

살구청과 자두청의 제조조건에 따른 시안배당체 함량과 품질 특성

배시연¹ · 장채민² · 박수원¹ · 이현준³ · 이지현³ · 이광원⁴ · 김현석^{1,2*}

¹경기대학교 일반대학원 식품생물공학과, ²경기대학교 바이오융합학부 식품생물공학전공,
³중앙대학교 식품공학과, ⁴고려대학교 일반대학원 생명공학과

Cyanogenic Glycoside Content and Quality Characteristic of Apricot (*Prunus armeniaca*) and Plum (*Prunus salicina*) Chungs According to Their Preparation Conditions

Si-Yeon Bae¹, Chae Min Jang², Su-Won Park¹, Hyunjun Lee³,
Jihyun Lee³, Kwang-Won Lee⁴, and Hyun-Seok Kim^{1,2*}

¹Department of Food Science and Biotechnology, Graduate School, Kyonggi University

²Major of Food Science and Biotechnology, Division of Bio-convergence, Kyonggi University

³Department of Food Science and Technology, Chung-Ang University

⁴Department of Biotechnology, College of Life Science and Biotechnology, Korea University

Abstract

The objective of this study was to investigate changes in the cyanogenic glycoside (CN-Glc) content of apricot and plum chungs over the sugaring-ripening period and to evaluate their quality characteristics. The whole and flesh parts of the apricot and plum were mixed with sugar to a mixing ratio of 1:1 (w/w) to prepare their chungs, after which the fruit-sugar mixtures were stored for 13 months. The CN-Glc content dramatically increased within 3-4 months, reached the maximum, and gradually decreased over storage by 13 months. The apricot and plum chungs with seeds exhibited much higher CN-Glc contents than those without seeds. All chungs stored for 10 months were filtrated and treated for 30 min at 85°C to measure their quality characteristics. Similar soluble solid contents (53.4-53.6°Bx) were found in all chungs. The apricot and plum chungs without seeds exhibited the higher concentrations of total carbohydrate, organic acid, and total polyphenolic compounds than those with seeds. In addition, the color of the apricot and plum chungs without seeds was darker and deeper yellow than those with seeds. Overall, the apricot and plum flesh may be better for producing the stone fruit chungs with minimal CN-Glc content and better nutrition.

Keywords: apricot, plum, fruit chung, cyanogenic glycoside, quality characteristic

서 론

살구(*Apricot, Prunus armeniaca*)는 장미과에 속하는 목본류로 중국이 원산지이며(Yoo et al., 2007), 우리나라를 비롯하여 중국, 일본, 유럽 등지에서 널리 재배되고 있다(Nam & Lee, 1987). 살구는 다른 과실들보다 내한성이 강하고, 독특한 향기와 시고 단 맛으로 식욕을 돋우는 과일 중 하나이다(Kwon et al., 1990; Shin & Park, 2007). 또한 살구는 포도당, 과당, 자당 등의 당질이 풍부하며, 약 1.5-3.5%의 다양한 유기산(citric acid, malic acid, stannic acid

등)을 함유하고 있고(Shin & Park, 2006), 다른 과일에 비해 비타민 A 함량이 약 20-30배 높으며, 칼륨 역시 풍부하여 피로회복과 야맹증에 효능이 있다(Shin & Park, 2006; Lee et al., 2007; Shin & Park, 2007). 국외에서 살구는 통조림, 잼, 건과 등으로 가공하여 주로 소비되는 반면, 국내에서는 생산된 살구 대부분을 생과 형태로 섭취하고 있다(Kwon et al., 1990).

자두는 장미과 벚나무속 자두아속에 속하는 과실로 우리나라는 신라 시대부터 재배됐으며, 원산지에 따라 동북아시아의 동양계 자두(*Prunus salicina*), 유럽계 자두(*Prunus domestica*) 및 북미 원산의 미국 자두(*Prunus americana*)로 분류된다(Kim et al., 2004; Cho et al., 2011). 국내에서 재배하는 자두는 대부분 동양계 자두로, 유럽계 자두와 달리 당도가 높고 다량의 유효성분이 함유되어 있으며 재배가 쉬우며 생식과 가공에 적합하다(Seo et al., 2001; Yoon et al., 2011). 자두는 chlorogenic acid 같은 페놀산류와 quercetin

*Corresponding author: Hyun-Seok Kim, Major of Food Science and Biotechnology, Division of Bio-convergence, College of Convergence and Integrated Science, Kyonggi University, Suwon 16227, Korea
Tel: +82-31-249-1319; Fax: +82-31-249-9604
E-mail: khstone@kyonggi.ac.kr

Received October 17, 2023; revised October 23, 2023; accepted October 23, 2023

같은 플라보노이드류를 풍부히 함유하고 있을 뿐만 아니라 식이섬유, 유기산, 유리아미노산, 카로티노이드, 칼슘, 인, 철 등도 다량 함유하고 있다(Fang et al., 2002; Kim et al., 2003). 이와 같은 자두의 영양학적 특성 때문에, 자두는 혈중 콜레스테롤 감소(Tinker et al., 1991), 돌연변이 억제, 소화기능 촉진, 스트레스 해소 및 피로회복(Lee & Lee, 1993; Chung, 1999; Sung et al., 2002), 골다공증 예방, 여성호르몬 형성, 주름살 예방, 피부보호, 빈혈 예방, 식욕증진(Sung et al., 2002), 멜라닌 생성과 tyrosinase 활성 저해 작용으로 인한 피부 미백 기능(Park et al., 2013)과 같은 다양한 생리기능적 효능을 보유하는 것으로 알려져 있다. 그러나 살구와 마찬가지로 자두는 국외에서 생식하기보다 주스, 잼, 건과 등의 가공품 형태로 섭취하거나 다양한 식품의 원료로 활용되고 있는 반면, 국내에서는 주로 생식하며 일부 잼으로 가공되고 있다(Kim, 1973; Chung, 1998; Sung et al., 2002).

