



매실 추숙에 따른 매실 및 매실청의 시안배당체 함량 변화

장채민¹ · 이지현² · 김현석^{1,3,*}¹경기대학교 일반대학원 식품생물공학과, ²서울대학교 생활과학대학 식품영양학과, ³경기대학교 바이오융합학부 식품생물공학전공

Changes in cyanogenic glycoside content of maesil (*Prunus mume*) and its chung with ripening after harvest

Chaemin Jang¹, Jihyun Lee² and Hyun-Seok Kim^{1,3,*}¹Department of Food Science and Biotechnology, Graduate School, Kyonggi University, Suwon 16227, Korea²Department of Food & Nutrition, College of Human Ecology, Seoul National University, Seoul 08826, Korea³Major of Food Science and Biotechnology, Division of Bio-Convergence, Kyonggi University, Suwon 16227, Korea

Abstract

This study investigated the yellowing phenomenon of maesil (*Prunus mume*), changes in organic acid (OA), and cyanogenic glycoside (CN-Glc) contents during post-harvest ripening, and the potential use of ripened maesil as raw material for CN-Glc-reduced maesil chungs. Ripening conditions were as follows: 5°C for Ripening I, 20–22°C with 50–60% RH for Ripening II, 20–22°C with 50–60% RH after ultrasonic washing of maesil for Ripening II-US, and 35°C and 80–90% RH for Ripening III. Yellowing did not occur in maesil under Ripening I even after 7 days, but was observed after 7 days of Ripening II and Ripening II-US, and after 3 days under Ripening III. The OA content slightly decreased under all ripening conditions, while CN-Glc content significantly decreased, with ripening under all ripening conditions, with Ripening II and Ripening II-US being the most effective at reducing CN-Glc levels. In maesil chungs prepared from ripened maesil CN-Glc content was significantly lower than that of those made with untreated maesil. These results demonstrate that ripening under the conditions tested in this study significantly reduces CN-Glc content in maesil with minimal reduction in OA content, enabling the preparation of CN-Glc-reduced processed maesil products.

Keywords: Maesil, Maesil chung, Ripening after harvest, Cyanogenic glycoside

서론

매실(*Prunus mume*)은 중국, 일본, 한국에서 자생하는 장미과의 매화나무 열매이며, 오래전부터 재배하여 약재 및 식품의 원료로 이용하고 있는 핵과류 과실이다(Ko & Yang, 2009). 매실은 국내 전 지역에서 재배되고 있으나 국내 총생산량의 약 60% 이상을 전라남도 광양 및 순천과 경상남도 하동 등 남부지방에서 생산하고 있다(Cho et al., 2018). 매실은 과실이 완숙되기 전에 수확하여 이

용하기 때문에, 단단한 과육, 강한 신맛, 작은 과실 크기로 인해 생식이 어려워 국내에서 재배되어 주로 생식용으로 이용되는 다른 핵과류 과실(복숭아, 자두, 살구)과는 달리 전량 매실 가공품(매실청, 매실주, 매실장아찌, 매실식초 등)의 원료로 이용되는 대표적인 가공 과실이다(Cha et al., 1999; Cho et al., 2019).

장미과의 핵과류 과실(복숭아, 자두, 살구, 매실)은 시안배당체(cyanogenic glycoside)인 아미그달린(amygdalin)을 공통으로 함유하고 있고, 핵과류 과실의 과육보다 주로 씨에 다량 함유되어 있다

Received: Nov 11, 2024 / Revised: Nov 15, 2024 / Accepted: Nov 15, 2024

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

E-mail: khstone@kyonggi.ac.kr

Copyright © 2024 Korean Society for Food Engineering.

