

투라노스 당침을 통해 제조된 매실청의 저장기간 중 성분 함량 변화

김정근¹ · 유상호^{1,*}

세종대학교 식품생명공학과, 탄수화물소재연구소

Compositional changes in *maesil-cheong* formulated with turanose during the storage period

Jung-Geun Kim¹ and Sang-Ho Yoo^{1,*}

¹Department of Food Science and Biotechnology, Carbohydrate Bioproduct Research Center, Sejong University

Abstract Turanose is a potential candidate for use as a functional sweetener because of its gentle taste, low calorie, and non-cariogenicity. The aim of this study was to replace sucrose with turanose to produce health-beneficial *maesil-cheong*. Quality effects of turanose on *maesil-cheong* were evaluated by determining the contents of free sugars, organic acids, amygdalin, and antioxidant activity. The pH and Brix values of sucrose- and turanose-based *maesil-cheong* remained at the same level between 2.83 and 3.00 and 54.6-58.6°Bx, respectively, after 90-day storage. Among oxalic, malic, and citric acids, citric acid content was the highest in both *maesil-cheong* samples. Turanose did not significantly hydrolyze in *maesil-cheong*, whereas sucrose was completely hydrolyzed to glucose and fructose. Thus, turanose is suitable for the development of acidic *maesil-cheong* to improve its health promoting effect. Turanose showed product qualities similar to sucrose-based *maesil-cheong*. Turanose can be used as a functional sweetener or bulking agent in processed foods.

Keywords: *Maesil-cheong*, *Prunus mume*, turanose, free sugars, amygdalin

서 론

매화나무는 장미과에 속하는 낙엽 소고목으로 우리나라, 일본, 중국 등에 분포하였으며 이 매화나무의 핵과를 매실(*Prunus mume* Sieb. et Zucc.)이라 한다. 매실은 대표적인 알칼리성 식품으로 citric acid 와 같은 유기산을 함유하고 있어 젖산축적으로 인한 피로를 감소시켜 피로회복에 도움을 주는 것으로 알려져 있다 (Cha 등, 1999; Paik 등, 2010). 또한 매실 과육에 있는 Ca, Cu, Zn, Mg, Fe 등의 무기성분은 신체의 수분조절, 혈압조절, 골격형성 등 생리작용 조절에 있어서 중요한 영양소이며(Kim 등, 2020), 뿐만 아니라 매실에는 rutin이란 물질을 함유하고 있어 모세혈관 강화, 항산화 효과 등 여러 생리활성 기능을 가지고 있다고 보고 되어 있다(Han 등, 2001). 매실의 건강기능 효능에 대한 연구가 지속되면서 매실은 소비자들에게 건강식품으로 인지도가 높아졌으며, 주로 매실청, 매실식초, 매실주, 매실장아찌, 매실차, 매실 당절임 등으로 이용되고 있다. 그 중 매실청은 주로 매실차로 섭취하거나 요리 할 때 설탕 대신 매실청으로 단맛을 내는 조미료로 사용되는데, 건강에 대한 관심이 높아지면서 식품의 건강 기능적 효능뿐만 아니라 안전성을 중시하는 소비자들이 많아지는 가운데 식품의 기능적인 면과 더불어 부정적인 면에 대한 우려도 높

아지고 있다. 전통적인 매실청 제조 방법은 매실과 설탕을 1:1 비율로 혼합하여 숙성시키고 100일 이내에 매실을 걸러내어 만 들어지는데, 이는 매실 종자에 아미그달린(Amygdalin, C₂₀H₂₇NO₁₁) 이 매실청 내로 용출되어 시안화합물이 생성되는 것을 막기 위한 것이다. 아미그달린은 살구, 아몬드, 자두 등의 핵과류 씨앗에서 많이 발견되는 시안배당체로(Bolarinwa 등, 2014; Yildirim 등, 2014), 아미그달린 자체에는 독성이 없지만 효소 가수분해 과정에서 시안화수소(HCN)가 생성되며(Barakat, 2020), Kim 등(2015)에 따르면 시안화수소는 다량 노출 시 메스꺼움, 구토 등의 시안화증 증상이 발생한다. 특히 청매실에는 아미그달린이 다량 함유되어 있다고 알려져 있어 매실 원료의 안전성에 대한 문제가 제기되며 매실의 아미그달린 함량에 대한 연구가 지속되고 있다 (Cho 등, 2018). 매실청의 주원료인 설탕(자당, sucrose)은 포도당(glucose)과 과당(fructose)으로 이루어진 이당류로 사람이 섭취했을 때 포도당과 과당으로 분해되며 혈당량을 증가시키고 에너지를 공급해 줄 수 있는 영양소이다. 반면, 과다 섭취로 나타날 수 있는 비만, 당뇨병, 고지혈증, 동맥경화, 고혈압 등은 부정적인 인식을 증가시키고 이에 따라 소비자들은 매실청의 위해성을 예방하고자 설탕을 대체하는 감미료를 사용하여 당류 섭취를 저감화하려는 추세이며(Kim 등, 2015), 설탕의 과도한 섭취를 경계하는 시장 분위기에 맞추어 대체 가능한 식품 소재로 변경할 필요가 있다고 사료된다. 그동안 매실청 제조 시 기능성 올리고당이나 벌꿀을 이용하여 설탕 대체 당류 소재에 관한 연구는 보고되어 있지만(Bae와 Yoo, 2019; Woo 등, 2014), 설탕의 구조 이성질체인 투라노스(Turanose; C₁₂H₂₂O₁₁, 3-O- α -D-glucopyranosyl-D-fructose)를 이용한 매실 추출물에 관한 연구는 전무하다. 식품 가공공정 중 설탕을 대체하기 위한 원료로 사용하기 위해서는 단순히 감미도나 감미질 수준을 넘어서 유리전이온도, 증량제 특성, 수분