살구와 자두는 전술한 것처럼 주로 생과로 소비되며, 낮은 저장성으로 제철에만 이용할 수 있어 식품산업적 가치가 낮은 상황으로, 살구와 자두의 활용도 및 소비 증진을 위한 다양한 제품화 기술의 개발이 필요한 실정이다(Abdi et al., 1997; Chun et al., 2010; Cho et al., 2011). 최근 건강 중심의 식품 소비 추세에 따라 원재료의 영양소를 풍부하게 함유한 과일청에 관한 관심이 증가하며 판매용 과일청을 소비하거나, 직접 가정에서 과일청을 제조하여 섭취하고 있다(FIS, 2019). 2015년 한국농수산식품유통공사의 조사결과, 조사 대상자 중 75.5%가 과일청 액상차를 직접 만들어 먹거나 구매하여 소비하고 있는 것으로 발표했다(FIS, 2019). 국내에서 가장 보편적인 과일청은 매실(*Prunus mume*)을 당침 및 숙성하여 제조하는 매실청으로 액상차 및 각종 소스와 양념의 원료로 사용되고 있어 매실의 소비를 견인하고 있다(Kim et al., 2018). 따라서 매실처럼 살구와 자두 역시 당침에 의한 과일청 제품의 원료로 활용과 관련 제품의 개발은 이들의 식품산업적 가치 및 소비 증진의 한 방편일 수 있다. 그러나 살구청과 자두청의 제조 및 상용화를 위해서는 이들의 시안배당체 이슈에 대한 검증이 필요하다. 매실과 같은 장미과에 속하는 살구와 자두는 씨에 아미그달린(amygdalin)과 프루나신(prunasin)과 같은 시안배당체를 함유하고 있고, 이들 과일청은 당침에 의해 제조되기 때문에 필연적으로 시안배당체를 함유할 수 있다(Go et al., 2018; Kim et al., 2018; Choi & Kim, 2020). 시안배당체 자체는 독성이 없거나 미미하지만, 효소, 미생물, 산, 열, 자외선에 의해 시안배당체가 분해되며 발생하는 시안화수소산(HCN)은 강한 독성을 나타내기 때문에(Go et al., 2018), 자두청과 살구청의 시안배당체 함량에 대한 관리가 필요한 실정이다. 그럼에도 현재까지 자두청과 살구청의 시안배당체 함량에 대한 실태조사나 제조법에 따른 시안배당체 함량 변화에 관한 연구는 좀처럼 찾아

볼 수 없는 실정이다.

그러므로 본 연구는 살구와 자두를 이용한 과일청의 제조 시, 제조 방법에 따른 과일청의 시안배당체 함량 변화의 추적 조사하였고, 최종 제품의 품질특성 평가를 통해 시안배당체 함량이 최소화된 살구청과 자두청의 제조 방법을 제시하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

살구는 경상북도 영천시 임고면에 있는 살구농장(Yeongcheon, Korea)에서 2022년 5월 16일에 수확된 것을, 자두는 경상북도 의성군 봉양면에 있는 자두농장(Uiseong, Korea)에서 2022년 7월 13일에 수확된 것을 구매하여 사용하였다. 정백당은 백설(CJ Cheiljedang Co., Suwon, Korea)의 것을 시중에서 구매하였다. 아미그달린(amygdalin)과 프루나신(prunasin)은 Sigma-Aldrich Co. (St. Louis, MO, USA)에서 구매하였다. 살구청과 자두청의 시안배당체와 품질특성 분석에 사용된 시약과 용매들은 모두 HPLC급 이상의 것을 사용하였다.

살구청과 자두청의 제조

핵과류 과일(살구와 자두)은 꼭지를 따고 씻어 표면수분을 제거한 후 일부는 씨를 제거하였다. 열수 및 70% 에탄올을 이용하여 씻어 건조한 담금통에 준비된 핵과류 과일 전체와 과육은 각각 정백당과 교대로 쪄켜어 쌓고 가장 위 층에는 정백당으로 덮은 후 밀봉하여 암실(15-18°C)에서 당침과 숙성을 진행하였다. 핵과류 과일(전체 및 과육)과 정백당의 최종 혼합비율은 5:5 (w/w)였다. 과일청 담금 과정은 살구와 자두를 수확한 후 1일 내 완료하였다. 담금통은 매일 뒤흔들어 침전된 정백당을 다시 분산시켰고, 모든 정백당이 용해되었을 때를 0개월 차로 하였으며, 이때부터 10개월 동안 1개월 간격으로 과일청을 채취하여 -45°C에서 보관하며 시안배당체를 정량하였다. 10개월 차 당침숙성이 완료되었을 때, 상업적 과일청 제조 공정과 같게 과일청에서 과실과 과육을 분리하여 여과하여 과실 펄프를 제거한 여액을 85°C에서 30분간 열처리하였다. 판매용 과일청은 당침기간을 3-4개월, 숙성기간 3-6개월이 되었을 때, 과일청에서 과실 등을 분리하고 여과한 후 열처리하여 제조한다. 제조된 살구청(살구 전체 이용)과 살구과육청(살구 과육만 이용) 및 자두청(자두 전체 이용)과 자두과육청(자두 과육만 이용)은 시료 병에 넣어 밀봉하고 냉동 저장(-25°C)하며 품질특성 분석에 사용하였다.

