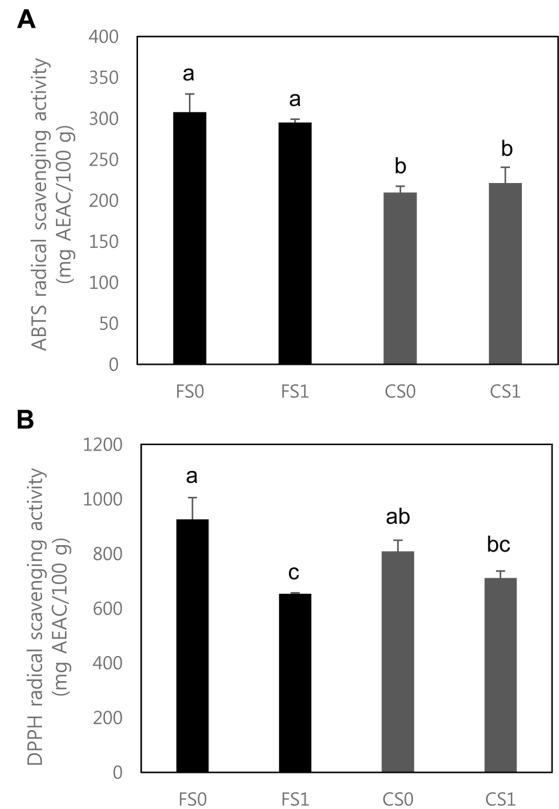
위험도를 감소시킨다는 임상 결과가 보고된 바 있다(Cook & Samman 1996; Kim et al. 2000). 자두의 폴리페놀과 플라보노이드와 같은 항산화 성분은 항산화 작용을 통해 다양한 만성질환을 예방할 수 있다는 연구들이 보고되어왔다(Utsunomiya et al. 2002; Lee et al. 2003; Franklin et al. 2006). 자두 푸레의 총 폴리페놀과 총 플라보노이드 함량을 측정된 결과는 <Figure 2>와 같다. 자두 푸레의 총 폴리페놀 함량은 FS0 (249.75±1.29 mg GAE/100 g)이 FS1 (176.75±4.60 mg GAE/100 g)보다 유의적으로 높았으며 CS0 (232.36±2.73 mg GAE/100 g)도 CS1 (195.51±0.96 mg GAE/100 g)보다 유의적으로 높았다. 자두 푸레의 총 플라보노이드 함량은 FS0 (100.22±1.97 mg CE/100 g)>CS0 (94.36±1.96 mg CE/100 g)>CS1 (77.04±2.16 mg CE/100 g)>FS1 (66.18±1.96 mg CE/100 g) 순으로 높았다. 즉, 냉동 보관한 자두 과피와 과육으로 만든 푸레가 다른 실험군과 비교하여 항산화 성분 함량이 가장 높게 나타났다. 선행연구들은 국내산 자두 총 폴리페놀 함량을 과육에서 224-252 mg/100 g, 과피에서 604-892 mg/100 g으로, 서양자두의 총 폴리페놀 함량을 199-332 mg GAE/100 g, 총 플라보노이드 함량을 118-215 mg CE/100 g으로 보고하였다(Kim et al. 2003; Jung et al. 2005). 본 연구에서 제조한 자두 푸레의 항산화 성분 함량은 생자두와 비교하면 약간 차이가 있지만, 이는 자두 품종, 추출용매 및 분석 방법에 따른 차이에 의한 영향으로 판단된다. 이 외에 본 연구에서 얻어진 항산화 성분에 대한 결과는 과일의 과피가 과육보다 항산화 성분이 더 높게 함유되어 있다는 기존의 연구들과 일치하였다(Guo et al. 2003; Lee et al. 2012).

