

기능성 올리고당으로 제조한 매실청의 저장기간 중 올리고당 함량 변화

배문주¹ · 유상호^{1,*}

세종대학교 식품생명공학과, 탄수화물소재연구소

Changes in oligosaccharide content during the storage period of maesil cheong formulated with functional oligosaccharides

Moon-Joo Bae¹ and Sang-Ho Yoo^{1,*}

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

Abstract This study was carried out to produce the health functional food maesil cheong by replacing sucrose with isomaltooligosaccharide and fructooligosaccharide. The substitution levels of these oligosaccharides were between 10% and 100%. A 1:1 (w/w) mixture of maesil and sugar was adopted for preparing maesil cheong. The pH of maesil cheong remained unchanged (between 2.72 and 3.00) during 90-day storage period, regardless of oligosaccharide content. Citric and malic acids were identified in maesil cheong; citric acid accounted for 71-82% of the total organic acid content. Sucrose was completely liquefied in the sample after 30 days and was hydrolyzed steadily into fructose and glucose over the storage period. More than 75% of isomaltooligosaccharides remained in maesil cheong after 90 days when sucrose was completely replaced with isomaltooligosaccharide. However, fructooligosaccharides were mostly decomposed at the end of storage period. Thus, isomaltooligosaccharides may be suitable for acidic maesil cheong products to expect its health functional effect.

Keywords: maesil cheong, *Prunus mume*, fructooligosaccharide, isomaltooligosaccharide, sucrose

서 론

매실(*Prunus mume* Sieb. et Zucc.)은 장미과 매화나무의 핵과로 당분과 칼슘, 철분 등 미네랄이 풍부할 뿐만 아니라 시트르산, 사과산, 수산, 타타르산, 석신산 등 각종 유기산을 다량 함유하고 있는 알칼리성 식품으로 피로회복과 노화예방에 효과가 있다고 알려져 있다. 또한 매실은 예로부터 건위, 주독, 해독 및 구충 용도의 한약재로 이용되어 왔으며 민간에서는 살균 효과와 설사, 변비, 위산과다, 위경련 등 소화기계 질병 및 호흡기계 질병에 대한 예방에 이용되어왔다(Bae와 Kim, 1999; Hwang, 2005). 최근에는 항산화성, 항혈전, 아질산염 소거, 피로회복 등의 효과를 규명하기 위한 연구가 진행되어 왔으며 매실 알코올 추출물의 치아우식증 예방과 암세포의 성장억제 및 apoptosis를 유발하는 항암효과가 밝혀졌다(Choi 등, 2007; Hwang 등, 2004a; Hwang 등, 2004b; Seo 등, 2008). 또한 당 침출액의 *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhimurium*, *Vibrio parahaemolyticus* 대한 항균 효과가 보고되어 매실의 다양한 생리활성 및 건강기능성 효능에 대한 관심이 지속되고 있다(Chung 등, 2011; Ko 등, 2009). 그러나 매실은 수확 후 2-3일 이내에 급속한 후숙 작

용으로 보관 및 유통이 제한되어 매실주, 당 침출액, 염절임 등 제한된 형태로 가공될 뿐 그 활용 방안이 다양하지 못하여 매실 가공제품의 표준화를 위한 연구와 저장성 향상을 위한 연구 등이 진행되어 왔다(Kwon 등, 2006; Shin과 Lee, 2012).

일반적으로 가정에서 제조하는 매실청은 매실과 설탕을 1:1의 비율로 혼합하여 90일간 저장한 후 매실을 건져내고 그 액만 보관하여 사용한다(Lim과 Eun, 2012). 그러나 2016년 한국소비자원 소비자안전국 식의약안전팀 안전보고서(Cha, 2016)에 따르면 설탕의 섭취에 대한 부정적 시각에 따라 매실청 제조 시 저열량 감미료 및 기능성 올리고당 등으로 설탕의 일부를 대체하는 방법에 대한 관심이 증가하는 추세다. 매실청 제조 시 기능성 올리고당류의 사용은 기존의 설탕의 물성적, 가공특성적 단점과 비만, 당뇨를 유발하는 문제점을 극복할 수 있게 하는 동시에 인체 내에서 유용 세균인 유산균과 비피더스균의 증식 인자로 작용하여 장 건강의 긍정적인 효과를 기대할 수 있다(Lee 등, 2003). 이소말토올리고당(isomaltooligosaccharide, IMO)은 전분을 원료로 만든 감미료이며, 우수한 감미성, 보습성, 전분질 식품의 노화방지 및 장내유용세균 증식, 충치예방 효과를 가지고 있다. 프락토올리고당(fructooligosaccharide, FOS)은 우엉, 양파, 마늘, 바나나 등 천연 식품에 소량 함유되어 있으며 감미도는 설탕의 20-40% 정도이다(Huh, 1995; Seo, 1994). 현재까지 매실청 외에도 과실잼, 정과, 당절임 등의 제조 시 첨가되는 설탕을 기능성 올리고당으로 대체하는 다양한 연구들이 진행되어 왔다(Choi 등, 2014; Jung 등, 2017; Kim 등, 2017; Ryu, 2001; Song 등, 2004). 그러나 설탕의 농도를 낮추어 제조한 매실 발효액의 경우 알코올 발효가 증가하며 유익한 유기산의 농도가 감소하고, 항균 활성이 떨어진다는 Kim 등(2011)의 보고가 있다.