시안배당체 정량

미리 결정된 숙성기간별 채취한 과일청 1g은 탈이온수를 이용하여 3배 희석하여, methanol 2 mL와 탈이온수 2

Table 1. LC-MS/MS analysis conditions for quantifying cyanogenic glycosides from maesil chungs

Descriptions	Conditions
Instrument	Agilent Technologies 1290/6470TQ
Column type	Eclipse Plus RRHD C18 (2.1 mm × 50 mm, 1.8 μm)
Column temperature	35°C
Flow rate	0.3 mL/min
Mobile phase	A: 0.1% formic acid in water B: Acetonitrile (gradient method)
Injection volume	10.0 μL
Ionization mode	Electrospray ionization (ESI) positive mode
Nebulizer pressure	35 psi
Drying gas temperature (flow)	325°C (5 L/min)
Sheath gas temperature (flow)	350°C (11 L/min)
Capillary voltage	3.5 kV

mL로 활성화된 Sep-Pak C18 SPE cartridge (200 mg/3 cc, Waters, Milford, MA, USA)에 1 mL를 주입한 후 탈이온수(3 mL)를 이용하여 세척하고 methanol (1 mL)로 용출시켜 시안배당체를 회수하였다(Park et al., 2020; Zhong et al., 2020). 회수된 여액은 0.2 μm nylon syringe filter를 통과시킨 후 LC-MS/MS (Agilent Technologies 1290/6470TQ, Santa Clara, CA, USA)를 이용하여 시안배당체를 분리하였다. 시안배당체 분석을 위한 LC-MS/MS 기기 운전조건은 Table 1에 제시하였다. MRM (multiple reaction monitoring) mode로 시안배당체(아미그달린 및 프루나신)별 MRM transition의 정량/정성 이온을 확인하였다. 아미그달린 모분자이온($m/z = 480.1$)에 대한 딸이온은 $m/z = 347.2, 373.9, 259.1$ 로 설정하였으며, 프루나신 모분자이온($m/z = 318.1$)에 대한 딸이온은 $m/z = 184.9, 128.9, 121.0$ 으로 설정하였다. 이들 이온 중 $m/z = 347.2$ (CE:30)를 아미그달린의 정량이온으로 설정하였고, $m/z = 373.9$ (CE:30)와 $m/z = 259.1$ (CE:34)를 아미그달린의 정성이온으로 설정하였다. 프루나신은 $m/z = 184.9$ (CE:16)를 정량이온으로 설정하였고, $m/z = 128.9$ (CE:16)와 $m/z = 121.0$ (CE:14)를 프루나신의 정성이온으로 설정하였다. LC-MS/MS 크로마토그램으로부터 얻은 시안배당체 정량이온 피크의 면적을 시안배당체 표준품을 이용하여 작성된 검정곡선을 이용하여 시안배당체 함량을 결정하였다.

가용성 고형물

과일청의 가용성 고형물은 굴절당도계(SBR-0080, Labntools, Seoul, Korea)를 사용하여 3회 반복하여 측정하였다.

총당

과일청의 총당 함량은 황산-페놀법을 이용하여 분석하였다. 회석한 과일청 1 mL에 5% phenol 수용액 1 mL와 진한 황산 5 mL를 순차적으로 가하여 혼합한 후 20분 동안 상온에 반응시키고 냉수욕조에서 20분간 냉각시켜 490 nm

에서 흡광도를 측정하였다. 총당 함량은 포도당을 표준물질로 하여 작성된 표준곡선을 이용하여 결정하였다.

유기산

과일청은 syringe filter (nylon, 0.45 μm, Hyundai Micro, Seoul, Korea)를 통과시킨 후 Eclipse XDB-C18 column (4.6 mm × 250 mm, 5 μm)이 장착된 HPLC (Shimadzu DGU-20A5R)에 5 μL를 주입하여 215 nm에서 말산(malic acid)과 시트르산(citric acid)을 분리하였다. 이동상은 20 mM H_3PO_4 이었으며 유속은 1 mL/min으로 유지하였다.

총 폴리페놀성 화합물

과일청 100 μL를 탈이온수 1000 μL와 혼합하고 Folin-Ciocalteu's phenol (Sigma-Aldrich Co.) reagent 100 μL를 가하여 혼합하여 암실에서 6분간 방치한 후 UV/Vis spectrophotometer (Optizen POP, Mecasys, Daejeon, Korea)를 사용하여 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 폴리페놀성 화합물(total polyphenolic compound) 함량은 gallic acid (Sigma-Aldrich Co.)를 표준물질로 하여 작성된 표준곡선으로부터 결정되었다.

색 특성

과일청의 색 특성은 과일청을 분체용 petri dish (Ø35 mm × 20 mm)에 10 mm 깊이가 되도록 담고 색차계(JC-801, Color Techno Corporation, Osaka, Japan)를 이용하여 Hunter의 색 체계에 따라 색 특성을 분석하였다. 이때 사용된 표준 백판의 L^*, a^*, b^* 값은 각각 98.72, 0.05, 0.57이었다.