*Corresponding author: Sang-Ho Yoo, Department of Food Science and Biotechnology, Carbohydrate Bioproduct Research Center, Sejong University, Seoul 05006, Korea
Tel: +82-2-3408-3221
Fax: +82-2-3408-4319
E-mail: shyoo@sejong.ac.kr
Received October 7, 2021; revised October 25, 2021;
accepted October 25, 2021

활성도 등 조직감이나 물성적 특성에 미치는 영향이 고려되어야 한다(Roos와 Karel, 1991; Simpler 등, 2006; Woelders 등, 1997). 투라노스는 설탕에 비해 자극적이지 않은 단맛, 저열량, 항염증 등을 나타내어 차세대 설탕 대체 감미소재로의 활용가치가 매우 높다(Chung 등, 2017). 따라서 본 연구에서는 설탕을 대체하여 투라노스로 제조한 매실청의 품질을 평가하고 이화학적 특성을 밝혀 투라노스를 함유한 건강기능성 매실청 제품의 제조 및 산업화 가능성을 높일 수 있는 기초자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

재료 및 시약

하동에서 재배하여 수확한 남고 청매실을 구매하여, 백설탕(CJ Cheiljedang, Seoul, Korea)과 17년 5월 25일 제조제품(Samyang corporation, Seoul, Korea) 450 g과 17년 3월 24일 제조제품(Samyang corporation) 100 g을 혼합하여 균질화한 투라노스를 매실청 제조에 사용하였다. 본 실험에 사용된 표준물질 sucrose, turanose, glucose, fructose, citric acid, malic acid, oxalic acid, amygdalin은 Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA)의 제품을 사용하였으며, HPLC 분석에 사용된 acetonitrile은 대정화학(Daejung Chem. Co., Ltd., Seoul, Korea)에서 구입하였다.

매실청 제조

매실은 흐르는 물에 3회 수세하여 꼭지를 제거한 후, 표면에 물기를 완전히 건조한다. 소독된 용기에 매실과 당을 1:1 (w/w) 비율로 각각 250 g씩 쪼개어 쌓은 뒤 밀봉하여 상온에 보관하였다. 제조 후 1주 후부터 3일 간격으로 밀폐용기를 뒤집어 당류가 모두 녹았는지 확인하고, 미리 설정한 당칩 기간인 15, 20, 25, 30, 40, 60, 90일에 맞추어 샘플 시료를 확보하였으며, 설탕만으로 제조된 매실청(SM)과 설탕 대체 당류인 투라노스로 제조된 매실청(TM)을 본 연구에 활용하였다.

pH 및 당도

pH와 당도는 각각 pH 미터기(pH 211, Hanna instruments, Romania), 당도측정기(N-2E, Atago, Tokyo, Japan)를 이용하여 희석하지 않은 매실청을 측정하였다.

유리당 정량 분석

시료를 증류수(HPLC grade water)에 1/5000로 희석하여 0.2 µm syringe filter로 여과시킨 후 High-Performance Anion-Exchange Chromatography (HPAEC, Thermo Fisher Scientific, Sunnyvale, CA, USA)로 분석하였다. 분석 column은 CarboPac PA1 (4 mm×250 mm, Thermo Fisher Scientific, Sunnyvale, CA, USA)을 사용

하였으며, 이동상은 150 mM NaOH와 150 mM NaOH+600 mM NaOAc를 이용하여 분리하였다. 표준 물질은 sucrose, turanose, glucose, fructose를 이용하여 시료와 동일한 조건에서 분석하여 머무름 시간을 비교하여 확인하였으며 각각의 검량 곡선에 대입하여 정량 값을 산출하였다. 자세한 HPAEC-PAD 분석조건은 Table 1과 같다.

유기산 정량 분석

시료에 증류수(HPLC grade water)를 첨가하여 1/10로 희석한 후 분석샘플로 사용하였다. 희석된 시료는 0.45 µm syringe filter로 여과한 후 20 µL를 HPLC-DAD (UltiMate™ 3000 Dionex, Thermo Fisher Scientific, Sunnyvale, CA, USA)에 주입하여 분석을 수행하였다. 유기산 분석 column은 YMC-Triart C18 column (4.6 mm×250 mm, 5 µm, YMC, Kyoto, Japan)을 사용하였으며, column 온도는 30°C로 설정, 이동상으로는 20 mM phosphoric acid를 degassing한 후 사용하였다. 또한 이동상의 유속을 1.0 mL/min으로 하여, 유기산 표준물질을 시료와 동일한 조건에서 분석하여 머무름 시간을 비교하여 확인하였으며, 각각의 검량 곡선에 대입하여 유기산의 함량을 산출하였다.