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

(Cha et al., 1999; Cho et al., 2019; Bae et al., 2023a, b; Cho et al., 2025). 아미그달린 자체는 독성이 없거나 미미하지만, 과실에 내포하고 있는 β -glucosidase에 의해 프루나신(prunasin)을 거쳐 비배당체인 만델로나이트릴(mandelonitrile)로 전환되면 일련의 분해 과정을 거쳐 강한 독성의 시안화수소산(HCN)을 생산할 수 있다 (Go et al., 2018; Bae et al., 2023b; Cho et al., 2025). 복숭아, 자두, 살구는 완숙 및 과숙 되었을 때 수확하여 과육만을 섭취 및 이용하며, 완숙 및 과숙되었을 때의 과육에는 시안배당체가 매우 미미하거나 존재하지 않는다(Bae et al., 2023a). 그러나 매실은 완숙되기 전 청매실 상태에서 수확하여 과실 전체(과육과 씨)를 이용하기 때문에, 천연독소인 아미그달린에 대한 소비자들의 독성 안전성에 대한 우려는 매실 및 매실 가공품에만 존재한다(Cha et al., 1999; Go et al., 2018; Cho et al., 2019; Bae et al., 2023a, b; Cho et al., 2025). 이런 소비자들의 우려를 해소하기 위해 매실 가공품에서 시안배당체 함량을 줄이거나 제거하려는 다양한 연구가 수행되었다. 매실 가공품 제조 시 당침/침출 후 당침액/침출액에서 매실을 제거하는 액분리 공정을 거쳐 장기간 숙성하면 시안배당체 함량은 지속해서 감소하며, 이는 전통적으로 가정이나 매실 가공품 제조업체에서 주로 적용하고 있다(Cho et al., 2018; Cho et al., 2019; Choi & Kim, 2020; Bae et al., 2023b). 시안배당체를 직접 분해하는 방법으로 매실주에서 전기분해법(Bohae Brewery, 2012)과 매실청에서 습식플라즈마처리(Go et al., 2018) 및 침수형 자외선조사처리(Go et al., 2018; Slowfood, 2020)가 연구개발되었다. 또한 시안배당체 함량 저감 매실청 제조를 위한 제조 조건의 영향 연구(Bae et al., 2023b)와 매실 품종의 영향 연구(Choi & Kim, 2020)가 있다. 시안배당체를 직접 분해하는 연구 이외에 모든 선행연구는 매실 원료와 매실 가공품 제조 초기의 시안배당체 함량이 낮을수록 시안배당체 저감이 더욱더 효과적임을 제안하고 있다. 한편 매실 생산 및 가공 현장에서는 황매실을 원료로 사용하면 시안배당체를 걱정할 필요 없는 매실 가공품을 제조할 수 있다는 점을 부각하여 최근 황매실과 황매실 가공품을 일부 농가 및 업체에서 판매하고 있다. 황매실은 청매실을 매실나무에서 완숙 및 과숙시켜 얻을 수 있다(Kim et al., 2023). 그러나 매실이 완숙되는 시기가 품종에 따라 매실나무 별로도 일정치 않고, 완숙/과숙 시 자발적 낙과로 인한 손실, 추가적인 노동력 투입과 황매실 수확 후 저장성이 낮다(Kim et al., 2023)는 문제점 때문에 국내 매실 생산 현장에서 꺼리고 있다. 또 다른 방법으로 수확한 청매실을 추숙하여 인위적으로 황변시켜 황매실로 제조할 수 있다. 그러나 청매실을 황변시키는 저장조건이 확립되어 있지 않고, 저장 및 황변 과정에서 시안배당체 함량 감소에 대한 과학적 근거가 부족한 실정이다.

그러므로 본 연구는 청매실을 추숙시켜 황매실로 제조할 수 있

는 저장조건을 탐색하고 저장조건에 따라 매실의 시안배당체 함량 변화를 추적하여 청매실의 추숙 조건을 확립하고자 하였다. 또한 추숙한 매실을 이용하여 매실청을 담그고 당침 기간 동안 시안배당체 함량을 추적 조사하여 시안배당체 저감 매실청 제조에 있어 매실 원료 추숙의 필요성에 관한 근거를 확보하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

청매실은 슬로푸드 (주)농업회사법인(Hadong, Gyeongsangnam, Korea)에서 2023년 6월 5일에 수확한 것을 당일 현지에서 직접 구매하여 사용하였다. 측면 각각에 2개씩 천공(지름 5 cm)된 골판지 상자(45 cm×25 cm×높이 20 cm)는 슬로푸드 (주)농업회사법인(Hadong, Gyeongsangnam, Korea)로부터 공급받았다. 이소말토올리고당(아이엠오-알1, 이소말토올리고당 무수물 함량 50% 이상)은 인그리디언(Ingredion Korea, Seoul, Korea)의 것을, 담금주(알코올 35%)는 (주)두루전통양조(Hongcheon, Gangwon, Korea)의 것을 시중에서 구매하였다. 아미그달린(amygdalin, 순도 99% 이상, 살구씨 유래)과 프루나신(prunasin, 순도 90% 이상)은 Sigma-Aldrich Co. (St. Louis, MO, USA)에서 구매하였다. 시안배당체 및 유기산 분석에 사용된 시약과 용매들은 모두 HPLC급 이상의 것을 사용하였다.