통계 처리

과일청은 조건별로 총 중량 20 kg 기준으로 3개씩 제조하였고, 시안배당체 함량과 품질특성은 적어도 3회 이상 반복하여 분석하였다. 분석된 특성치들은 SPSS (Statistics Package for Social Sciences, version 23.0, IBM-SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 one-way ANOVA 분석을

수행하였고, 평균±표준편차로 나타내었다. 각 처리군의 평균값 사이의 통계적 유의성은 95% 신뢰수준에서 Tukey's HSD test를 이용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

당침 중 시안배당체 함량 변화

살구청과 살구과육청의 당침숙성 기간에 따른 아미그달린, 프루나신 및 총 시안배당체(아미그달린과 프루나신 함량의 총합) 함량 변화를 Fig. 1에 제시하였다. 살구청의 경우(Fig. 1A), 아미그달린은 당침숙성 1개월 차에 급격히 증가한 후 3개월 차까지 감소하다 4개월 차에 다시 소폭 증가하였으나 이후에는 당침숙성 완료 시까지 지속해서 감소하는 양상을 나타내었다. 프루나신은 3개월 차까지 증가하며 최대치에 도달한 후 당침숙성이 완료될 때까지 지속해서 감소하였다. 아미그달린과 프루나신 함량을 모두 고려한 총 시안배당체 함량은 당침숙성 1개월 차에 급격히 증가한 후 4개월 차까지 점진적으로 증가한 후 당침숙성이 완료될 때까지 지속해서 감소하였다. 살구과육청의 경우(Fig. 1B), 아미그달린은 당침 0개월 차에 가장 높은 함량을 보인 후 당침숙성 완료 시까지 지속해서 감소하였으나, 프루나신은 당침 4개월 차까지 증가한 후 지속해서 감소하는 양상을 보였다. 그렇지만 총 시안배당체 함량은 당침숙성 3개월까지 증가한 후 당침숙성 완료 시까지 지속해서 감소하는 양상을 보였다. 이처럼 살구청과 살구과육청에서 관찰된 총 시안배당체 함량 변화는 매실청의 아미그달린 함량 변화와 유사하였다(Choi & Kim, 2020). 매실 품종에 따라 상이하지만, 매실의 당침 3-4개월 내 아미그달린 함량이 최대치에 도달하는데, 이는 당침 시 발생하는 삼투압에 의한 매실 외부로 수분 및 가용성 성분 등의 물질이동이 평형에 도달하였다는 것을 암시한다(Choi & Kim,

2020). 본 연구에서 매실과 달리 생식이 가능한 살구는 당침기간과 숙성기간을 구분하지 않았지만, 매실청의 경우 당침이 완료 시 아미그달린 함량이 최고치에 도달하는 것에 기초할 때(Son et al., 2017), 살구청과 살구과육청의 시안배당체 함량이 최고치에 도달하는 각각 4개월과 3개월이 당침기간으로 적합한 것 같다. 한편 살구청의 시안배당체 함량은 당침숙성 기간에 걸쳐 살구과육청보다 월등히 높은 수준을 나타내었다(Fig. 1). 이는 살구의 시안배당체가 씨에 주로 분포하며 과육에 존재하는 시안배당체는 씨로부터 그 일부가 이행되어 있기 때문이다. 장미과에 속하는 핵과류 과실(매실, 자두, 살구, 복숭아 등)의 시안배당체(아미그달린과 프루나신)는 본질적으로 씨에 더욱 높은 함량으로 존재하는 것으로 알려져 있다(Kim et al., 2018; Choi & Kim, 2020).

자두청과 자두과육청의 당침숙성 기간에 따른 시안배당체 함량 변화를 Fig. 2에 나타내었다. 자두청과 자두과육청의 아미그달린은 당침숙성 3개월 차까지 증가한 후 당침숙성 완료 시까지 지속해서 감소하였다. 프루나신의 경우, 당침숙성 4개월 차까지 검출되지 않았으나 5개월 차에 검출된 후 당침숙성 완료 시까지 점진적으로 감소하였다. 게다가 이들의 당침숙성 기간에 따른 총 시안배당체 함량은 아미그달린 함량의 변화와 같은 양상을 나타내었다. 이와 같은 결과는 본 연구의 살구청과 살구과육청에서(Fig. 1) 뿐만 아니라 매실청(Choi & Kim, 2020)에서 관찰된 시안배당체 함량 변화와 같았다. 한편 살구청 및 살구과육청의 총 시안배당체 함량은 자두청 및 자두과육청보다 각각 약 1,850배 및 380배 높은 수준(총 시안배당체 최대치 기준)이었다(Fig. 1 & 2). 이와 같은 결과는 자두의 씨와 과육의 시안배당체 함량이 살구의 것들에 비해 낮은 수준이기 때문으로 생각된다(Zhao, 2012). 게다가 살구와 자두의 수확시기도 이들의 과일청 시안배당체 함량에 영향을 미치는

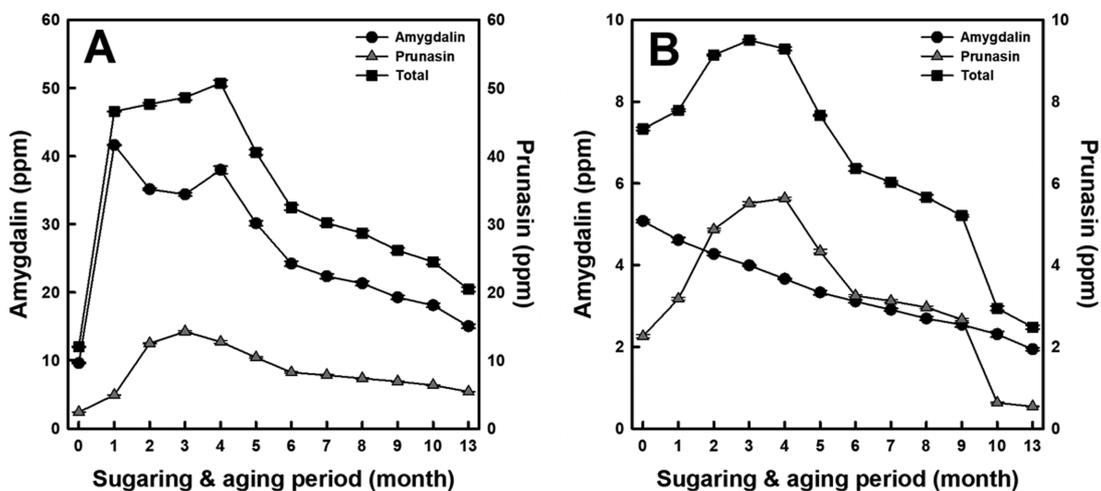


Fig. 1. Changes in the cyanogenic glycoside content of whole apricot (A) and apricot flesh (B) chungs during storage.