*Corresponding author: Sang-Ho Yoo, Department of Food Science and Technology, 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 February 14, 2019; revised March 5, 2019;
accepted March 6, 2019

본 연구는 매실청 제조 시 첨가하는 당류인 설탕을 기능성 올리고당으로 대체함에 따른 효과를 검증하고자, 국내에서 생산 소비되는 주요 기능성 올리고당인 이소말토올리고당과 프락토올리고당을 적용한 당류 저감과 건강기능성을 갖춘 매실청의 개발을 위한 기초 자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

재료 및 시약

하동에서 재배하여 2017년 6월 초순에 수확한 남고 청매실을 온라인 구매하였으며, 황설탕(TS Corporation Co., Ltd., Seoul, Korea)과 이소말토올리고당은 수분 제외 50% 이상(Ottogi Co., Ltd., Gyeonggi, Korea)제품을 프락토올리고당은 수분 제외 60% 이상(CJ Cheiljedan, Seoul, Korea)제품을 시중에서 구입하여 추가적인 정제없이 사용하였다. 정량 분석에 사용된 표준 물질로, glucose, fructose, maltose, sucrose, nigerose, maltotriose, panose, maltotetraose, maltopentaose, maltohexaose, maltoheptaose, 1-kestose와 nystose는 Sigma-Aldrich Chemical Co. (St. Louis, MO, USA)의 것을 사용하였다. Isomaltose, isomaltotriose와, isomaltotetraose는 Carbosynth Ltd. (Berkshire, UK)의 것을, kojibiose와 1F-fructofuranosylnystose는 Wako Pure Chemical Industries, Ltd. (Osaka, Japan)의 것을 사용하였다. HPLC 분석을 위한 acetonitrile과 distilled deionized water는 HPLC 등급의 것을 Sigma-Aldrich Chemical Co.로부터 구입하였다.

매실청 제조

수제한 청매실을 실온에서 표면에 물기가 없도록 건조한 후 매실과 당의 비율을 1:1 (w/w)로 각각 500 g씩 소독된 용기에 병입하였다. 설탕(500 g)은 기능성 올리고당에 의해 설탕 중량의 10, 20, 50과 100%로 대체되었다. 제조한 매실과 당의 혼합물은 밀봉 후 실온 보관하며 2주 간격으로 용기를 흔들어 주었다. 미리 결정된 당침 기간(30, 60과 90일)에 매실을 건져낸 당침액을 -80°C 에 보관하여 분석 시료로 사용하였다. 한편 설탕 중량의 10, 20, 50과 100%를 이소말토올리고당으로 대체하여 제조된 매실청들은 각각 PI-10, PI-20, PI-50과 PI-100으로 명명하였으며, 프락토올리고당으로 대체하여 제조된 매실청들은 PF-10, PF-20, PF-50과 PF-100으로 하였다. 이들의 대조군으로는 설탕만을 사용하여 제조된 매실청(PS)으로 하였다.

pH, 당도 및 수분활성도

희석하지 않은 매실청의 pH, 당도와 수분활성도는 각각 pH 미터(S20-SevenEasy, Mettler Toledo, Giessen, Germany), 당도측정기(N-2E, Atago, Tokyo, Japan)와 수분활성도 측정기(LabMaster-aw, Novasina AG, Lachen, Switzerland)를 이용하여 측정하였다.

유기산 정량

매실청 1.0 g에 HPLC 등급 탈이온수 20.0 g을 가하여 희석한 후 시료로 사용하였다. 희석된 시료는 800 rpm으로 5분간 고속 진탕하고 4,000 rpm으로 5분간 원심분리하여 상층액을 0.45 μm syringe filter로 여과한 후 3 μL 를 HPLC-DAD (Agilent 1100, Agilent Technologies, Palo Alto, CA, USA)에 주입하여 분석을 수행하였다. 매실청의 유기산 분석을 위한 세부적인 조건은 Table 1에 제시하였다. 유기산 분석용 column으로는 Prevail organic acid (150 \times 4.6 mm, 5 μm , Alltech Grace, Deerfield, IL, USA)를, 이동상으로는 KH_2PO_4 3 g을 탈이온수 1 L에 용해하여 degassing한 후

사용하였다. 이동상의 유속을 0.6 mL/min으로 하여 유기산들을 분리하였다. 유기산 표준 물질을 시료와 동일한 조건에서 분석하여 머무름 시간을 비교하여 확인하였으며, 각각의 검량 곡선에 대입하여 유기산의 함량을 결정하였다.

환원당 정량

냉동저장된 매실청은 5°C 에서 해동하여 HPLC 등급 탈이온수를 이용하여 200배 희석하고 0.2 μm syringe filter로 여과하여 HPAEC-PAD (ED50 electrochemical detector, Thermo Fisher Scientific, Sunnyvale, CA, USA)의 분석 시료로 하였다. Column은 CarboPac PA1 (4 \times 250 mm, Thermo Fisher Scientific)을 사용하였으며 HPAEC-PAD 분석조건은 Table 2와 같다. Sucrose, fructose와 glucose를 표준물질로 하여 시료와 동일한 조건에서 분석한 후 머무름 시간을 비교하여 동정하였으며, 각각의 검량 곡선을 이용하여 그 함량을 결정하였다.

이소말토올리고당 정량

이소말토올리고당(isomaltooligosaccharide, IMO)의 정량 분석은 식품 및 식품첨가물 공전 제 7일반시험법(KFDA, 2017)을 바탕으로 진행되었다. 5°C 에서 보관되었던 시료 1 g을 4배의 HPLC 등급 탈이온수에 희석 후 0.45 μm syringe filter로 여과하여 HPLC-RID (Agilent 1100, Agilent Technologies, Palo Alto, CA, USA)로 분석하였다. 먼저 크기배제형 이온교환계 컬럼인 Aminex HPX-42A Carbohydrate (7.8 mm \times 300 mm, Bio-Rad, Hercules, CA, USA)으로 이소말토올리고당의 중합도 별 정량 값을 구한 후, 역상분배계 컬럼인 YMC Polyamine2 (4.6 mm \times 250 mm, YMC Inc, Kyoto, Japan)으로 앞에서 구한 중합도 별 정량 값에 직쇄당 성분과 분지당 성분의 비를 적용하여 최종 이소말토올리고당의 함량을 산출하였다. Aminex HPX-42A Carbohydrate 분석 조건은 Table 3과 같으며, YMC Polyamine2의 분석 조건은 다음