매실의 추숙

매실은 구매한 당일에 미리 결정된 추숙 조건에 따라 처리하였다. 매실의 추숙 동안 곰팡이 발생에 의한 변질을 최소화하기 위해 매실은 꼭지를 제거하고 흐르는 수돗물에서 3회 씻어 건진 후 핸드타올을 이용하여 표면수분을 제거하고 상온에서 매실 표면이 건조될 때까지 방치하였다(약 2시간). 꼭지를 제거한 매실 일부는 탈이온수를 세척액으로 초음파세척기(GT SONIC-D27, 40 KHz & 500 W, Guangdong GT Ultrasonic Industrial Co., Ltd., Shenzhen, China)를 이용하여 30분간 세척 후 같은 방식으로 표면수분을 제거하였다. 초음파세척 동안 세척액에 얼음을 넣으며 25℃를 초과하지 않도록 하였다. 준비된 매실은 골판지 상자 안에 한 층을 깔고 신문지를 덮고 그 위에 매실을 다시 한 층 깔았다. 이와 같은 방식으로 매실과 신문지를 반복해서 켜켜이 쌓았다(골판지 상자당 약 10 kg의 매실 수용). 매실은 5℃의 냉장고(Ripening I)에서, 햇빛이 들지 않는 20~22℃ 및 상대습도 50~60%의 서늘한 곳(Ripening II)에서, 35℃ 및 상대습도 80~90%로 유지되는 빵 발효기(SMP-1040, Daehung Softmill Co., Gwangju, Gyeonggi, Korea) (Ripening III)에서 7일간 저장하였다. 초음파세척된 매실은 Ripening II의 조건에서

추가로 저장하였다(Ripening II-US). 저장하는 동안 매실은 1, 3, 5, 7일에 골판지 상자당 1 kg씩 채취하였으며, 이때 매실 표면이 3분의 1 이상 흑변된 것은 골판지 상자에서 제거한 후 계속 저장하였다. 매실 추숙 조건별로 저장하기 전 준비된 매실을 모든 처리군의 대조군(저장 0일 차)으로 하였다. 저장에 따라 채취한 매실은 동결 건조하였다. 동결건조한 매실 중 일부는 과육 부위만을, 나머지는 전체(과육 및 씨)를 분쇄하여 60 mesh 체망을 통과시켜 분석 시료로 사용하였다.

매실청의 제조

대조군(저장 0일 차 청매실)과 7일 저장 후 매실(청매실 및 황매실)은 열탕 살균하여 건조된 담금통(PET 재질, 2 L 규모)에 각각 2 kg씩 넣고 매실이 담금통 상층부의 공기 중에 노출되지 않도록 이소말토올리고당을 가득 부은 후 밀봉하여 서늘한(20~22°C) 압실에 보관하였다. 담금통은 일주일간 매일 위아래로 흔들어 용출된 수분과 이소말토올리고당이 혼합될 수 있도록 하였고, 이후부터 15일 간격으로 담금통을 흔들어 주었다. 매실청은 담근 후 1주일 이 되었을 때를 당침 0개월 차로 하였으며, 이때부터 4개월 동안 당침 하였다. 당침 0개월 차부터 1달 간격으로 매실청을 100 mL씩 채취하여 -45°C에 보관하며 시안배당체와 유기산 분석에 사용하였다 (Bae et al., 2023b).

유기산

매실청은 nylon syringe filter (0.45 μm , Hyundai Micro, Seoul, Korea)를 통과시킨 후 Eclipse XDB-C18 column (4.6 mm \times 250 mm, 5 μm)이 장착된 HPLC (Shimadzu DGU-20A5R, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)에 5 μL 를 주입하여 215 nm에서 사과산(malic acid)과 구연산(citric acid)을 분리하였다. 이동상은 20 mM H_3PO_4 이었으며 유속은 1 mL/min으로 유지하였다(Bae et al., 2023b).

시안배당체 정량

매실청 1 g은 탈이온수를 이용하여 3배 희석하여, 메탄올 2 mL와 탈이온수 2 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(Bae et al., 2023b). MRM mode로

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

Description	Condition
Instrument	Agilent Technologies 1290/6470TQ
Column type	Eclipse Plus RRHD C18 (2.1 mm \times 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

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, 259.1로 설정하였으며, 프루나신 모분자이온($m/z=318.1$)에 대한 딸이온은 $m/z=184.9$, 128.9, 121.0으로 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 정량 이온으로 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.