아미그달린 정량 분석

매실청의 아미그달린 함량은 HPLC-DAD (UltiMate™ 3000 Dionex, Thermo Fisher Scientific)를 이용하여 분석하였다. 시료 0.1 mL를 증류수에 10배 희석 후 0.45 µm syringe filter로 여과하여 분석에 사용하였다. 분석에 사용한 column은 YMC-Triart C18 (4.6 mm×250 mm, 5 µm, YMC)이며, 30°C에서 이동상을 1.0 mL/min으로 흘려주었으며, 이동상은 20% (v/v) acetonitrile을 사용하였다. 아미그달린 정량은 표준품을 동일한 조건으로 분석하여 머무름 시간을 비교하고 검량 곡선을 작성하여 계산하였다. 유기산 및 아미그달린 정량분석을 위한 HPLC-UV 분석조건은 Table 2에 나타났다.

DPPH radical 소거활성 측정

DPPH (1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl, Sigma-Aldrich)를 이용한 DPPH radical 소거활성은 100 mg/mL의 농도로 맞춘 시료 0.4 mL와 에탄올에 녹인 1×10⁻⁴ M DPPH 용액 0.8 mL를 혼합시킨 후 5분간 상온에 방치한 뒤 분광광도계(DU 650 Spectrophotometer, Beckman Coulter, Brea, CA, USA)를 사용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조군은 시료대신 에탄올을 이용하여 동일한 방법으로 실험하였다. Radical 소거활성(%)은 대조군의 흡광도와 시료 첨가 시 흡광도를 이용하여 아래의 식과 같이 백분율로 표시하였다.

Table 1. Operational conditions of HPAEC-PAD for determining the content of free sugars

Parameter	Conditions
Analytical column	Dionex CarboPac PA1 (4×250 mm)
Column temperature	35°C
Mobile phase	150 mM NaOH from 0-20 min, 150 mM NaOH+600 mM NaOAc from 20-35 min, 150 mM NaOH from 35-45 min (re-equilibration)
Flow rate	1.0 mL/min
Injection volume	20 µL
Detector	PAD

Table 2. Operational conditions of HPLC-UV for determining the contents of organic acid and amygdalin

Parameter	Conditions	
	Organic acid	Amygdalin
Column	YMC-Triart C18 (4.6×250 mm, 5 μm)	
Column temperature	30°C	30°C
Mobile phase	20 mM phosphoric acid	acetonitrile 20%(v/v)
Flow rate	1.0 mL/min	1.0 mL/min
Injection volume	20 μL	20 μL
Detector	UV-DAD (210 nm)	UV-DAD (215 nm)

$$AU=1-A_s/A_0 \times 100$$

AU=radical-scavenging activity

A_s=absorbance of sample

A₀=absorbance of blank

ABTS radical 소거활성 측정

ABTS radical 소거활성은 Re 등(1999)의 방법을 본 실험에 맞게 변형하여 측정하였다. 7 mM ABTS (2,2'-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid, Sigma-Aldrich)와 2.45 mM potassium persulfate를 혼합하여 실온의 암실에서 16시간 동안 방치한 후, 실험 직전에 제조한 ABTS 용액을 729 nm에서의 흡광도가 0.7±0.030이 되도록 증류수로 희석하여 실험에 사용하였다. 100 mg/mL의 농도로 맞춘 시료 0.4 mL와 ABTS용액 0.8 mL를 혼합시킨 후 729 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조군은 증류수를 넣어 흡광도를 기록하였고, 각 당침 기간 별 ABTS radical 소거활성은 아래의 식을 이용하여 백분율로 표시하였다.

$$AU=1-A_s/A_0 \times 100$$

AU=radical-scavenging activity

A_s=absorbance of sample

A₀=absorbance of blank.

총 폴리페놀 함량 측정

매실청에 포함된 총 폴리페놀 함량은 folin-ciocalteu법으로 측정하였다. 10배 희석한 시료 0.5 mL에 0.2 N folin-ciocalteu 시약 (Sigma-Aldrich Chemical Co.) 2.5 mL와 7.5% (w/v) sodium carbonate 2 mL를 첨가 후 혼합시킨다. 혼합물은 50°C 항온수조에서 5분 동안 120 rpm에서 반응시켜 760 nm에서 흡광도를 측

정하였다. Gallic acid (Sigma-Aldrich Chemical Co.)를 표준물질로 사용하였으며, gallic acid를 사용한 표준곡선을 작성하여 흡광도에 따른 함량을 계산하였다.

결과 및 고찰

매실청의 숙성 기간 중 pH 및 당도 변화

매실청의 pH 및 당도 분석 결과를 Table 3에 나타냈다. 설탕 매실청(SM) 및 투라노스 매실청(TM)의 당도는 저장 15일차에 각각 57.30, 58.60°Bx에서 저장 40일차에 54.55, 56.25°Bx를 나타내어 저장 40일차까지 저장기간이 증가함에 따라 미세하게 감소하는 경향을 보이나, 저장 60일차와 90일차에서는 두 매실청 모두 저장 기간에 따른 유의적인 변화를 관찰할 수 없었다. 이와 같은 결과는 매실청 제조 시에 사용한 당류에 따른 차이가 아닌 저장 기간에 따른 삼투압으로 인해 40일까지 저장기간이 증가하면서 매실 이 가진 수분이 용출되어 당도가 감소하였으나, 40일 이후에는 삼투현상이 종료되어 유의미한 차이가 없는 것으로 보인다. 설탕 매실청(SM)의 pH는 저장 기간 15일차부터 90일차까지 2.83-2.92 범위를, 투라노스 매실청(TM)은 2.88-3.00 범위를 가지는 것으로 보아 저장 기간에 따른 경향성은 관찰되지 않았으며, 결과에서 보이는 미세한 차이는 매실 원물의 품종 및 숙성도 따라 나타난 차이로 판단할 수 있다.