Table 1. The operating conditions of HPLC for organic acid analysis

Parameter	Conditions
Analytical column	Prevail TM Organic Acid (150 \times 4.6 mm, 5 μm)
Injection volume	3 μL
Column temperature	25°C
Mobile phase	KH_2PO_4 3 g/L (pH 2.5 with phosphoric acid)
Detector	UV-DAD (210 nm)
Flow rate	0.6 mL/min

Table 2. The operating conditions of HPLC for sucrose analysis

Parameter	Conditions
Analytical column	Dionex CarboPac PA1 (4 \times 250 mm)
Injection volume	20 μL
Column temperature	30°C
Mobile phase	36 mM NaOH from 0-20 min, 200 mM NaOH from 20-40 min, 36 mM NaOH from 40-60 min (re-equilibration)
Detector	PAD
Flow rate	1.0 mL/min

Table 3. The operating conditions of HPLC for IMO analysis

Parameter	Conditions
Analytical column	Aminex HPX-42A (7.8×300 mm)
Injection volume	10 µL
Column temperature	30°C
Mobile phase	water 100%
Detector	RID
Flow rate	0.6 mL/min

Table 4. The operating conditions of HPLC for FOS analysis

Parameter	Conditions
Analytical column	YMC polyamine2 (4.6×250 mm)
Injection volume	10 µL
Column temperature	30°C
Mobile phase	acetonitrile 64% (v/v)
Detector	RID
Flow rate	1.0 mL/min

의 프락토올리고당의 분석 조건 Table 4와 동일하다.

프락토올리고당 정량

프락토올리고당(fructooligosaccharide, FOS)의 분석은 식품 및 식품첨가물 공전 제7 일반시험법(KFDA, 2017)을 바탕으로 진행하였다. 5°C에서 해동한 시료 1 g을 4배의 HPLC 등급 탈이온수에 희석한 후 0.45 µm syringe filter로 여과하여 HPLC-RID (Agilent 1100, Agilent Technologies, Palo Alto, CA, USA)의 분석 시료로 사용하였다. 컬럼은 YMC polyamine2 (4.6 mm×250 mm, YMC Inc, Kyoto, Japan)이며 분석 조건은 Table 4와 같다. 5% (w/w) glycerol (G5516, Sigma-Aldrich Chemical Co.)를 내부 표준품으로 사용하였으며, 1-kestose, nystose와 1F-fructofuranosylmystose를 동일한 조건으로 분석하여 머무름 시간을 비교하고 각각의 검량 곡선을 작성하여 정량 값을 산출하였다.

통계분석

유기산 분석은 1회 측정된 결과를 그대로 나타내었으며, 당도, pH 및 수분활성도는 3회, 환원당 및 올리고당 분석은 6회 측정하여 평균값±표준편차로 나타내었다. SAS 프로그램(Version 9.4, SAS Institute Inc, Cary, NC, USA)을 이용하여 one-way ANOVA 분석 후 Tukey's test로 시험군과 대조군의 유의성을 p<0.05 수준에서 검정하였다.

결과 및 고찰

당도, pH 및 수분활성도

매실청의 당도, pH 및 수분활성도 분석결과를 Table 5와 Table 6에 각각 나타냈다. 매실청의 당도는 저장 30일에 40.90-57.00°Bx의 범위에서 저장 90일에 41.03-56.53°Bx의 범위로 저장기간에 따른 유의적인 차이는 관찰되지 않았다(Table 5). 이는 저장기간 동안 삼투압에 의한 매실 과육으로부터의 수분의 용출은 저장30일 이전에 완료된 것으로 판단된다. 또한 매실청 제조 시 적용한 기능성 올리고당의 종류에 관계없이 설당을 대체하는 이들의 첨가량 비율이 높을수록 당도는 낮아지는 경향을 보였다. 이는 고상

Table 5. Sucrose content of *Prunus mume* Sieb. et Zucc. syrup

	Sucrose content (°Bx)		
	30 days	60 days	90 days
PS ¹⁾	57.00±0.20 ^a	56.57±1.37 ^a	56.53±1.36 ^a
PI-10	55.33±0.31 ^a	56.34±0.29 ^a	56.03±0.55 ^{ab}
PI-20	51.43±0.49 ^a	53.07±1.68 ^{ab}	53.00±1.00 ^b
PI-50	48.10±0.36 ^a	49.50±3.04 ^b	48.00±0.00 ^c
PI-100	40.90±1.39 ^a	41.50±0.50 ^c	41.03±1.38 ^d
PF-10	54.33±2.08 ^a	54.67±1.89 ^a	54.70±1.54 ^{ab}
PF-20	54.27±0.30 ^a	54.27±0.46 ^a	54.47±0.42 ^{ab}
PF-50	48.80±1.39 ^a	49.07±1.50 ^b	49.07±0.90 ^c
PF-100	41.47±1.10 ^a	42.17±1.04 ^c	41.90±1.61 ^d

Values are mean±SD (n=3), values sharing the same letters within columns are not significantly different at p<0.05.

¹⁾PS: mixing ratio of sucrose 100%, PI-10: mixing ratio of sucrose and IMO=90:10, PI-20: mixing ratio of sucrose and IMO=80:20, PI-50: mixing ratio of sucrose and IMO=50:50, PI-100: mixing ratio of IMO 100%, PF-10: mixing ratio of sucrose and FOS=90:10, PF-20: mixing ratio of sucrose and FOS=80:20, PF-50: mixing ratio of sucrose and FOS=50:50, PF-100: mixing ratio of FOS 100%.