통계 처리

매실은 골판지 상자 기준으로 3개씩 준비하여 저장 조건별로 추숙하였고, 매실청은 2 L 규모 담금통 기준으로 저장조건별 3개씩 제조하였으며, 시안배당체 및 유기산 함량은 저장조건에 따라 골판지 상자별 채취한 매실과 담금통별 채취한 매실청에 대해 적어도 2회 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 \pm 표준편차로 나타내었다. 처리군의 평균값 사이 통계적 유의성은 95% 신뢰수준에서 Tukey's HSD test를 이용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

매실의 추숙

추숙 조건에 따른 매실의 황변 정도를 조사하여 Fig. 1에 제시하였다. 추숙 조건은 냉장 조건(5°C; Ripening I), 서늘한 조건(20~22°C, 50~60%RH; Ripening II), 초음파 세척 후 서늘한 조건(Ripening II-US) 및 고온 조건(35°C, 80~90%RH; Ripening III)이었다. 모든 추숙 환경에서 증산에 따른 매실의 중량변화를 조사하였을 때, 매실의 중량 감소는 Ripening I에서 2% 미만으로 미미하였으며, Ripening II와 Ripening II-US의 각각 약 8%와 약 11%이었고, 고온다습한 환경(Ripening III)에서 매실의 중량 감소는 관찰되지 않았다. 이는 청매실을 5°C에 저장하였을 때 중량 감소는 4% 미만, 20°C에서는 약 15%라 보고한 Kim et al. (2023)의 결과와 유사하였다. 본 연구의 Ripening II와 Ripening II-US에서 중량 감소는 Kim et al. (2023)의 결과보다 소폭 작았는데, 이는 본 연구에서 추숙 시 상대습도를 고려하여 저장하였기 때문으로 생각되며, Ripening II-US가 Ripening II보다 약 3% 포인트 더 중량 감소가 있는 것은 아마도 초음파세척 시 초음파에 의해 매실의 세포조직 손상으로 인해 증산이 더욱 촉진되었기 때문으로 생각된다(Rajewska & Mierzwa, 2017). 한편 Ripening I, Ripening II 및 Ripening II-US에서는 매실을 7일간 저장할 수 있었지만, Ripening III에서는 저장 3일 차에 실험에 사용한 매실 원료의 50% 이상이 변질되었다. Ripening I에서 매실은 저장 7일 차까지 황변되지 않았으며, 약

10% 정도가 저온장해를 입었다. Ripening II와 Ripening II-US의 매실은 저장 3일 차에 약 30% 정도가 황변되었고, 저장 5일 차에는 모든 매실이 황변되었으며, 저장 7일 차에는 매실의 황색 강도가 강해졌고, 변질한 매실은 거의 발견되지 않았다. Ripening III에서 매실은 변질이 빈번하여 3일 차에 추숙을 중단하였으며, 저장 1일 차부터 황변이 발생하기 시작하여 3일 차에는 변질한 것을 제외하고 모두 황변되었다. 그러나 Ripening III에서 황변된 매실은 Ripening II와 Ripening II-US에서의 것보다 황색의 강도가 낮았으며 불균일하였다. 결과적으로 고온다습한 환경(Ripening III)에서 매실을 추숙하는 것은 적절치 않은 것으로 판단된다.

매실의 유기산

매실은 호흡 시 기질로 유기산을 이용하며, 매실 가공품에서 유기산은 주요한 품질지표이다(Shin, 1995; Son et al., 2017; Bae et al., 2023b; Kim et al., 2023). 그래서 추숙 조건에 따른 매실의 총 유기산, 구연산 및 사과산 함량을 추적하여 Fig. 2에 제시하였다. 매실은 다양한 유기산을 함유하고 있지만, 구연산과 사과산이 주를 이루고 이외의 것들은 매우 미미한 수준이다(Shin, 1995; Son et al., 2017; Mun et al., 2019; Kim & Yoo, 2021; Bae et al., 2023b; Kim et al., 2023). 그래서 본 연구에서는 구연산과 사과산을 정량하였고, 이들의 합을 총 유기산으로 하였다. 유기산은 매실의 씨보다 과육에 주로 분포하고 있어(Shin, 1995; Song et al., 1997; Bae et al., 2023b), 전체 매실(Fig. 2A, C & E)보다 매실 과육(Fig. 2B, D, &



Fig. 1. Appearance of maesil during ripening according to the ripening condition.