매실청의 숙성 기간 중 유리당 함량 변화

각 매실청의 sucrose, glucose, fructose 및 투라노스 함량 분석 결과를 Table 4에 나타냈다. 설탕 매실청(SM)의 주요 유리당은 sucrose와 그 구성당인 glucose, fructose가 검출되었으며, 매실청 저장 15일차에 sucrose 함량이 53.31% (w/w)의 비율로 차지하다가

Table 3. Change in pH and Brix values of *maesil-cheong* during storage period

Storage period (days)	°Brix		pH	
	SM	TM	SM	TM
15	57.30±0.28 ¹⁾	58.60±0.14	2.92±0.01	2.97±0.03
20	56.65±0.35	57.30±0.42	2.90±0.01	2.99±0.06
25	55.75±1.63	56.65±0.35	2.83±0.09	3.00±0.06
30	54.90±2.55	56.30±0.28	2.87±0.20	2.88±0.01
40	54.55±3.18	56.25±0.21	2.88±0.10	2.87±0.06
60	54.75±3.04	55.40±1.13	2.86±0.05	2.97±0.01
90	54.80±3.96	55.95±0.35	2.86±0.01	2.93±0.06

¹⁾The values are mean±SD (n=2).

Table 4. Changes in amygdalin content of *maesil-cheong* during storage period

Storage period (days)	Amygdalin (ppm)	
	SM	TM
15	61.78±0.98 ¹⁾	36.80±0.14
20	71.08±0.04	55.41±0.46
25	81.00±0.15	61.68±0.65
30	96.26±0.24	69.73±0.01
40	113.85±0.75	78.47±0.17
60	135.02±0.07	105.62±0.02
90	167.76±2.83	124.72±0.21

¹⁾The values are mean±SD (n=2).

저장기간이 길어지면서 저장 90일차에 이르러서는 10.83% (w/w) 까지 감소하게 되었다. Glucose와 fructose는 저장 15일차에 각각 5.08, 4.41% (w/w)를 차지하다가 90일차에는 각각 25.37, 25.61% (w/w)까지 증가하는 경향을 보였다. 저장 기간에 따라 두 당류의 생성 비율이 1:1로 유지되는 것으로 보아 sucrose의 가수 분해를 통해 생성되는 것으로 이해된다. 반면 투라노스 매실청(TM)은 저장 90일차에 투라노스가 57.37% (w/w) 수준으로 잔존하였으며, 저장 15일차에 74.06% (w/w) 함량 비율을 나타냈었으나 저장 90일차에 이르러 다소 감소한 경향을 나타냈다(Fig. 1). 이는 투라노스 구조의 가수분해를 통해 감소하였다기 보다는 저장기간이 증가하면서 매실 원물이 가지고 있던 수분과 투라노스의 삼투현상이 진행되어 희석효과 인해 관찰되는 것으로 판단된다. 투라노스 매실청(TM)으로부터 저장 기간에 따라 분해 산물인 glucose

와 fructose가 전혀 검출되지 않았다는 사실도 이를 간접적으로 증명하고 있다. 이는 투라노스가 내산성이 우수하다는 Han 등 (2021)의 연구결과와 일치되는 현상이다. 또한 설탕과 달리 투라노스는 매실청의 숙성 저장 기간 동안 전혀 가수분해가 진행되지 않아서 섭취 시 단당류 형태인 glucose나 fructose의 흡수를 통한 열량 섭취나 혈당지수 상승이 제한될 수 있어 보다 비만예방에 긍정적인 효과를 가져올 것으로 보인다(Park 등, 2016; Tian 등, 2019).

매실청의 숙성 기간 중 유기산 함량 변화

설탕 및 투라노스로 당칩시켜 매실청을 제조했을 때 저장기간 별 매실청에서 침출된 유기산 함량 비교분석 결과를 Fig. 2에 나타냈다. 본 연구에서는 oxalic acid (옥살산), malic acid (사과산), citric acid (구연산)까지 총 3가지 유기산을 대상으로 분석하였다. 설탕 매실청(SM)에서 oxalic acid, malic acid, citric acid는 저장 15일차에 각각 0.27, 5.99, 7.13 mg/g 수준으로 검출되었고, 90일차에 0.89, 7.38, 9.85 mg/g으로 측정되어 저장기간이 길어짐에 따라 이들 유기산의 함량도 점차 증가하는 경향을 보였다. 또한 각 저장기간 별 가장 많이 침출된 유기산은 citric acid>malic acid >oxalic acid 순으로, 이는 매실청 제조 시 당칩을 위해 사용한 서로 다른 당류 중 설탕을 이용하여 제조한 매실청의 유기산 함량을 분석한 Mun 등(2019)의 연구결과와 유사하였다. 투라노스 매실청(TM)에서도 malic acid와 citric acid는 저장기간이 증가하면서 함량이 높아졌지만, oxalic acid는 설탕 매실청(SM)에서와는 상이한 결과를 보였고, 저장 15일차에 0.74 mg/g에서 90일차에 0.69 mg/g로 측정되어 뚜렷한 변화는 보이지 않았다. 저장기간 90일차에 총 유기산 함량인 oxalic acid, malic acid, citric acid의 최종 함량을 합하여 비교 시, 설탕 매실청(SM)은 평균 18.12 mg/g, 투라노스 매실청(TM)은 평균 19.33 mg/g를 나타내어 매실청 제