인 설탕과 액상인 기능성 올리고당류의 수분함량 차이에서 나타난 결과로 판단된다. pH는 저장 30일에 2.72-2.80의 범위에서 완만하게 증가하여 저장 90일에 2.82-3.00 범위에 도달하였으며(Table 6), 이는 Ko 등(2010)의 매실 당 절임 제품의 pH를 2.7-2.9로 보고한 결과와 유사하였다. 매실청 시료에 첨가한 당의 종류 및 설탕과 기능성 올리고당의 함량 비율에 따른 pH 변화의 유의적 경향성은 관찰되지 않았으며, 이러한 현상은 매실청의 pH는 제조 시 사용된 매실의 산성도에 의해 결정되는 것으로 생각할 수 있다. 모든 매실청 시료의 수분활성도는 0.85-0.96 범위였으며 저장 기간에 따른 유의적 변화는 관찰되지 않았다(Table 6). 그러나 대체한 기능성 올리고당의 함량 비율이 높을수록 수분활성도가 증가하는 경향성을 보였는데, 이러한 경향도 매실청의 수분함량의 차이에서 기인한 것이며, 이소말토올리고당과 프락토올리고당 간의 유의적 차이는 관찰되지 않았다. Kim 등(1995)의 이소말토올리고당과 프락토올리고당의 보습력이 설탕보다 높지만 두 기능성 올리고당 간의 차이는 없다는 결과와 일치하였다.

유기산 함량

제조된 매실청들의 유기산 함량을 분석하여 그 결과를 Fig. 1에 제시하였다. 모든 매실청들에서 구연산(citric acid)과 사과산(malic acid)이 검출되었으며, 이 중 구연산의 함량은 전체 유기산 함량의 71-82%를 차지하였으며, 처리군들간에 차이를 나타내었다(Fig. 1). 이는 매실과 매실청의 유기산 분석결과, 구연산 함량이 가장 풍부하다고 보고되었던 기존의 연구 결과들과 일치한다(Cha 등, 1999; Ha 등, 2005; Ko 등, 2010). 또한 매실청을 제조 시 첨가한 당 중 설탕의 비율이 50% 이상인 매실청들(PS, PI-10, PI-20, PF-10, PF-20)의 경우 저장 기간이 경과할수록 유기산의 함량이 증가하는 경향이 관찰되었으나, 기능성 올리고당의 함량 비율이 50% 이상인 매실청들(PI-50, PI-100, PF-50, PF-100)의 경우에는 더 이상의 변화를 나타내지 않았다(Fig. 1). 구연산 함량은 설탕 100%로 제조한 매실청(PS)을 30일간 저장한 시료에서 122.0 mg/g으로 가장 낮게 나타났으며, 이소말토올리고당 100%로 제조한 매실청(PI-100)을 90일 동안 침지한 시료가 161.1 mg/g으로 가장 높았다. 기능성 올리고당의 종류와 관계없이 매실청 제조 시 당 사용량의 50% 이상 기능성 올리고당을 사용한 처리군

Table 6. pH and water activity of *Prunus mume* Sieb. et Zucc. syrup

	pH			Water activity		
	30 days	60 days	90 days	30 days	60 days	90 days
PS ¹⁾	2.72±0.02 ^a	2.85±0.06 ^a	2.82±0.02 ^b	0.89±0.00 ^{fg}	0.87±0.00 ^{fg}	0.85±0.00 ^g
PI-10	2.76±0.04 ^a	2.86±0.01 ^a	2.89±0.05 ^{ab}	0.90±0.00 ^{ef}	0.88±0.00 ^{df}	0.86±0.00 ^{ef}
PI-20	2.80±0.07 ^a	2.90±0.05 ^a	2.90±0.04 ^{ab}	0.91±0.00 ^{de}	0.89±0.00 ^{cd}	0.87±0.01 ^{cd}
PI-50	2.80±0.03 ^a	2.94±0.06 ^a	3.00±0.02 ^a	0.93±0.01 ^{bc}	0.91±0.00 ^b	0.90±0.00 ^b
PI-100	2.80±0.04 ^a	2.96±0.05 ^a	2.97±0.07 ^a	0.95±0.00 ^a	0.95±0.00 ^a	0.96±0.00 ^a
PF-10	2.80±0.04 ^a	2.89±0.03 ^a	2.92±0.05 ^{ab}	0.88±0.01 ^g	0.86±0.01 ^g	0.85±0.01 ^{fg}
PF-20	2.74±0.02 ^a	2.87±0.03 ^a	2.90±0.02 ^{ab}	0.90±0.00 ^{ef}	0.87±0.00 ^f	0.86±0.00 ^{efg}
PF-50	2.77±0.10 ^a	2.90±0.09 ^a	2.93±0.05 ^{ab}	0.91±0.00 ^{cd}	0.89±0.01 ^c	0.88±0.00 ^c
PF-100	2.80±0.05 ^a	2.92±0.05 ^a	2.95±0.01 ^a	0.93±0.00 ^b	0.92±0.00 ^b	0.90±0.00 ^b

Values are mean±SD (n=3), values sharing the same letters within columns are not significantly different at $p<0.05$.

¹⁾PS: mixing ratio of sucrose 100%, PI-10: mixing ratio of sucrose and IMO=90:10, PI-20: mixing ratio of sucrose and IMO=80:20, PI-50: mixing ratio of sucrose and IMO=50:50, PI-100: mixing ratio of IMO 100%, PF-10: mixing ratio of sucrose and FOS=90:10, PF-20: mixing ratio of sucrose and FOS=80:20, PF-50: mixing ratio of sucrose and FOS=50:50, PF-100: mixing ratio of FOS 100%.