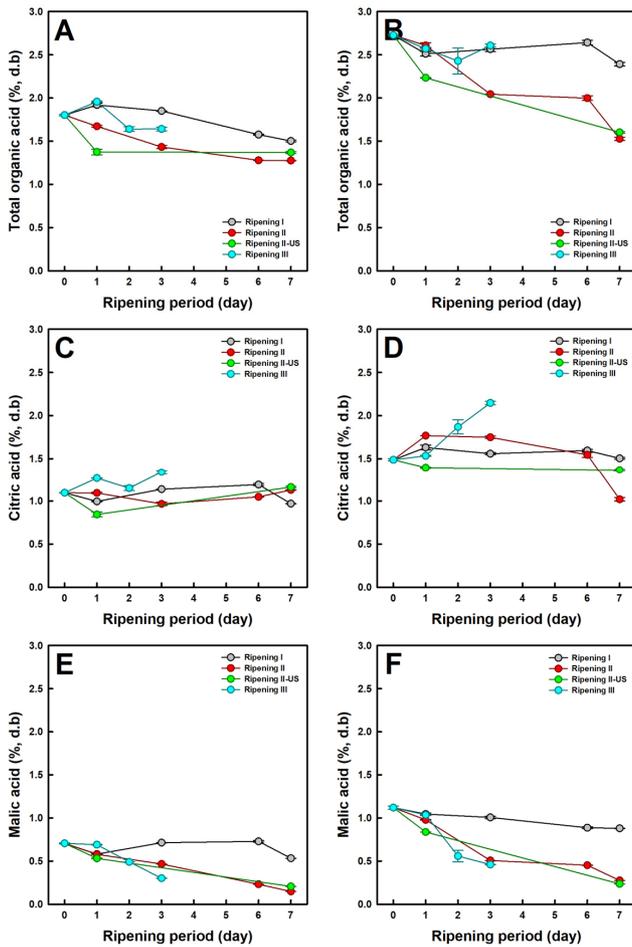


Fig. 2. Total organic acid (A & B), citric acid (C & D), and malic acid (E & F) contents of whole maesil (A, C, & E) and maesil flesh (B, D, & F) during ripening according to the ripening condition (Ripening I, 5°C; Ripening II, 20–22°C and 50–60%RH; Ripening II-US, 20–22°C and 50–60%RH after ultrasonic washing; Ripening III, 35°C and 80–90%RH).

F)의 유기산 함량이 유의적으로 높은 수준이었다. 본 연구에서 총 유기산, 구연산과 사과산 함량 변화는 1% 내의 범위에서 변동되기 때문에 유의미하지 않을 수 있지만, 총 유기산 함량은 전체 매실과 매실 과육에서 저장에 따라 감소하는 경향을 보였다. 총 유기산 함량의 변동이 미미한 Ripening I과 Ripening III보다 Ripening II와 Ripening II-US에서 총 유기산 함량은 추숙하는 동안 지속해서 감소하는 경향을 나타내었다(Fig. 2A & B). 이는 추숙하는 동안 구연산 함량이 변동 없거나 미미하게 감소하는(Fig. 2C & D) 대신에 사과산 함량이 주로 감소하며(Fig. 2E & F) 서로 상쇄된 결과인 것으로 생각된다. 이러한 설명은 Ripening III의 구연산 함량과 사과산 함량의 변화에서 명확히 관찰할 수 있다. 사과산 함량의 감소는 사과산이 구연산으로 전환된 결과이다(Shin, 1995; Song et al., 1997; Bae et al., 2023b). 이러한 현상은 Ripening I에서 추숙한 매

실에서 미미하였다. 7일간 추숙하는 동안 매실의 총 유기산, 구연산 및 사과산 함량은 감소하지만, 그 양이 미미하여 추숙한 매실을 이용한 매실 가공품의 품질에 유의미한 영향을 미치지 않을 것으로 판단된다.

매실의 시안배당체

추숙에 따른 매실의 총 시안배당체, 아미그달린 및 프루나신 함량을 조사하여 Fig. 3에 제시하였다. 시안배당체 함량은 매실 전체 (Fig. 3A, C, & E)보다 매실 과육(Fig. 3B, D, & F)에서 현저히 적었다(Bae et al., 2023b). 모든 추숙 조건에서 추숙 기간이 연장되며 시안배당체 함량이 감소하는 양상을 나타내었다. Ripening I에서 시안배당체 함량의 감소율은 가장 낮았다. 추숙 1일 차에서 Ripening II와 Ripening III의 매실은 Ripening I에서의 것과 같거나 소폭 적은 시안배당체 함량을 나타내었으나, 이후부터 Ripening I보다