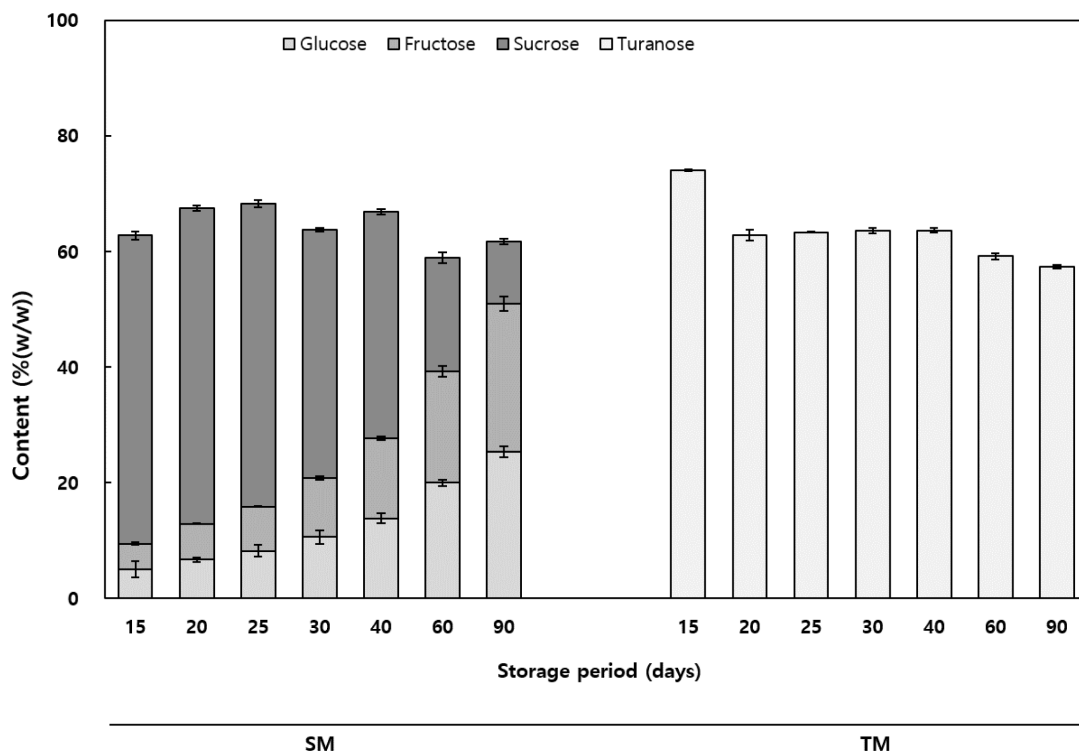


Fig. 1. Changes in sugar contents of *maesil-cheong* during storage period.

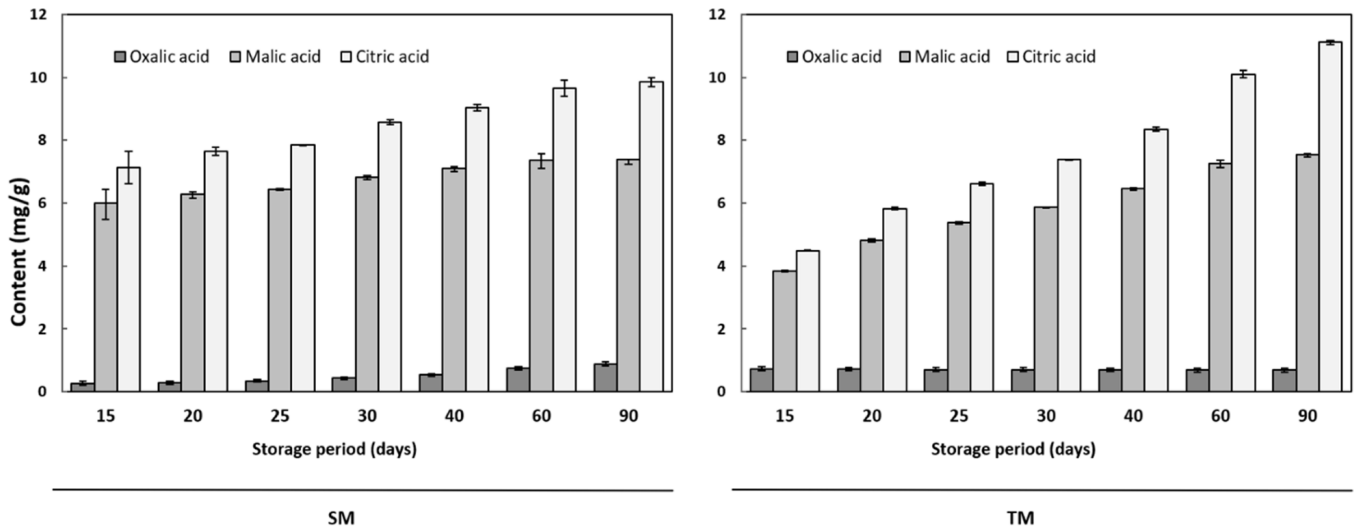


Fig. 2. Changes in organic acid contents of maesil-cheong during storage period.