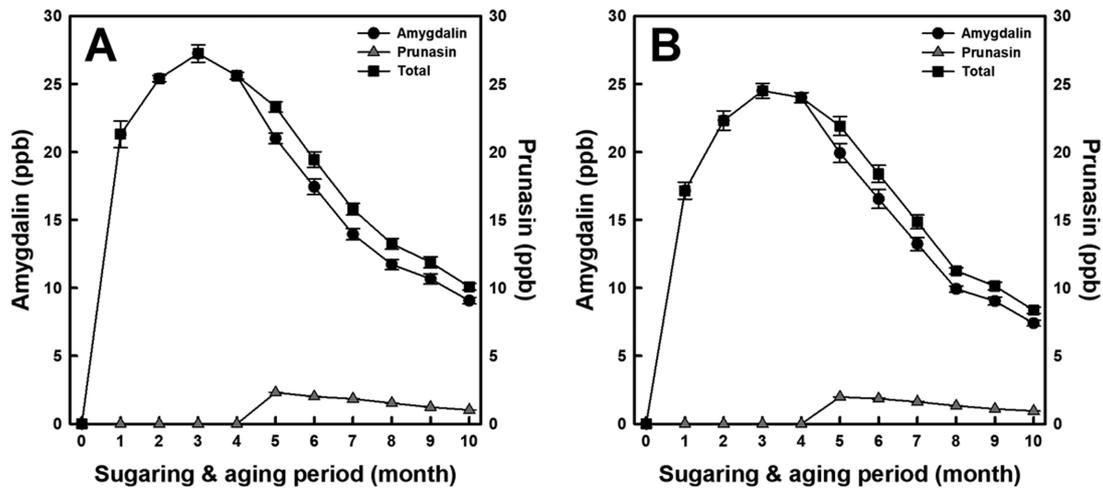


Fig. 2. Changes in the cyanogenic glycoside content of whole plum (A) and plum flesh (B) chungs during storage.

것으로 생각된다. 살구는 수확 적기에 수확하였지만 자두는 2022년 가뭄으로 과실이 비대해지기를 기다려 수확 적기보다 3주 더 자두나무에서 성숙시킨 후 수확하였다. Lee et al. (2017)은 복숭아의 경우 충분히 성숙되었을 때 씨와 과육의 아미그달린 함량이 가장 낮은 수준이었다고 하였다. Zhao (2012)는 살구와 자두의 아미그달린은 수확 적기에 최고치에 도달하고 이후 감소한다고 보고하였다. 따라서 자두가 살구보다 적은 수준의 아미그달린을 함유하고 있었을 뿐만 아니라 자두의 늦은 수확시기로 인해 자두의 아미그달린 함량이 급격히 적어져 자두청에서 총 시안배당체 함량이 극히 낮게 검출된 것으로 생각된다(Zhao, 2012; Lee et al., 2017).

과일청 완성품의 시안배당체 함량

과일청 완성품의 시안배당체 함량을 Table 2에 제시하였다. 살구청의 아미그달린과 프루나신은 각각 18.3 ppm과 6.4 ppm으로 총 시안배당체 함량은 24.7 ppm이었다. 살구과육청의 아미그달린과 프루나신은 각각 2.4 ppm과 0.7

ppm으로 총 시안배당체 함량은 3.0 ppm이었다. 살구청보다 살구과육청이 유의적으로 낮은 시안배당체 함량을 나타내었다. 또한 살구청과 살구과육청 완성품을 제조하기 위한 여과 및 열처리에 따른 시안배당체 함량의 유의적인 변화는 관찰되지 않았다. 한편 자두청과 자두과육청의 시안배당체는 Fig. 2에 제시된 것과 같이 10억분의 1 단위(ppb) 수준이기 때문에 Table 2의 시안배당체 함량 단위(ppm)에서는 검출되지 않는 것으로 제시되었다. 국내 식품 규격에서 과일청에 대한 시안배당체 함량의 기준규격은 존재하지 않지만, 본 연구의 당침숙성기간과 유사하게 제조된 매실청 관련 문헌(Choi & Kim, 2020)에서 제시한 아미그달린 함량(68.5-179.4 ppm)에 비하면 본 연구의 과일청 완성품의 시안배당체 함량은 낮은 수준이었다.

과일청 완성품의 가용성 고형물과 총당

과일청 완성품의 가용성 고형물과 총당 함량을 Table 2에 제시하였다. 가용성 고형물은 살구청과 살구과육청에서 각각 53.6 °Bx와 53.4 °Bx이며, 자두청과 자두과육청은 각

Table 2. Characteristics of apricot and plum chungs, followed by filtration and heat treatment after aging for 6 months