산화적 스트레스는 라디칼에 의해 형성되며 이러한 라디칼을 제거하는 활성을 갖는 식품은 항산화 효능을 갖고 있다고 한다(Sung & Lee 2010). 항산화 활성을 측정하기 위한 자두 푸레의 ABTS 및 DPPH 라디칼 소거능에 대한 결과는 <Figure 3>과 같다. 냉동 보관한 자두로 만든 푸레가 냉장 보관한 자두로 만든 푸레보다 ABTS 라디칼 소거능이 높았다. DPPH 라디칼 소거능은 냉동 및 냉장 보관방법 차이에 의한 항산화 활성에 유의적인 차이가 없었지만 과피 첨가 유무에 의한 항산화 활성의 차이를 보였다. 두 가지 라디칼 소거능을 종합하여 분석하면 모든 실험군 중 FS0군의 항산화 활성이 가장 높았는데, 이는 앞선 항산화 성분측정 결과와 비슷한 경향이라고 볼 수 있다. 일반적으로 총 폴리페놀 함량이 증가할수록 생리활성이 증가한다고 알려져 있다(Jin et al. 2016).

과일을 저온저장 시 온도 및 기간에 따라 과일의 항산화 성분 함량 및 항산화 활성에 영향을 끼칠 수 있다. Reque et al. (2014)은 블루베리를 -20°C에서 6개월 동안 보관하며 안토시아닌과 항산화 활성을 측정하였을 때 3개월까지는 항산화 활성이 증가하지만 그 이후로는 감소한다고 보고하였다. 냉동 보관 시 항산화 활성이 증가하는 이유에 대해서는 아직 뚜렷한 이유를 밝힐 수 없지만 과일의 조직이 붕괴되며 세포가 분열되어 항산화 성분을 더 잘 유리시켜 항산화 활성이 증가되는 것으로 사료된다(Phothiset & Charoenrein 2014). 따라서 본 연구는 자두 푸레를 제조할 때 냉장 보관한 자두와 냉동 보관한 자두의 항산화 활성이 유의적으로 차이가 나타났으므로 수확한 자두를 냉동 보관하여 가공에 이용하는 것이 자두 가공품의 생리활성에 이점이 있을 것



<Figure 2> Total polyphenol (A) and flavonoid (B) contents of plum puree. The data are expressed as a mean±standard deviation (n=3). ^{a-d}Different letters indicate significant statistical differences (Tukey's HSD, p≤0.05). FS0; plum flesh containing peel with frozen storage, FS1; plum flesh with frozen storage, CS0; plum flesh containing peel with cold storage, CS1; plum flesh with cold storage.



<Figure 3> The ABTS radical scavenging (A) and DPPH radical scavenging (B) activities of plum puree. The data are expressed as a mean±standard deviation (n=3). ^{a-c}Different letters indicate significant statistical differences (Tukey's HSD, p≤0.05). FS0; plum flesh containing peel with frozen storage, FS1; plum flesh with frozen storage, CS0; plum flesh containing peel with cold storage, CS1; plum flesh with cold storage.

로 기대된다. 더불어 향후 산업적으로 자두를 활용할 경우 자두의 모든 가식부(과육 및 과피)를 이용하는 것이 생리활성효과를 증대시킬 수 있을 뿐만 아니라 원재료로부터 높은 수준의 가공 수율을 달성하는데 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

IV. 요약 및 결론

본 연구는 국내산 저온 저장된 자두를 자두 가공품으로 활용하고자 자두 퓨레를 제조하여 이화학적·관능적 특성 및 항산화 활성에 대한 품질특성을 측정하였다. 저온보관 방법의 차이 및 자두의 과피 유무에 따른 총 네 종류의 퓨레를 제조하였다. 즉, 냉동 보관한 자두의 과피와 과육으로 만든 퓨레(FS0), 냉동 보관한 자두의 과피를 제거하여 과육으로 만든 퓨레(FS1), 냉장 보관한 자두의 과피와 과육으로 만든 퓨레(CS0), 냉장 보관한 자두의 과피를 제거하여 과육으로 만든 퓨레(CS1)를 실험군으로 제조하였다. 과피를 첨가한 자두 퓨레는 과피의 붉은색이 혼합되어 적색도가 높