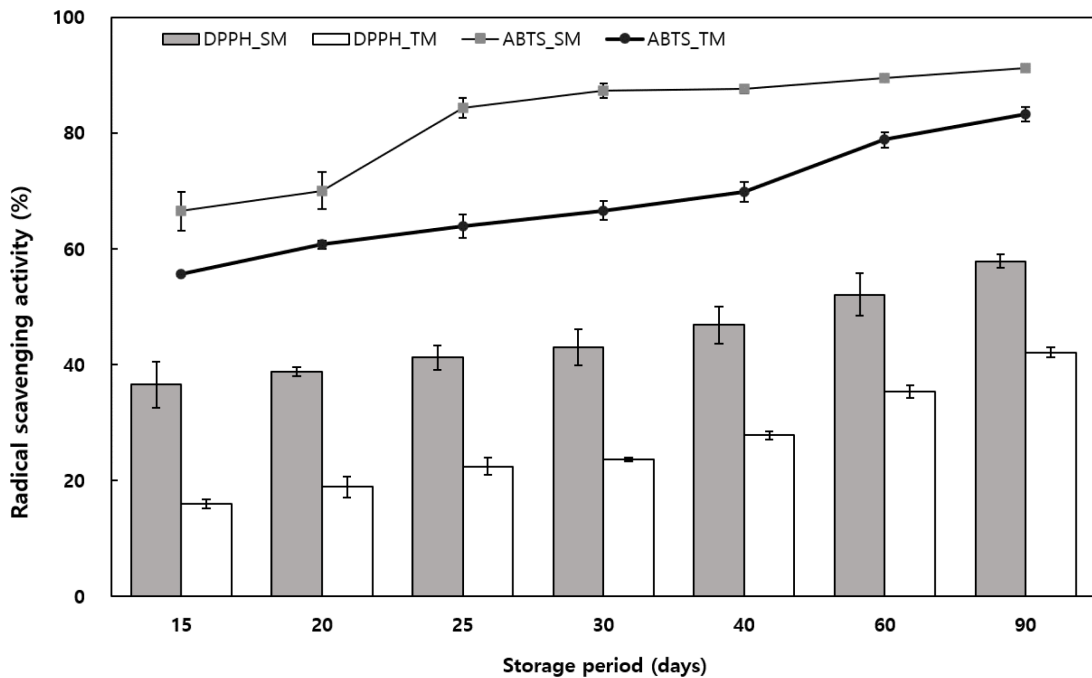


Fig. 3. Changes in antioxidant activities of maesil-cheong during storage period.

조에 있어서 설탕으로 제조된 매실청보다 투라노스로 제조된 매실청에서 더 많은 유기산이 매실 과육으로부터의 침출 과정을 통해 측정되는 것으로 보인다.

매실청의 숙성 기간 중 아미그달린 함량 변화

매실청의 저장기간 90일 동안 설탕 및 투라노스 매실청의 아미그달린 함량 변화를 확인하였다(Table 4). 이들 매실청 샘플의 아미그달린의 함량은 저장 15일차에서 90일차까지 각각 61.78과 36.80 ppm 수준에서 167.76과 124.72 ppm으로 변화가 관찰되었으며 반수치사량(LD₅₀)인 5,000 mg/kg보다 현저히 낮은 수치를 보였다(Shim 등, 2000). 투라노스 매실청(TM)의 아미그달린 함량은 설탕 매실청(SM)보다 저장 전 기간에서 상대적으로 낮게 측정되었지만 저장기간이 길어질수록 매실청에서 침출된 아미그달린 함

량 증가하는 양상은 같음을 알 수 있는데, 이는 매실 당침 90일차까지 아미그달린 함량이 증가하였다는 Cho 등(2019)과 Son 등(2017)의 연구결과와 유사하다. 한편, Kim 등(2002)의 연구에서는 매실 당침액의 아미그달린 함량이 본 연구에서 검출된 수준보다 높은 함량을 나타내는데, 이는 사용한 매실 품종, 당침 조건 등이 상이하하여 나타나는 차이로 판단된다.

매실청 저장 기간에 따른 DPPH radical 소거활성 측정

저장기간 별 설탕 및 투라노스 매실청의 항산화 활성을 DPPH radical 소거활성법으로 측정할 결과를 Fig. 3에 나타냈다. 저장 15일차에 설탕 매실청(SM)과 투라노스 매실청(TM)이 보여주는 DPPH radical 소거활성에 근거한 항산화 활성은 각각 36.54, 15.95%로 측정되었고, 저장 90일차에서는 각각 57.91, 42.14% 소

거능을 나타냈으며 설탕 매실청(SM)이 투라노스 매실청(TM)보다 다소 높은 radical 소거활성을 보였고, 두 매실청 모두 저장 기간에 의존적으로 높아지는 경향을 보여주었다. Hwang 등(2004)은 0.01% 농도의 매실 과육 및 매실즙의 DPPH radical 소거활성이 각각 34.25와 42.99%라고 보고하였으며, 이는 본래 매실 자체가 함유한 항산화 효과를 가지는 물질이 당칩 저장 기간 중에 침출되어 높은 항산화 효능을 나타내는 것으로 보인다.