Stone fruit	Part	Cyanogenic glycoside (ppm)			SS ¹ (°Bx)	TC ¹ (%)	Organic acid (%)			TP ¹ (ppm)
		Total	Amygdalin	Prunasin			Total	Malic acid	Citric acid	
Apricot	Flesh	3.0±0.0 ^b	2.4±0.0 ^b	0.7±0.0 ^b	53.6±0.0 ^a	48.6±1.4 ^a	1.2±0.0 ^a	0.2±0.0 ^b	1.0±0.0 ^a	58.2±1.3 ^b
	Whole	24.7±0.5 ^a	18.3±0.4 ^a	6.4±0.1 ^a	53.4±0.0 ^{ab}	37.9±0.7 ^b	0.7±0.0 ^b	0.1±0.0 ^c	0.5±0.0 ^b	49.0±0.7 ^c
Plum	Flesh	0.0±0.0 ^{c,2}	0.0±0.0 ^{c,2}	0.0±0.0 ^{c,2}	53.4±0.2 ^b	48.7±1.4 ^a	0.3±0.0 ^c	0.3±0.0 ^a	0.0±0.0 ^c	70.0±5.0 ^a
	Whole ³	0.0±0.0 ^{c,3}	0.0±0.0 ^{c,3}	0.0±0.0 ^{c,3}	53.5±0.1 ^{ab}	37.9±0.7 ^b	0.2±0.0 ^d	0.2±0.0 ^{bc}	0.0±0.0 ^c	36.9±1.9 ^d

^aMean values of three replicate measurements; values sharing the same lowercase letters are not significantly different at $p < 0.05$.

¹SS, soluble solid; TC, total carbohydrate; TP, total polyphenol

²The actual values of total cyanogenic glycoside, amygdalin, and prunasin contents of the plum flesh chung were 10.4±0.2, 9.3±0.2, and 1.1±0.0 ppb, respectively.

³The actual values of total cyanogenic glycoside, amygdalin, and prunasin contents of the whole plum chung were 12.3±0.3, 11.0±0.3, and 1.3±0.0 ppb, respectively.

각 53.4 °Bx와 53.5 °Bx이었다. 살구청과 자두청보다 살구 과육청과 자두과육청이 씨 무게만큼 정백당이 더 사용되어 살구과육청과 자두과육청의 가용성 고형분 함량이 높을 것으로 예상하였으나, 모든 과일청의 가용성 고형물은 통계적으로 유의적인 차이를 보이지 않았다. 이는 살구과육청과 자두과육청에 사용된 정백당의 양이 상대적으로 많음에도 불구하고, 살구와 자두 전체 과실이 함유한 수분량보다 살구와 자두 과육의 수분량이 상대적으로 높아 유사한 가용성 고형물이 함유된 과일청이 제조된 것으로 생각된다.

과일청의 총당 함량에 관해, 살구과육청 및 자두과육청은 각각 48.6%와 48.7%이며, 살구청 및 자두청은 37.9%와 37.9%로(Table 2), 살구과육청 및 자두과육청이 살구청 및 자두청보다 유의적으로 높은 수준이었다. 살구과육 및 자두과육의 단순당 함량은 살구와 자두의 품종에 따라 상이하지만, 평균적으로 각각 약 10% (Karatas, 2022)와 5% (Jung et al., 2005) 내외로, 당침을 위해 첨가되는 정백당의 함량에 비하면 매우 미미한 수준이다. 따라서 본 연구의 결과는 살구과육청 및 자두과육청 제조를 위해 첨가되는 정백당의 양이 살구청과 자두청에 첨가되는 것보다 상대적으로 많기 때문으로 생각된다.

과일청 완성품의 유기산 함량

과일청 완성품의 유기산 함량은 Table 2에 나타내었다. 살구와 자두의 주요 유기산은 사과산과 구연산이며, 호박산과 타르타르산이 미량 존재하는 것으로 알려져 있고 (Jung et al., 2005; Karatas, 2022), 매실청에서도 사과산과 구연산이 대부분인 것으로 보고되고 있어(Mun et al., 2019), 본 연구에서는 사과산과 구연산을 정량하고 이들의 합으로 총 유기산 함량으로 하였다. 총 유기산, 사과산 및 구연산 함량은 살구과육청과 자두과육청이 살구청과 자두청보다 유의적으로 높았으며, 이는 유기산이 씨보다 주로 과육에 분포하기 때문으로 생각된다(Jung et al., 2005; Karatas, 2022). 한편 과실의 성숙과 과일청의 숙성 중 사과산은 구연산으로 전화되어 사과산보다 구연산 함량이 더 높은 것으로 알려져 있다(Shim et al., 1989; Mun et al., 2019). 본 연구에서 살구청과 살구과육청에서는 이러한 보고와 일치하였다. 그러나 자두청과 자두과육청에서는 구연산이 검출되지 않았는데, 이는 자두의 품종에 따른 영향으로 생각된다. 또한 자두청과 자두과육청의 유기산 함량이 살구청과 살구과육청보다 상당히 낮은 수준이었는데, 이는 자두를 수확 적기보다 늦게 수확하면서 자두의 호흡작용의 기질로 유기산이 사용되었기 때문으로 생각된다(Shim et al., 1989).

과일청 완성품의 폴리페놀성 화합물

과일청 완성품의 총 폴리페놀성 화합물 함량은 Table 2에 제시하였다. 살구과육청과 살구청의 총 폴리페놀성 화

Table 3. Color characteristics of apricot and plum chungs, followed by filtration and heat treatment after aging for 6 months

Stone fruit	Part	<i>L</i> [*]	<i>a</i> [*]	<i>b</i> [*]
Apricot	Flesh	77.1±0.1 ^c	2.6±0.0 ^b	20.9±0.0 ^b
	Whole	79.5±0.1 ^b	2.9±0.1 ^a	21.7±0.0 ^a
Plum	Flesh	74.8±0.4 ^d	2.5±0.1 ^b	11.9±0.0 ^c
	Whole	88.0±0.5 ^a	1.2±0.1 ^c	11.9±0.1 ^c

*Mean values of three replicate measurements; values sharing the same lowercase letters are not significantly different at *p*<0.05.