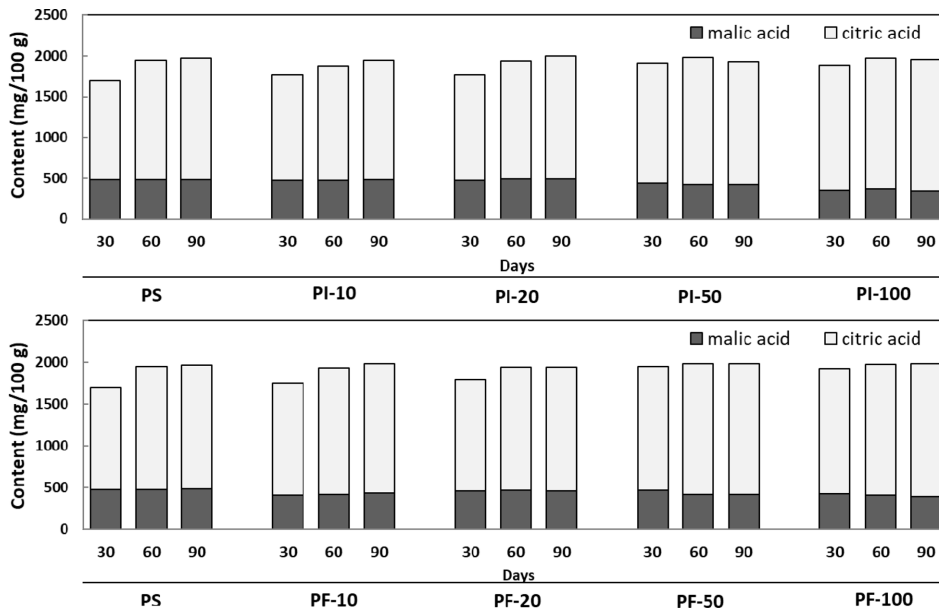


Fig. 1. Organic acid contents of *Prunus mume* Sieb. et Zucc. syrup. PS: mixing ratio of sugar 100%, PI-10: mixing ratio of sugar and IMO=90:10, PI-20: mixing ratio of sugar and IMO=80:20, PI-50: mixing ratio of sugar and IMO=50:50, PI-100: mixing ratio of IMO 100%, PF-10: mixing ratio of sugar and FOS=90:10, PF-20: mixing ratio of sugar and FOS=80:20, PF-50: mixing ratio of sugar and FOS=50:50, PI-100: mixing ratio of FOS 100%

들의 경우 처리군들에 따라 저장 30일이 경과한 후, 혹은 저장 60일이 경과한 후에 설탕 100%인 PS보다 구연산 함량이 높은 것으로 관찰된 반면, 저장 90일에서는 모든 처리군들에서 구연산의 함량의 차이가 유의적이지 않은 것으로 관찰되었다. 이는 설탕과 달리 기능성 올리고당의 경우 액상 형태로 첨가되어 저장 초기에 상대적으로 높은 수분 함량으로 인해 매실 과육으로부터 구연산의 확산속도 차이에 기인한 것으로 보인다. 식품의약품안전처에서 발표한 2016년 건강기능식품 기능성 원료 인정 현황에 따르면 매실추출물의 기능 성분인 구연산의 1일 섭취 기준은 1-1.3g으로 매실청을 1:4로 희석하여 200 mL 음용 시 4.88-6.44 g의 구연산을 섭취하게 되므로 모든 기능성 올리고당 첨가 농도 및 저장 기간별 매실청 샘플이 건강기능식품 기준 규격에 적합하다(KFDA, 2016a). Ko 등(2010)은 매실 당질원의 관능평가결과 유기산 함량이 높을수록 기호도가 우수했다는 보고에 따라 설탕을 기능성 올리고당으로 대체한 매실청의 건강기능성 및 기호성

이 우수할 것으로 판단된다.

침지 저장 기간 중 환원당 함량 변화

매실청들의 sucrose와 그 구성당인 fructose 및 glucose의 함량을 Fig. 2에 나타내었다. 설탕 100% 첨가 매실청(PS)의 경우 제조 시 첨가한 500 g의 sucrose가 90일 저장 후 137.9 g까지 감소하였으며, 설탕이 첨가되지 않은 PF-100에서는 저장기간 30일에서 일시적으로 sucrose의 함량이 다소 증가하는 양상을 나타내었다(Fig. 2). 마찬가지로 설탕이 첨가되지 않은 PI-100의 경우는 전 저장 기간 동안 sucrose가 검출되지 않았다. 설탕과 기능성 올리고당을 함께 투입한 매실청의 경우 sucrose 함량이 저장기간에 비례하여 뚜렷한 감소 경향을 나타내었으며, 저장 90일 경과 시 첨가량 대비 71-90%가 감소하였다(Fig. 2). 이소말토올리고당이 첨가된 시료의 경우 sucrose, fructose와 glucose의 함량이 제조 시 첨가한 설탕의 양에 비례하여 PI-10 (sucrose:IMO=90:10)는