았고 과육만으로 제조한 퓨레는 황색도가 높게 나타났으나 모든 실험군 간에 당산비, pH, 당 함량 비율에 대한 큰 차이는 없었다. 냉동 보관한 자두의 과피와 과육으로 만든 퓨레 만든 퓨레가 다른 실험군과 비교하여 항산화 성분 및 항산화 활성이 가장 높았다. 전반적으로 과피를 첨가하여 제조한 자두 퓨레가 과육으로만 제조한 퓨레 보다 항산화 활성이 높게 나타났다. 냉동 및 냉장 보관 방법과 자두의 과피 유무에 따른 자두퓨레의 맛, 향미, 조직감, 종합적 기호도를 포함한 관능적 품질특성에 대한 유의적인 차이는 보이지 않았다. 따라서 자두 퓨레 제조 시 저온 저장된 자두는 냉동 및 냉장 보관방법과 상관없이 활용할 수 있으며 자두의 과피와 과육을 함께 사용한다면 항산화 활성이 증대된 자두 퓨레의 개발이 가능할 것이다. 자두 가공품 제조 시 자두의 과피와 과육을 함께 사용한다면 가공공정의 간소화 및 높은 수준의 가공수율을 달성하는 효과도 기대할 수 있다. 본 연구에서 제조한 자두 퓨레는 우수한 항산화 활성을 가지며 맛, 향 및 식감 등 우수한 관능미를 가지고 있어 다양한 가공 식품을 제조에 유용하게 활용할 수 있을 것이며 자

두를 이용한 고부가가치 제품의 생산이 가능하여 농가소득 증대에 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

저자 정보

박명빈(안동대학교 식품생명공학과, 4학년 학생, 0000-0002-1329-2239)

박사무엘(안동대학교 식품생명공학과, 3학년 학생, 0000-0002-6571-5280)

여채은(안동대학교 식품생명공학과, 3학년 학생, 0000-0003-3709-3020)

김건오(안동대학교 식품생명공학과, 4학년 학생, 0000-0003-0838-3467)

전익조(안동대학교 원예·생약융합학부, 교수, 0000-0003-1773-4572)

조영은(안동대학교 식품영양학과, 교수, 0000-0001-9864-0265)

성지혜(안동대학교 식품생명공학과, 교수, 0000-0002-1329-2239)

감사의 글

이 논문은 안동대학교 기본연구지원사업에 의하여 연구되었습니다.

Conflict of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

References

Bouayed J. 2010. Polyphenols: a potential new strategy for the prevention and treatment of anxiety and depression. *Curr. Nutr. Food Sci.*, 6:13-18

Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Sci. Technol.*, 28:25-30

Choi Y, Gu J, Kim M, Lee J. 2008. Antioxidant and antiproliferative activities of methanolic extracts from thirty Korean medicinal plants. *Food Sci. Biotechnol.*, 17:1235-1239

Cook NC, Samman, S. 1996. Flavonoids-chemistry, metabolism, cardioprotective effects, and dietary sources. *J. Nutr. Biochem.*, 7:66-76

Crisosto CH, Mitchell FG, Ju ZG. 1999. Susceptibility to chilling injury of peach, nectarine, and plum cultivars grown in California. *Hort. Science*, 34:1116-1118

Filip M, Vlassa M, Coman V, Halmagyi A. 2016. Simultaneous determination of glucose, fructose, sucrose and sorbitol in

the leaf and fruit peel of different apple cultivars by the HPLC-RI optimized method. *Food Chem.*, 199:653-659.

Folin O, Denis W. 1912. On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as colour reagents. *J. Biol. Chem.*, 12:239-249

Franklin M, Bu SY, Lerner MR, Lancaster EA, Bellmer D, Marlow D, Lightfoot SA, Arjmandi BH, Brackett DJ, Lucas EA, Smith BJ. 2006. Dried plum prevents bone loss in a male osteoporosis model via IGF-I and the RANK pathway. *Bone*, 39:1331-1342

Guo C, Yang J, Wei J, Li Y, Xu J, Jiang Y. 2003. Antioxidant activities of peel, pulp and seed fractions of common fruits as determined by FRAP assay. *Nutr. Res.*, 23:1719-1726

Harker FR, Marsh KB, Young H, Murray SH, Gunson FA, Walker SB. 2002. Sensory interpretation of instrumental measurements 2: sweet and acid taste of apple fruit. *Postharvest Biol. Technol.*, 24:241-250

Jeong JS, Park SJ, Son BG. 2017. Quality characteristics of jelly using fresh puree of Sansuyu (*Cori Fructus*). *J. Korea Soc. Food Sci. Nutr.*, 46:83-91

Jin CW, Lee WJ, Choi HS, Kang WS, Lim HT. 2016. Selection of the excellent potato clones based on total polyphenol, anthocyanin and vitamin C contents. *Korean J. Hortic. Sci. Technol.*, 34:488-494