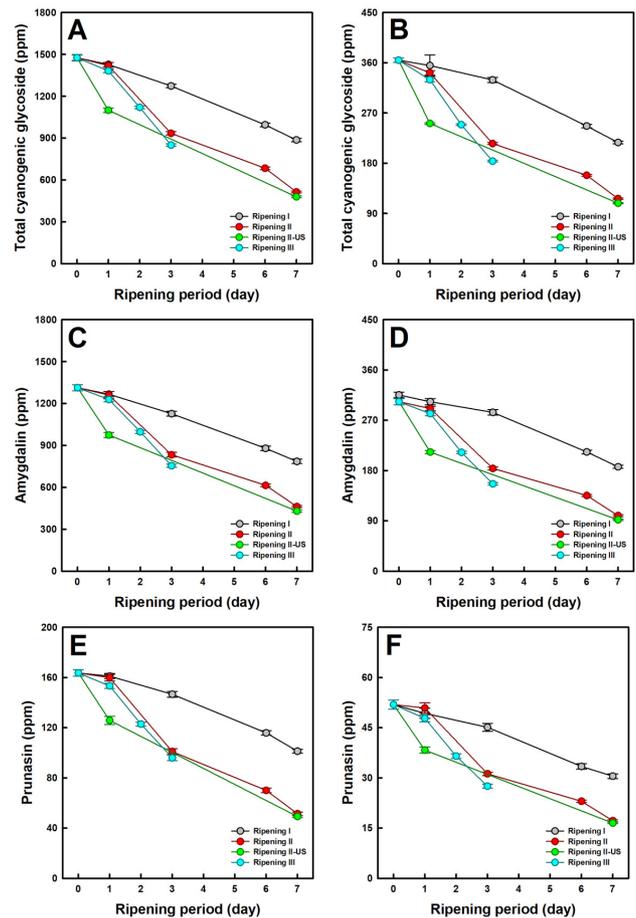


Fig. 3. Total cyanogenic glycoside (A & B), amygdalin (C & D), and prunasin (E & F) contents of whole maesil (A, C, & E) and maesil flesh (B, D, & F) during ripening according to the ripening condition (Ripening I, 5°C; Ripening II, 20–22°C and 50–60%RH; Ripening II-US, 20–22°C and 50–60%RH after ultrasonic washing; Ripening III, 35°C and 80–90%RH).

유의적으로 적은 수준을 나타내었다. 이처럼 추숙되는 동안 매실의 시안배당체 함량이 지속해서 감소하는 것은 매실의 호흡 작용에 따라 β-glucosidase와 시안화물 비배당체를 분해하는 효소들 활성이 증가하였기 때문으로 생각된다(Go et al., 2018; Kim et al., 2021). 한편 Ripening II-US에서 추숙 1일 차에 다른 추숙 조건과는 달리 시안배당체 함량의 급격한 감소를 나타내었다. 이는 초음파세척 과정에서 주로 씨에 분포하는 시안배당체(아미그달린과 프루나신)가 초음파에 의한 translocation 현상으로 과육으로 이행되었기 때문으로 생각된다(Zhong et al., 2021). 그러나 추숙 7일 차에는 Ripening II의 매실의 시안배당체 함량보다 소폭 작았으나 거의 유사한 수준을 나타내었다. 따라서 Ripening II의 조건으로 매실을 추숙할 경우 초음파세척은 필요하지 않을 것으로 판단된다.

매실청의 시안배당체

7일간 추숙한 매실을 이용하여 매실청을 담그고 당침 4개월 동안 시안배당체 함량을 조사하여 Fig. 4에 제시하였다. 매실의 구매 즉시 담근 매실청을 대조군으로 하였고, Ripening III에서 추숙한 매실은 변질된 것이 많아 매실청 제조 시험에서 제외하였다. 예상한 바와 같이 당침 동안 시안배당체 함량은 추숙한 매실로 담근 매실청이 대조군에 비해 낮은 수준을 나타내었다. 또한 추숙한 매실을 이용한 매실청의 시안배당체 함량은 Ripening I > Ripening II > Ripening II-US의 순서로 높았다. 이는 매실을 수확한 즉시 매실청으로 담그는 것보다 추숙 과정을 거쳐 매실청을 담그는 것이 시안배당체 함량이 저감될 매실청을 제조할 수 있음을 암시한다. 한편 프루나신 함량에 있어(Fig. 4C), 대조군이 Ripening I보다 당침 동안 유의적으로 낮은 수준을 나타내었다. 이는 Ripening I에서 매실이 추숙되면서 β-glucosidase에 의해 아미그달린으로부터 포도당이 가수분해된 결과인 것으로 생각된다(Cho et al., 2025). 또한 Fig. 3에서 Ripening II와 Ripening II-US 조건으로 7일간 추숙하였을 때, 총 시안배당체, 아미그달린과 프루나신 함량은 유사하였지만, 매실