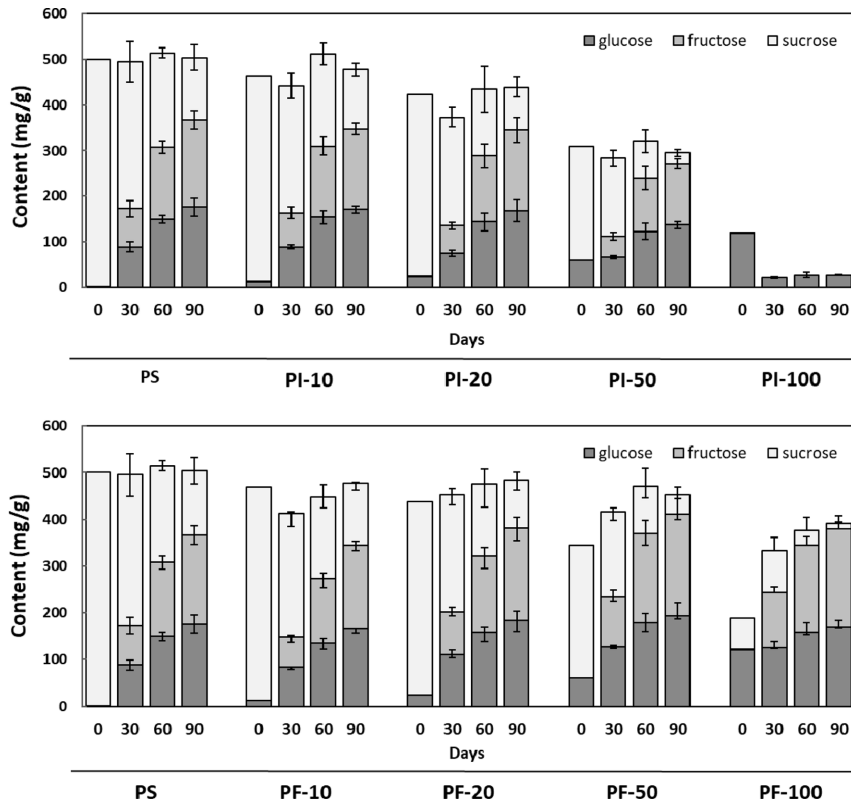


Fig. 2. Sucrose contents of *Prunus mume* Sieb. et Zucc. syrup. PS: mixing ratio of sugar 100%, PI-10: mixing ratio of sugar and IMO=90:10, PI-20: mixing ratio of sugar and IMO=80:20, PI-50: mixing ratio of sugar and IMO=50:50, PI-100: mixing ratio of IMO 100%, PF-10: mixing ratio of sugar and FOS=90:10, PF-20: mixing ratio of sugar and FOS=80:20, PF-50: mixing ratio of sugar and FOS=50:50, PI-100: mixing ratio of FOS 100%

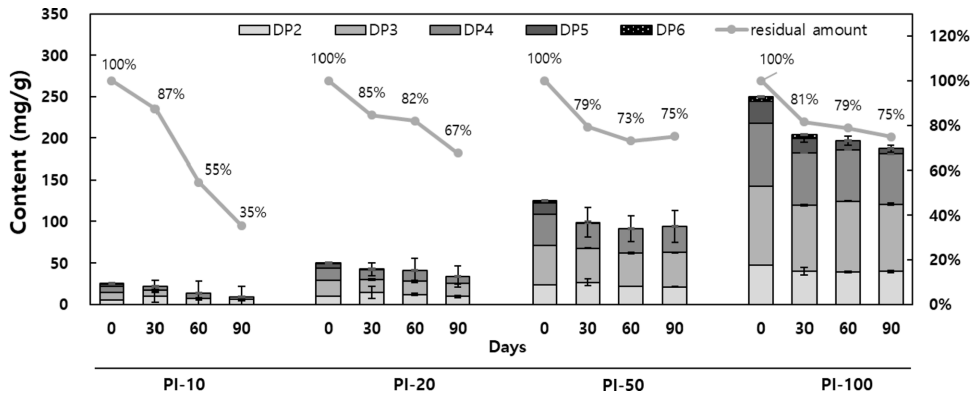


Fig. 3. Total IMO contents of *Prunus mume* Sieb. et Zucc. syrup. PI-10: mixing ratio of sugar and IMO=90:10, PI-20: mixing ratio of sugar and IMO=80:20, PI-50: mixing ratio of sugar and IMO=50:50, PI-100: mixing ratio of IMO 100%, Values are mean±SD (n=6).

462.28-477.45 mg/g, PI-50 (sucrose:IMO=50:50)의 경우 283.31-320.71 mg/g 범위였으나, 프락토올리고당이 첨가된 시료의 경우 첨가된 설탕 함량에 비례하는 경향성을 보이지 않았다(Fig. 2). Cha 등(1999)은 품종과 수확 시기 별 차이가 있기는 하나 매실의 유리당 함량은 275-923 mg/100 g으로 보고하였으며, 이는 본 실험에서 제조된 매실청에 1:1 비율로 첨가한 당류에 비하여 극히 미미한 양으로 매실의 유리당이 매실청의 유리당 함량에 영향을 주었다고 보기는 어렵다. 결과적으로 샘플 저장 과정 중 sucrose의 가수분해가 직접적인 glucose와 fructose의 증가로 이어지는 것을 알 수 있었다.

침지 저장 기간 중 이소말토올리고당의 함량 변화

이소말토올리고당(isomaltooligosaccharide, IMO)의 함량 분석 결과를 Fig. 3에 나타냈다. 매실청들의 제조에 사용된 이소말토올리고당의 함량은 저장 30일까지 다소 감소하였으며 이후부터는 감소량이 완만하게 줄어들어 저장 90일까지 유지되는 것이 관찰되었다(Fig. 3). PI-10 (sucrose:IMO=90:10)의 이소말토올리고당 함량은 저장 90일 경과 후 35%인 것에 비해, PI-100 (IMO 100%)는 75%로 관찰되었으며, 이는 초기 투입량과 잔존량의 비율로 인한 결과이며, 90일 저장기간 동안 감소량은 16.2-62.9 mg/g의 범위에 있었다. 기능성 올리고당류 100% 첨가 매실청을 기준으로

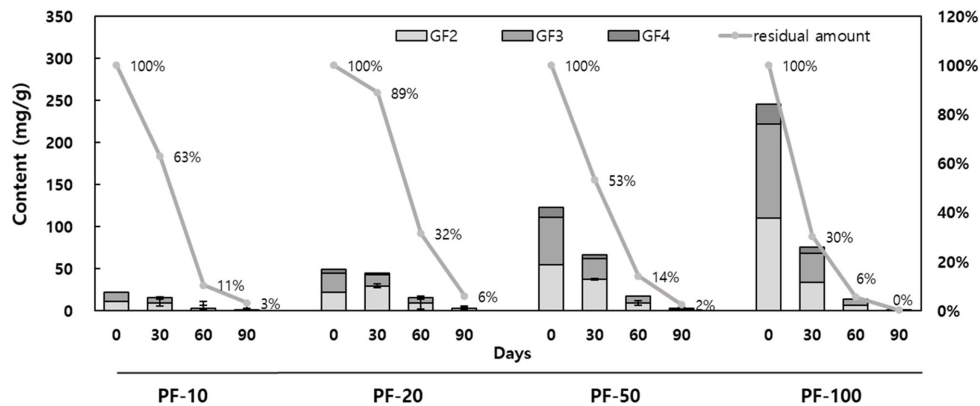


Fig. 4. Total FOS contents of *Prunus mume* Sieb. et Zucc. syrup. PF-10: mixing ratio of sugar and FOS=90:10, PF-20: mixing ratio of sugar and FOS=80:20, PF-50: mixing ratio of sugar and FOS=50:50, PI-100: mixing ratio of FOS 100%. The values in the graph were presented as the mean±SD (n=6).