매실청 저장 기간에 따른 ABTS radical 소거활성 측정

매실청의 ABTS radical 소거활성을 측정한 결과에서는 DPPH assay와 같이 저장 기간에 의존적인 경향을 보였으며 그 결과는 Fig. 3에 나타났다. 설탕 및 투라노스 매실청은 저장 15일차에 각각 66.50와 55.69%의 radical 소거활성을 보이며, 90일차에는 각각 91.27와 83.26% 수준의 결과값을 보여주었다. ABTS assay에서도 설탕 매실청(SM)으로부터 다소 높은 항산화 활성이 측정되었고, 이는 항산화물질의 침출 확산 속도의 차이가 있을 수 있을 것으로 예상된다. 부가적으로 저장 기간에 따른 매실청의 총 폴리페놀 함량을 측정한 결과, 저장 15일차에 설탕 및 투라노스로 제조된 매실청은 각각 0.23, 0.19 mg GAE/g으로, 저장 90일차에는 0.43, 0.41 mg GAE/g 수준의 함량을 보였다. 투라노스 매실청(TM)은 설탕 매실청(SM)의 총 폴리페놀 함량 결과와 유사하게 저장기간이 길어질수록 증가하는 경향을 나타내며 투라노스로 제조한 매실청 섭취 시 항산화 효과를 발휘할 것으로 기대해 볼 수 있다.

요 약

본 연구는 설탕과 투라노스를 이용한 매실청의 주요 유리당과 유기산, 아미그달린의 함량 및 항산화 활성을 측정하여 설탕 대체 감미료로써 이용된 투라노스의 건강기능식품원료로서의 가능성을 확인하고자 하였으며, 이에 따른 건강기능성 투라노스 매실청 제품 개발의 기초자료를 제공하고자 하였다. 매실과 첨가당의 비율을 1:1로 하여 제조한 설탕 및 투라노스 매실청을 저장일 15, 20, 25, 30, 40, 60, 90일에서 각각 취하였다. 저장기간동안 설탕 및 투라노스 매실청의 pH는 각 2.83-2.92, 2.87-3.00의 범위를 보였으며 당도는 54.55-57.30, 55.40-58.60°Bx로 관찰되었고, 두 당류로 제조된 매실청 모두 pH 및 당도의 변화는 저장 기간에 따라 유의적으로 관찰되지 않았다. 저장 기간 동안 설탕 매실청의 유리당은 저장 기간과 반비례하게 sucrose의 함량은 점차 감소하여 최종적으로 11% (w/w) 잔존하였고, glucose와 fructose는 저장 기간과 비례하게 증가하는 경향을 보였으며 최종적으로 각각 25와 26% (w/w) 잔존하는 것으로 관찰되었다. 설탕 및 투라노스 매실청에서의 유기산 함량 분석에서 oxalic acid, malic acid 및 citric acid가 관찰되었으며 두 매실청 모두 citric acid가 가장 높은 함량을 차지하고 있었다. 설탕 매실청(SM)은 매실 과육으로부터 침출된 유기산에 의해 sucrose가 가수분해되어 glucose와 fructose함량이 증가하는 경향을 나타내는 반면, 투라노스 매실청(TM)에서 투라노스는 저장 전 기간 동안 구성당으로의 가수분해가 일어나지 않아 glucose와 fructose는 검출되지 않았으며, 저장 기간 초기에는 매실 과육 속의 수분 침출로 인한 희석 효과로 인해 투라노스 함량이 소량 감소하는 경향을 보이며 저장 중기 이후에는 변화를 보이지 않았다. 따라서, 투라노스 매실청 섭취 시 설탕 섭취로 인한 혈당 증가로 인해 발생할 수 있는 질병을 예방할 수 있을 것으로 판단된다. 독성을 나타낼 수 있는 매실청 유래 아미그달린 함량의 경우 저장 기간이 증가할수록 두 가지

당류를 사용한 매실청 모두 증가하는 양상을 보여주었으나 설탕 매실청(SM)보다 투라노스 매실청(TM)에서 저장 전 기간 동안 상대적으로 낮게 측정되었으며, 설탕 및 투라노스 매실청에서 최종적으로 검출된 아미그달린 함량은 각각 167.76과 124.72 ppm으로 반수치사량(LD₅₀)보다 낮은 농도로 확인되어 독성에 대한 위험수준은 매우 낮다고 볼 수 있다. 또한 두 매실청 모두 저장 기간에 따라 항산화능이 증가하는 경향을 나타냄으로써 체내 활성산소 발생을 억제하는 효과를 기대할 수 있으며, 매실청 제조 시 설탕 대체 당류로 투라노스를 이용하면 건강기능성을 갖춘 식품으로써 제품 개발 가능성이 높을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ01560003)의 지원을 받아 수행되었으며 이에 감사드립니다.