청에서는 Ripening II-US가 Ripening II보다 유의적으로 낮은 수준을 나타내었다. 이러한 결과는 아마도 초음파세척 시 손상된 과육 조직들의 존재로 당침 중 시안배당체의 이동이 쉬워 시안배당체 분해효소들과 더욱 빈번하게 접촉할 수 있었기 때문으로 생각된다.

요약

매실을 5°C의 냉장고(Ripening I)에서, 햇빛이 들지 않는 20~22°C 및 상대습도 50~60%의 서늘한 곳(Ripening II)에서, 초음파 세척한 후 서늘한 곳(Ripening II-US)에서, 35°C 및 상대습도 80~90%의 고온다습한 환경(Ripening III)에서 7일간 저장하여 추숙하였다. Ripening I에서 7일간 추숙하여도 매실은 황변되지 않았지만, 나머지 다른 조건에서는 모두 황변되었다. Ripening III에서는 3일 차에 매실이 모두 황변되었지만 50% 이상이 변질되었다. 추숙 동안 매실의 중량과 유기산 함량은 소폭 감소하였고, Ripening I의 매실에서 중량과 유기산 함량 변화가 가장 적었다. 추숙에 다른 시안배당체 함량은 추숙이 진행되며 감소하는 경향을 나타내었고 황변이 진행되며 시안배당체 함량은 유의미한 수준으로 감소하였다. 7일간 추숙한 매실을 이용하여 매실청을 담갔을 때, 황변된 매실로 담근 매실청이 대조군과 황변되지 않은 매실로 담근 것보다 더욱 낮은 시안배당체 함량을 나타내었다. 또한 초음파 세척한 후 Ripening II 조건에서 추숙하여 황변시킨 매실로 담근 매실청이 Ripening II 조건에서 추숙한 것보다 더욱 낮은 시안배당체 함량을 나타내었다. 이상의 결과를 종합하면, 매실을 7일 내의 기간에서 추숙을 거쳐 매실청으로 담그는 것이 시안배당체 함량을 저감할 수 있는 매실청 제조 방법임을 밝혀냈으며, 이러한 효과는 매실을 황변시켰을 때 더욱 명확해진다는 것이 증명되었다. 결과적으로 수확한 매실을 초음파세척하고 햇빛이 들지 않는 서늘한 곳(20~22°C, 50~60%RH)에서 7일간 추숙하여 황변시킨 매실을 이용하여 매실청을 담그는 것이 시안배당체 함량이 최소화된 매실청을 제조하는 방안이었다.

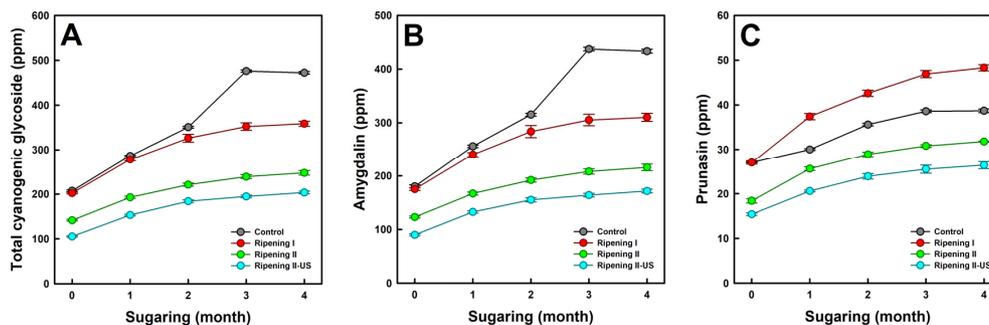


Fig. 4. Total cyanogenic glycoside (A), amygdalin (B), and prunasin (C) contents of maesil chungs prepared with raw whole maesil (control) and whole maesil subjected to the ripening (Ripening I, 5°C; Ripening II, 20–22°C and 50–60%RH; Ripening II-US, 20–22°C and 50–60%RH after ultrasonic washing).