90일 저장 시 대부분 분해되었던 프락토올리고당에 비하여 이소말토올리고당은 75% 잔존하였으며 이는 매실청의 pH범위에서 이소말토올리고당의 내산성이 상대적으로 우수한 것으로 판단된다. 더욱이 저장기간 동안 삼투압으로 인한 매실 과육으로부터의 수분 용출을 감안한다면 실제 잔존하는 이소말토올리고당 성분의 비율은 더욱 높을 것으로 예상된다. Kim 등(1995)에 따르면, 이소말토올리고당은 pH 3.0, 120°C에서 안정하므로 이소말토올리고당이 첨가된 매실청을 가열 조리에서 사용하여도 화학적 구조 및 기준에 보고된 생리적 기능성을 유지할 것으로 생각된다. 이소말토올리고당은 생리활성기능 2등급으로 장내 유익균 증식 및 유해균 억제와 배변활동에 도움을 주는 것으로 인정된 건강기능식품기능성원료다(KFDA, 2016b). 일일섭취 기준은 8-12g으로 이소말토올리고당 100%로 제조한 PI-100를 1:4로 희석하여 200 mL 음용 시 7.99 g의 이소말토올리고당을 섭취하게 되므로 건강기능식품 기준에 근접한 함량으로 기능성 올리고당으로 인한 건강기능성을 기대해 볼 수 있다.

침지 저장 기간 중 프락토올리고당의 함량 변화

프락토올리고당(fructooligosaccharide, FOS)의 함량 분석 결과는 Fig. 4에 나타났다. 매실청 제조에 사용된 프락토올리고당은 저장기간에 비례하여 유의적으로 감소하는 경향을 보였으며 초기 30일 후 첨가량 대비 급격히 감소하였으며 90일 경과 후에는 대부분 분해되어 2% 이하로 잔존하는 것을 확인하였다. 앞서 환원당 함량을 분석한 결과(Fig. 2)에 의하면, 프락토올리고당을 첨가한 매실청들의 경우 sucrose, fructose와 glucose의 함량이 설탕의 첨가량에 비례하지 않았던 것은 프락토올리고당의 분해로 생성된 fructose와 glucose의 증가로 인한 결과로 해석된다. Kim 등(1995)은 기능성 올리고당류의 내산성은 프락토올리고당이 이소말토올리고당에 비하여 pH 3 이하에서 화학구조의 불안정함을 보고하였으며, 결과적으로 pH 2.7-2.9 범위인 매실청에 프락토올리고당을 사용하는 것은 적절하지 않은 것으로 판단된다.

요 약

본 연구는 국내에서 생산 소비되는 주요 기능성 올리고당류인 이소말토올리고당과 프락토올리고당을 이용하여 당류 저감과 함께 건강 기능성을 갖춘 매실청의 개발을 위한 기초 자료를 제공하고자 하였다. 매실과 설탕을 1:1로 배합하는 매실청 제조 방법에 따라 매실과 동일 무게의 설탕을 이소말토올리고당과 프락토

올리고당으로 각각 10, 20, 50, 100% 비율로 대체하였으며, 제조 후 30일 간격으로 3회(30, 60과 90일) 매실청을 취하였다. 제조된 매실청의 당도는 40.90-57.00°Bx 범위였으며, 저장기간 3개월 평균 설탕 100% (PS)인 대조군은 56.7°Bx, 이소말토올리고당 100% (PI-100)는 41.1°Bx, 프락토올리고당 100% (PF-100)는 41.8°Bx로 나타났다. 매실청의 pH는 2.72-3.00 범위로 관찰되었으며, 기능성 올리고당류의 종류 및 첨가량, 저장 기간에 따른 유의적 관계는 관찰되지 않았다. 유기산 함량 분석 결과 구연산(citric acid)과 사과산(malic acid)이 관찰되었으며, 구연산의 함량이 총 유기산 함량의 71-82%를 차지하였다. 제조된 매실청들의 저장기간 중 당류 함량의 변화를 관찰한 결과, sucrose의 함량은 제조 시 사용된 설탕의 양에 비례하였고, 저장기간에 반비례하는 경향을 보였으나, 구성당인 fructose와 glucose의 함량은 저장기간에 비례하여 증가하는 경향을 보였다. 이는 제조 시 사용된 sucrose가 분해되어 fructose와 glucose의 증가로 나타난 것으로 판단할 수 있다. 이소말토올리고당과 설탕이 함께 사용된 시료의 경우 설탕의 첨가량에 비례하는 경향이 뚜렷하였으나, 프락토올리고당과 설탕을 함께 첨가한 매실청의 경우는 그 경향성이 관찰되지 않았다. 이는 이소말토올리고당에 비해 내산성이 떨어지는 프락토올리고당의 경우 대부분 가수분해되어 fructose와 glucose의 증가에 영향을 준 결과로 생각된다. 매실청 내의 첨가된 기능성 올리고당의 함량은 프락토올리고당의 경우 90일 저장 시 대부분 분해되어 0-2%만 잔존하였으며, 이소말토올리고당은 75% 이상 잔존하는 것으로 관찰되었다. pH 2.72-3.00인 매실청에는 이소말토올리고당에 비하여 내산성이 떨어지는 프락토올리고당의 사용이 적절하지 않은 것으로 판단된다. 본 연구에서 제조된 모든 매실청 샘플은 사용된 당류의 비율과 저장 기간에 관계없이 매실 추출물의 건강기능성 원료 기준인 구연산(citric acid)의 함량을 충족하며, 이소말토올리고당100%로 제조한 매실청을 일일 50-75 g 섭취 시 이소말토올리고당의 건강기능성 기준에 합당하여 기능성 올리고당의 건강기능성 효과를 기대할 수 있다. 설탕을 기능성 올리고당류인 이소말토올리고당으로 적절히 대체한다면 당류 저감과 올리고당의 기능성을 갖춘 건강기능성 식품으로써 매실청의 이미지 제고에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 보인다.