Jung GT, Ju IO, Choi DG, Jeong JS, Ryu J, Ko BR, Choi JS, Choi YG. 2005. Chemical characteristics and physiological activities of plum (Oishiwase and Formosa). *Korean J. Food Sci. Technol.*, 37:816-821

Kim DO, Jeong SW, Lee CY. 2003. Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums. *Food Chem.*, 81:321-326

Kim MY, Choi SW, Chung SK. 2000. Antioxidative flavonoids from the garlic (*Allium sativum* L.) shoot. *Food Sci. Biotechnol.*, 9:199-203

Kim SN, Kim MR, Cho SM, Kim SY, Kim JB, Cho YS. 2012. Antioxidant activities and determination of phenolic compounds isolated from oriental plums (Soldam, Oishiwase and Formosa). *Nutr. Res. Pract.*, 6:277-285

Kim SN, Kim SY, Kim JB, Park HJ, Cho YS. 2013. Effect of extracts from oriental plum (formosa, oishiwase, soldam) on LPS-stimulated RAW 264.7 cells. *J. East Asian Soc. Dietary Life.*, 23:197-202

Lee EJ, Choi S, Cho MA, Hong YP, Choi JW, Chung DS. 2013. Quality maintenance and suppression of chilling injury of 'Akihime' plum fruits stored under controlled atmosphere. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.*, 31:732-739

Lee IS, Kim HJ, Yu MH, Im HG, Park DC. 2003. Antimicrobial activities of "Formosa" plum at different growth stages against pathogenic bacteria. *Korean J. Food Preserv.*, 10:569-573

Lee MY, Yoo MS, Whang YJ, Jin JY, Hong MH, Pyo YH. 2012. Vitamin C, total polyphenol, flavonoid contents and antioxidant capacity of several fruit peels. *Korean J. Food*

- Sci. Technol., 44:540-544
- Lucas EL, Hammond V, Mocanu A, Arquitt A, Trolinger D, Khalil DA, Smith BJ, Soung DY, Daggy BP, Arjmandi BH. 2004. Daily consumption of dried plum by postmenopausal women does not cause undesirable changes in bowel function. *J. Appl. Res.*, 4:37-43
- Mohammadi-Moghaddam T, Firoozzare A, Parak Z, MohammadNia M. 2020. Physicochemical properties, sensory attributes, and antioxidant activity of black plum peel sharbat as affected by pectin and puree concentrations. *Int. J. Food Prop.*, 23:665-676
- Park ID. 2008. Effect of *Cucubita maxima* Duchesne Puree on quality characteristics of pound and sponge cakes. *Korean J. Food Culture*, 23:748-754
- Phothiset S, Charoenrein S. 2014. Effects of freezing and thawing on texture, microstructure and cell wall composition changes in papaya tissues. *J. Sci. Food Agric.*, 94:189-196
- 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 Radical Biol. Med.*, 26:1231-1237
- Ren C, Kim JM, Shin M. 2014. Quality characteristics of white pan breads made from domestic wheat flour added with Daebong persimmon puree. *Korean J. Food Cook Sci.*, 30:695-703
- Reque PM, Steffens RS, Jablonski A, Flôres SH. 2014. Cold storage of blueberry (*Vaccinium* spp.) fruits and juice: Anthocyanin stability and antioxidant activity. *J. Food Compos. Anal.*, 33:111-116
- Sung J, Lee J. 2010. Antioxidant and antiproliferative activities of grape seeds from different cultivars. *Food Sci. Biotechnol.*, 19:321-326
- 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.*, 45:134-137
- Utsunomiya H, Takekoshi S, Gato N, Utatsu H, Motley ED, Eguchi K, Fitzgerald TG, Mifune M, Frank GD, Eguchi S. 2002. Fruit-juice concentrate of Asian plum inhibits growth signals of vascular smooth muscle cells induced by angiotensin II. *Life Sci.*, 72:659-667
- Yan D, Shi J, Ren X, Tao Y, Ma F, Li R, Liu X, Liu C. 2020. Insights into the aroma profiles and characteristic aroma of 'Honeycrisp' apple (*Malus × domestica*). *Food Chem.*, 327:127074
- 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 Scie. Nutr.*, 43:379-384

Received January 18, 2021; revised January 22, 2021; accepted January 25, 2021