ORCID

Chaemin Jang <https://orcid.org/0009-0004-1034-8999>
 Jihyun Lee <https://orcid.org/0000-0001-5693-0109>
 Hyun-Seok Kim <https://orcid.org/0000-0002-2188-4058>

Conflict of interests

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

Acknowledgements

This work was supported by Ministry of Food and Drug Safety (Project No. 22192MFDS006). Also, this work was supported by Kyonggi University's Graduate Research Assistantship 2024.

Data availability

Upon reasonable request, the datasets of this study can be available from the corresponding author.

Authorship contribution statement

Conceptualization: Kim HS.
 Data curation: Lee J, Kim HS.
 Formal analysis: Jang C.
 Methodology: Jang C, Lee J.
 Validation: Lee J, Kim HS.
 Investigation: Jang C, Lee J.
 Writing - original draft: Jang C.
 Writing - review & editing: Jang C, Lee J, Kim HS.

Ethics approval

Not applicable.

References

- Bae SY, Jang CM, Park SW, Lee HJ, Lee J, Lee KW, Kim HS. 2023a. Cyanogenic glycoside content and quality characteristic of apricot (*Prunus armeniaca*) and plum (*Prunus salicina*) chungs according to their preparation conditions. Food Eng. Prog. 27: 334-341.
- Bae SY, Jang CM, Park SW, Lee HJ, Lee J, Lee KW, Kim HS. 2023b. Cyanogenic glycoside content and quality characteristic of maesil (*Prunus mume*) chung according to its preparation conditions. Food Eng. Prog. 27: 342-352.
- Bohae Brewery. 2012. Preparing method of stone fruits wine having reduced cyanide. Korea patent NO. 101200447.
- Cha HS, Hwang JB, Park JS, Park YK, Jo JS. 1999. Changes in chemical composition of mume (*Prunus mume* Sieb. et Zucc) fruits during maturation. Korean J. Postharvest Sci. Technol. 6: 481-487.
- Cho JW, Kim BY, Choi SJ, Jeong JB, Kim HS. 2019. Change in amygdalin contents of maesil (*Prunus mume*) wine according to preparation steps and its characteristics. Korean J. Food Sci. Technol. 51: 42-47.
- Cho JW, Kim BY, Jeong JB, Kim HS. 2018. Changes in amygdalin contents and characteristics of maesil (*Prunus mume*) liqueur during leaching and ripening. Korean J. Food Sci. Technol. 50: 697-700.
- Cho SY, Ko HR, Kim HS, Kim YK, Lee KW. 2025. Cyanide profiling in stone fruit syrups: a comparative study of distillation techniques, a novel derivatization method, and cyanide composition in maesil (*Prunus mume*) syrup. Food Chem. 463: 141200.
- 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.
- 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.
- Kim J, Oh I, Huh CK, Ha HK. 2023. Changes in physical properties of *Prunus mume* according to storage and after-ripening. J. Agri. Life Sci. 57: 87-98.
- Kim JG, Yoo SH. 2021. Compositional changes in maesil-cheong formulated with turanose during the storage period. Korean J. Food Sci. Technol. 53: 688-694.
- Ko SM, Yang JB. 2009. Antimicrobial activity of extracts of *Prunus mume* by sugar. Korean J. Food Precerv. 16: 759-764.
- Mun KH, Lee HC, Jo AH, Lee SH, Kim NYS. 2019. Effect of sugared sweeteners on quality characteristics of *Prunus mume* fruit syrup. Korean J. Food Nutr. 32: 161-166.
- 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.
- Rajewska K, Mierzwa D. 2017. Influence of ultrasound on the microstructure of plant tissue. Innov. Food Sci. Emerg. Technol. 43: 117-129.
- Shin SC. 1995. Changes in components of ume fruit during

- development and maturation. *J. Oriental Bot. Res.* 8: 259-264.
- Slowfood. 2020. Method for manufacturing amygdalin reduced maesil chung and maesil chung with reducing amygdalin produced therefrom. Korea patent NO. 102160163.
- 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.
- Song BH, Choi KS, Kim YD. 1997. Changes of physico-chemical and flavor components of ume according to varieties and picking date. *Korean J. Post-harvest Sci. Technol. Agri. Products* 4: 77-85.
- 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.
- Zhong Y, Xu T, Ji S, Wu X, Zhao T, Li S, Zhang P, Li K, Lu B. 2021. Effect of ultrasonic pretreatment on eliminating cyanogenic glycosides and hydrogen cyanide in cassava. *Ultrason. Sonochem.* 78: 105742.