References

Bae JH, Kim GJ. Effect of *Prunus mume* extract containing beverages on the proliferation of food-borne pathogens. J. East Asian

- Soc. Diet Life. 9: 214-222 (1999)
- Cha JI. Survey on content of homemade maesilcheong (extract of *Prunus mume*): Korea consumer agency safety report. Korea Consumer Agency, Seoul, Korea. pp. 1-20 (2016)
- 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. Tech. 6: 481-487 (1999)
- Choi HJ, Kang OH, Park PS, Chae HS, Oh YC, Lee YS, Choi JG, Lee GH, Kweon OH, Kwon DY. Mume Fructus water extract inhibits pro-inflammatory mediators in lipopolysaccharide-stimulated macrophages. J. Med. Food 10: 460-466 (2007)
- Choi SR, Park HJ, Jin HH. Quality characteristics of tangor jam including fructo oligosaccharide and isomalto oligosaccharide. Culi. Sci. Hos. Res. 20: 223-234 (2014)
- Chung YJ, Park C, Jeong YK, Choi YH. Apoptosis induction by methanol extract of *Prunus mume* fruits in human leukemia U937 cells. Korean J. Life Sci. 21: 1109-1119 (2011)
- Ha MH, Park WP, Seung CL, Cho SH. Organic acids and volatile compounds isolated from *Prunus mume* extract. Korean J. Food Preserv. Tech. 12: 195-198 (2005)
- Huh KT. Physiological functions of oligosaccharides. Food Sci. Ind. 28: 24-28 (1995)
- Hwang JY. Pharmacological effects of maesil (*Prunus mume*). Food Sci. Ind. 38: 112-119 (2005)
- 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 (2004a)
- Hwang JY, Ham JW, Nam SH. The antioxidant activity of maesil (*Prunus mume*). Korean J. Food Sci. Technol. 36: 461-464 (2004b)
- Jung KM, Choi MA, Park SI. Effect of oligosaccharides on quality characteristics and antioxidant activities of *Prunus persica* Batsch var. *dauriana* Max. preserved in sucrose. Culi. Sci. Hos. Res. 23: 163-172 (2017)
- KFDA. Korea health supplements food standard codex. Korea food and Drug Administration, Seoul, Korea. pp. 20 (2016a)
- KFDA. Korea health supplements food standard codex. Korea food and Drug Administration, Seoul, Korea. pp. 78 (2016b)
- KFDA. Korea Food and Drug administration. Standards and specifications of health functional foods. http://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/01_03.jsp?idx=11076. Accessed Jun. 15, 2017.
- Kim EJ, Baek SY, Li F, Choi HJ, Kim MR. Physicochemical characteristics and antioxidant activities of 'Etteum' doraji jungkwa substituted sucrose with oligosaccharides. Korean J. Food Cook Sci. 33: 625-635 (2017)
- Kim JR, Yook C, Kwon HK, Hong SY, Park CK, Park KH. Physical and physiological properties of isomalto oligosaccharides and fructooligosaccharides. Korean J. Food Sci. Technol. 27: 170-175 (1995)
- Kim EM, Yu BH, Sin YJ, Kim YJ. Quality characteristics of fermented juice of ripened Japanese apricot depending on different sugar contents. pp.110-110. In: 2011 Fall Conference of Korean J. Community Living Sci. October 7, Agricultural Science Library Conference Room, Rural Development Administration, Suwon, Korea. The Korean Society of Community Living Science, Changwon, Korea (2011)
- Ko YJ, Lee HH, Kim EJ, Kim HH, Son YH, Kim JY, Kang SD, An JH, Lee WS, Ryu CH. A study on the standardization of sucrose-preserved *Prunus mume* manufactured in Ha-Dong. Korean J. Life Sci. 20: 424-429 (2010)
- Ko MS, Yang JB. Antimicrobial activities of extracts of *Prunus mume* by sugar. Korean J. Food Preserv. 16: 759-764 (2009)
- Kwon DJ, Kim MH, Lee NH, Kwon OJ, Son DH, Choi UK. Quality characteristics of frozen maesil (*Prunus mume* Sieb. et Zucc) according to thawing method. J. Korean Soc. Food Cult. 21: 426-432 (2006)
- Lee MR, Lee KA, Ly SY. Improving effects of fructooligosaccharide and isomalto oligosaccharide contained in sponge cakes on the constipation of female college students. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 32: 621-626 (2003)
- Lim SJ, Eun JB. Processing and distribution of maesil, Japanese apricot in Korea. Food Sci. Ind. 45: 2-9 (2012)
- Ryu SP, Lee SJ, Jung HK, Kim HK, Cho DS, Lee SC. Effects of oligosaccharide supplemented diet on lipid metabolism in trained rats. Korean J. Sport Stud. 40: 871-881 (2001)
- Seo JH. Oligosaccharide research and development trend. Food Sci. Ind. 27: 8-11 (1994)
- Seo KS, Huh CK, Kim YD. Changes of biologically active components in *Prunus mume* fruit. Korean J. Food Preserv. 15: 269-273 (2008)
- Shin MG, Lee GH. Physicochemical and sensory characteristics of green *Prunus mume* power granule. J. Korea Soc. Food Sci. Nutr. 41: 970-974 (2012)
- Song IS, Lee KM, Kim MR. Quality characteristics of pumpkin jam when sucrose was replaced with oligosaccharides during storage. Korean J. Food Cook. Sci. 20: 279-286 (2004)