References

- Bae MJ, Yoo SH. Changes in oligosaccharide content during the storage period of maesil cheong formulated with functional oligosaccharides. *Korean J. Food Sci. Technol.* 51: 169-175 (2019)
- Barakat H. Amygdalin as a plant-based bioactive constituent: a mini-review on intervention with gut microbiota, anticancer mechanisms, bioavailability, and microencapsulation. *Proceedings.* 61: 15 (2020)
- Bolarinwa IF, Orfila C, Morgan MR. Amygdalin content of seeds, kernels and food products commercially-available in the UK. *Food Chem.* 152: 133-139 (2014)
- Cha HS, Hwang JB, Park JS, Park YK, Jo JS. Changes in chemical composition of Mume (*Prunus mume* Sieb. et Zucc) fruits during maturation. *Korean J. Food Preserv.* 6: 481-487 (1999)
- Cho JW, Kim BY, Choi SJ, Jeong JB, Kim HS. Change in amygdalin contents of maesil (*Prunus mume*) wine according to preparation steps and its characteristics. *Korean J. Food Sci. Technol.* 51: 42-47 (2019)
- Cho JW, Kim BY, Jeong JB, Kim HS. Changes in amygdalin contents and characteristics of maesil (*Prunus mume*) liqueur during leaching and ripening. *Korean J. Food Sci. Technol.* 50: 697-700 (2018)
- Chung JY, Kim YS, Kim Y, Yoo SH. Regulation of inflammation by sucrose isomer, turanose, in raw 264.7 cells. *J. Cancer Prev.* 22: 195-201 (2017)
- Han DJ, Lee BH, Yoo SH. Physicochemical properties of turanose and its potential applications as a sucrose substitute. *Food Sci. Biotechnol.* 30: 433-441 (2021)
- Hwang JY, Ham JW, Nam SH. Effect of maesil (*Prunus mume*) juice on the alcohol metabolizing enzyme activities. *Korean J. Food Sci. Technol.* 36: 329-332 (2004)
- Kim E, Ahn JA, Jang JK, Lee MA, Seo SH, Lee EJ. Consumer perceptions and attitudes towards reducing sugar intake. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 44: 1865-1872 (2015)
- Kim SG, Bang KW, Woo SO, Kim SK, Kim HY, Choi HM, Moon HJ, Han SM. Citric acid, minerals contents, and antioxidant activities of maesil (*Prunus mume* fruit) cheongs formulated using different honeys. *J. Apic.* 35: 75-80 (2020)
- Kim YD, Kang SK, Hyun KH. Contents of cyanogenic glucosides in processed foods and during ripening of Ume according to varieties and picking date. *Korean J. Food Preserv.* 9: 42-45 (2002)
- Mun KH, Lee HC, Jo AH, Lee SH, Kim NYS, Park EJ, Kang JY, Kim JB. Effect of sugared sweeteners on quality characteristics of *Prunus mume* fruit syrup. *Korean J. Food Nutr.* 32: 161-166 (2019)
- Paik IY, Chang WR, Kwak YS, Cho SY, Jin HE. The effect of *Prunus mume* supplementation on energy substrate levels and fatigue induction factors. *J. Life Sci.* 20: 49-54 (2010)
- Park HY, Choi HD, Kim YS. Research trend in sugar alternatives.

- Food Sci. Ind. 49: 40-54 (2016)
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radic. Biol. Med. 26: 1231-1237 (1999)
- Roos Y, Karel M. Phase transitions of amorphous sucrose and frozen sucrose solutions. J. Food Sci. 56: 266-267 (1991)
- Shim BS, Choi SH, Park JK. Study on toxicity, anti-cancer and NK cell activity of lateril oil. J. Korean Orient. Oncol. 6: 19-28 (2000)
- Simperler A, Kornherr A, Chopra R, Bonnet PA, Jones W, Motherwell WDS, Zifferer G. Glass transition temperature of glucose, sucrose, and trehalose: an experimental and in silico study. J. Phys. Chem. 110: 19678-19684 (2006)
- Son SJ, Jeong YJ, Kim SY, Choi JH, Kim NY, Lee HS, Bae JM, Kim SI, Lee HS, Shin JS, Han JS. Analysis of amygdalin content *Prunus mume* by variety, harvest time, and fermentation conditions. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 46: 721-729 (2017)
- Tian Y, Deng Y, Zhang W, Mu W. Sucrose isomers as alternative sweeteners: properties, production, and applications. Appl. Microbiol. Biotechnol. 103: 8677-8687 (2019)
- Woelders H, Matthijs A, Engel B. Effects of trehalose and sucrose, osmolality of the freezing medium, and cooling rate on viability and intactness of bull sperm after freezing and thawing. Cryobiology. 35: 93-105 (1997)
- Woo SO, Yeo JH, Hong IP, Han MS, Baek HJ, Jung HJ, Kim SG, Jang HR, Han SM. Physicochemical characteristics of honey maesil (*Prunus mume*) extracts. J. Apic. 29: 299-304 (2014)
- Yildirim AN, Akinci-Yildirim F, Polat M, San B, Sesli Y. Amygdalin content in kernels of several almond cultivars grown in turkey. Hort. Sci. 49: 1268-1270 (2014)