합물 함량은 각각 58.2 ppm과 49.0 ppm이었고, 자두과육청과 자두청은 70.0 ppm과 36.9 ppm이었다. 살구과육청과 자두과육청의 총 폴리페놀성 함량은 살구청과 자두청보다 유의적으로 높은 수준을 나타내었다. 이는 살구청과 자두청에 비해 살구과육청과 자두과육청은 과육이 당침액에 직접적으로 노출되어 있어서 폴리페놀성 화합물이 삼투압에 의해 당침액으로의 용출이 쉬운 것으로 생각된다. 한편 살구과육청과 살구청의 총 폴리페놀성 화합물 함량 차이보다 자두과육청과 자두청 사이의 차이가 더욱 컸다. 이러한 결과는 살구의 표피에는 왁스질이 없지만, 자두의 표피는 왁스질로 싸여 있어서 폴리페놀성 화합물의 용출이 원활하지 않았기 때문으로 판단된다.

과일청 완성품의 색 특성

과일청 완성품의 색 특성을 조사하여 Table 3에 나타내었다. 명도는 살구과육청 및 살구청이 각각 77.1 및 79.5이며, 자두과육청 및 자두청이 각각 74.8 및 88.0이었다. 적색도는 살구과육청 및 살구청이 각각 2.6 및 2.9이며, 자두과육청 및 자두청이 각각 2.5 및 1.2이었다. 황색도는 살구과육청 및 살구청이 각각 20.9 및 21.7이며, 자두과육청 및 자두청이 각각 11.9 및 11.9이었다. 색 특성에 있어 과실 전체 청과 과육청 사이에서 큰 차이는 없었지만, 전반적으로 살구과육청이 살구청보다, 자두과육청이 자두청보다 어두우며 진한 황색 계통의 색 특성을 나타내었다. 이러한 결과는 당침액과 과실 자체 당이 과실에 미량 존재하는 단백질과 마이야르 반응에 의한 갈변이 당침숙성기간 동안 진행되었거나 용출된 폴리페놀성 화합물들의 일부 산화에 의한 갈변의 결과인 것으로 생각된다.

요 약

핵과류 과실(살구 및 자두)의 전체 및 과육 부위를 정백당과 증량 기준으로 1:1로 혼합하여 과일청을 담근 후 당침숙성 기간에 따라 과일청의 시안배당체 함량을 추적 조사하였다. 모든 과일청은 당침숙성 3-4개월 내에 시안배당체 함량이 급격히 증가하여 최고치에 도달한 후 당침숙성이 완료될 때까지 지속해서 감소하였다. 과실 전체로 담근

살구청과 자두청이 과육만으로 담긴 살구과육청과 자두과육청보다 유의적으로 높은 시안배당체 함량을 나타내었다. 특히 살구청과 살구과육청이 자두청과 자두과육청보다 월등히 높은 시안배당체 함량을 나타내었다. 한편 상업적 과일청 제조 기준에 따라 6개월 숙성이 완료된 후 과일청을 여과 및 열처리하여 과일청 완성품을 제조하고 특성을 조사하였다. 과일청의 시안배당체 함량에 대한 여과 및 열처리 공정은 시안배당체 저감에 영향을 미치지 않았다. 살구청 및 자두청의 가용성 고형물 함량은 살구과육청 및 자두과육청과 유의적인 차이를 보이지 않았다. 총당, 유기산 및 총 폴리페놀성 화합물 함량은 살구청 및 자두청이 살구과육청 및 자두과육청보다 낮은 수준을 나타내었다. 색 특성은 전체적으로 살구과육청 및 자두과육청이 살구청 및 자두청보다 어두우며 진한 황색을 나타내었다. 결과적으로 핵과류 과실 전체를 이용하기보다는 과육만을 이용하여 제조하는 것이 시안배당체 함량이 최소화된 과일청을 제조할 수 있는 것 같다.

감사의 글

본 연구는 식품의약품안전처의 연구개발비(과제번호 22192MFDS006)로 수행되었으며 이에 감사드립니다. 또한 본 연구는 2023년 경기대학교 대학원 연구원장학생 장학금 지원에 의하여 수행되었습니다.

References

- Abdi N, Holford P, McGlasson WB, Mizrahi Y. 1997. Ripening behavior and responses to propylene in four cultivars of Japanese type plums. *Postharvest Biol. Technol.* 12: 21-34.
- Cho MA, Hong YP, Choi SY, Jung DS, Lim BS, Park SJ, Lee SK. 2011. The chilling injury development and quality characteristics of 'Ooishiwase' plums (*Prunus salicina* L.) according to ripening stages and cold storage temperature. *Korean J. Food Preserv.* 18: 651-660.
- Choi HW, Kim HS. 2020. Amygdalin and quality characteristics of maesil chung by different cultivars of maesil (*Prunus mume*). *Food Eng. Prog.* 24: 285-291.
- Chun JP, Seo JS, Kim MS, Lim BS, Ahn YJ, Hwang YS. 2010. Effects of 1-MCP and storage condition on shelf-life and quality of 'Janghowon Hwangdo' peach (*Prunus persica* Batsch). *Korean J. Hort. Sci. Technol.* 28: 585-592.
- Chung DH. 1998. Plum: Physiological activities of food. Sunjinmunhwasa, Seoul, Korea. p. 122-124.
- Chung KH. 1999. Morphological characteristics and principal component analysis of plums. *Korean J. Hort. Sci. Technol.* 17: 23-28.
- Fang N, Yu S, Prior RL. 2002. LC/MS/MS characterization of phenolic constituents in dried plums. *J. Agric. Food Chem.* 50: 3579-3585.
- FIS (Food Information Statistics System). 2019. 2018 Current status of processed food segment market-Teas market. Available from: <https://www.atfis.or.kr/home/board/FB0027.do?act=read&bpoid=3093>. Accessed Oct. 17, 2023.
- Go MR, Kim HJ, Yu J, Choi SJ. 2018. Toxicity and toxicokinetics of amygdalin in maesil (*Prunus mume*) syrup: protective effect of maesil against amygdalin toxicity. *J. Agric. Food Chem.* 66: 11432-11440.
- Jung GT, Ju IO, Chio 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: 816-821.
- Karatas N. 2022. Evaluation of nutritional content in wild apricot fruits for sustainable apricot production. *Sustainability* 14: 1063.
- Kim DO, Jeong SW, Lee CY. 2003. Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various of plums. *Food Chem.* 81: 321-326.
- Kim HJ, Go MR, Yu J, Hwang JS, Choi HW, Kim HS, Choi SJ. 2018. Toxicokinetics and oral toxicity of maesil-cheongs with reduced amygdalin levels. *Korean J. Food Sci. Technol.* 50: 629-635.
- Kim HJ, Yu MH, Lee SO, Park JH, Park DC, Lee IS. 2004. Effects of plum fruits extracts at different growth stages on quinone reductase induction and growth inhibition on cancer cells. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 33: 1445-1450.
- Kim YJ. 1973. Home fruit tree. Oseung Press, Seoul, Korea. p. 207.
- Kwon YJ, Kim YH, Kwak JJ, Kim KS, Yang KK. 1990. Volatile flavor compounds of *P. armeniaca* and *P. mume*. *J. Korean Agric. Chem. Soc.* 33: 319-324.
- Lee JA, Shin YJ, Park GS. 2007. Quality characteristics of brown sauce with added apricot during storage. *Korean J. Food Cookery Sci.* 23: 877-883.
- Lee KS, Lee SR. 1993. Analysis of dietary fiber content in Korean vegetable foods. *Korean J. Food Sci. Technol.* 25: 225-231.
- Lee SH, Oh A, Shin SH, Kim HN, Kang WW, Chung SK. 2017. Amygdalin contents in peaches at different fruit development stages. *Prev. Nutr. Food Sci.* 22: 237-240.
- Mun KH, Lee HC, Jo AH, Lee SH, Kim NYS, Park EJ, Kang JY, Kim JB. 2019. Effect of sugared sweeteners on quality characteristics of *Prunus mume* fruit syrup. *Korean J. Food Nutr.* 32: 161-166.
- Nam KS, Lee JY. 1987. Protein and amino acid composition of Korean apricot seeds. *J. Korean Soc. Food Nutr.* 16: 306-310.
- Park EY, Lee SH, Kim YC. 2013. Whitening efficacy of water-soluble extracts from *Prunophora salicina*'s (Daeseokjosaeng, Pur-plekin, Formosa) peel. *J. Invest. Cosmetol.* 9: 27-32.
- Park GY, Jang HW, Kim KM, Hwang Y, Kim HY, Cho YS. 2020. Effect of storage temperature and pressure plate treatment on chemical composition in *Prunus mume* sugar extracts. *Food Eng. Prog.* 24: 309-316.
- Seo SB, Han SM, Kim JH, Kim NM, Lee JS. 2001. Manufacture and physiological functionality of wines and liquors by using plum (*Prunus salicina*). *Korean J. Biotechnol. Bioeng.* 16: 153-157.
- Shim KH, Sung NK, Choi JS, Kang KS. 1989. Changes in major components of Japanese apricot during ripening. *J. Korean Soc. Food Nutr.* 18: 101-108.
- Shin YJ, Park GS. 2006. Quality characteristics of apricot *Sulgid-*

- duk* with different addition amounts of apricot juice. Korean J. Food Cookery Sci. 22: 882-889.
- Shin YJ, Park GS. 2007. Quality characteristics of apricot *Sulgid-duk* by the Saccharides assortment. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 36: 233-240.
- Son SJ, Jeong YJ, Kim SY, Choi JH, Kim NY, Lee HS, Bae JM, Kim SI, Lee HS, Shin JS, Han JS. 2017. Analysis of amygdalin of content *Prunus mume* by variety, harvest time, and fermentation conditions. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 46: 721-729.
- 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.
- Tinker LF, Schneeman BO, Davis PA, Gallaher DD, Waggoner CR. 1991. Consumption of prunes as a source of dietary fiber in men with mild hypercholesterolemia. Am. J. Clin. Nutr. 53: 1259-1265.
- Yoo SJ, Kim SH, Jun MS, Oh HT. 2007. Antioxidative, antimutagenic and cytotoxic effects of *Prunus armeniaca* extracts. Korean J. Food Preserv. 14: 220-225.
- Yoon OH, Jeong BY, Kim EK, Jeong YH. 2011. Chemical composition and antioxidant activities of *Prunus salicina Formosa* produced in Gimcheon. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 40: 379-384.
- Zhao YY. 2012. Amygdalin content in four stone fruit species at different developmental stages. ScienceAsia 38: 218-222.
- Zhong Y, Xu T, Chen Q, Li K, Zhang Z, Song H, Wang M, Wu X, Lu B. 2020. Development and validation of eight cyanogenic glucosides via ultra-high-performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry in agri-food. Food Chem. 331: 127305.

Author Information

- 배시연:** 경기대학교 일반대학원 식품생물공학과 석사과정
장채민: 경기대학교 바이오융합학부 식품생물공학전공 학사과정
박수원: 경기대학교 일반대학원 식품생물공학과 석사과정
이현준: 중앙대학교 식품공학과 박사과정
이지현: 중앙대학교 식품공학과 교수
이광원: 고려대학교 일반대학원 생명공학원 교수
김현석: 경기대학교 바이오융합학부 식품생물공학전공 교수