

## 대체 감미료를 활용한 저당 유자 시럽 제조 및 이화학적 특성 조사

박윤하 · 이보배\* · 임애은\*\* · 조정용\*\*\* · †남승희\*\*\*\*,\*\*\*\*\*

전남대학교 융합식품바이오공학과 석사과정생, \*전남농업기술원 과수연구소 농업연구사,  
\*\*전남대학교 융합식품바이오공학과 석사연구원, \*\*\*전남대학교 융합식품바이오공학과 교수,  
\*\*\*\*전남대학교 융합식품바이오공학과 연구교수, \*\*\*\*\*전남대학교 농업과학기술연구소 책임연구원

### Production Process and Physicochemical Characterization of Low-sugar Yuzu Syrup

Yunha Bak, Bo-Bae Lee\*, Ae Eun Im\*\*, Jeong-Yong Cho\*\*\* and †Seung-Hee Nam\*\*\*\*,\*\*\*\*\*

Master's Student, Dept. of Integrative Food, Bioscience and Biotechnology, Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea

\*Researcher, Fruit Research Institute of Jeollanamdo Agricultural Research and Extension Services, Haenam 59021, Korea

\*\*Master's Degree Researcher, Dept. of Integrative Food, Bioscience and Biotechnology, Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea

\*\*\*Professor, Dept. of Integrative Food, Bioscience and Biotechnology, Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea

\*\*\*\*Research Professor, Dept. of Integrative Food, Bioscience and Biotechnology, Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea

\*\*\*\*\*Senior Researcher, Institute of Agricultural Life Science Technology, Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea

### Abstract

Yuzu (*Citrus junos*) undergoes traditional processing to create preserved yuzu with a sugar content of 50%. This study aimed to produce low-sugar yuzu syrup using artificial or natural sweeteners instead of sugar. Among artificial sweeteners, maltitol showed minimal browning and lack of deposition at high temperatures. The addition of xanthan gum (0.2%) and carboxymethyl cellulose (0.2%) resolved the issue of layer separation and viscosity decrease of yuzu syrup. Alternatively, grain syrup, a natural sweetener, improved viscosity and homogeneity without the additives. Yuzu syrups were developed using yuzu juice and preserved yuzu, with maltitol (20-40%) or grain syrup (50-70%) as the sweetener. Yuzu syrups containing 35% maltitol (M35) or 55% grain syrup (G55) had less than 5% and 10% free sugar, respectively. These syrups exhibited taste patterns similar to commercial yuzu syrup in analysis using an electronic tongue. Furthermore, M35 and G55 contained yuzu flavonoids at concentrations of 19.82 mg/g and 24.09 mg/g, respectively. Antioxidant activity (DPPH, ABTS radical scavenging) of M35 and G55 was equivalent to 10.55, 17.59 mg/100 g of Vitamin C and 97.39, 33.92 mg/100 g of Vitamin C, respectively. Consequently, M35 and G55 offer promising alternatives to preserved yuzu, providing low-sugar yuzu syrups enriched with functional ingredients.

Key words: low-sugar, yuzu, maltitol, grain syrup, carboxymethyl cellulose, xanthan gum

### 서 론

유자(*Citrus junos*)는 감귤류의 일종으로, vitamin C, limonoid가 풍부하며, tannic acid, caffeic acid 등의 페놀성 화합물과 naringin, hesperidin 등과 같은 플라보노이드 화합물이 다량 함유되어 있다(Shin Y 2012). 또한 유자는 이러한 성분들에 기인하여 높은 항산화 활성을 비롯한 항염증, 항당뇨 그리고 항암 활성과 같은 건강상의 이점이 입증되었다(Yoo 등

2004a; Jeong 등 2023). 그러나 유자는 저장성이 좋지 않아 당 절임 형태인 유자청으로 주로 가공되며(Lee 등 2023), 이외에도 주스, 시럽, 잼, 젤리, 샐러드 드레싱 및 식초 등과 같은 다양한 제품들이 연구 되어 왔다(Yoo 등 2004b; Fukutome N 2020).

주로 시판되는 과일 청 역시 당 절임 제품으로 맛과 저장성을 부여하기 위해 40% 이상의 설탕이 함유되어 있다. 하지만 설탕의 과도한 섭취는 혈당을 과도하게 높이고, 충치, 비

\* Corresponding author: Seung-Hee Nam, Research Professor, Dept. of Integrative Food, Bioscience and Biotechnology, Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea. Tel: +82-62-530-0207, Fax: +82-62-530-2079, E-mail: namsh1000@jnu.ac.kr

만, 당뇨병과 같은 여러 질병의 원인이 된다(Rubio-Arreaez 등 2017). 이에 따라 설탕 대신 대체 감미료를 넣은 식음료가 인기를 얻고 있으며, 제로 슈가 음료, 젤리, 아이스크림, 과자와 같은 다양한 저당 제품이 연구되고 있다(Dunford 등 2022).

대체 감미료는 감미도에 따라 고감미료, 저감미료로 구분된다. 고감미료에는 수크랄로스, 아스파탐, 스테비아 등이 포함되며, 저감미료에는 당 알콜(말티톨, 자일리톨, 솔비톨, 만니톨), 올리고당, 기능성 당(알룰로스, 자일로스, 트레할로스) 등이 속한다(Kim 등 2016). 이중에서도 솔비톨은 glucose에 수소를 첨가하여 만든 당 알콜로, 설탕의 70%에 해당하는 감미도를 지니고 있다. 만니톨은 솔비톨의 이성체로, 감미도는 40~50%에 해당한다. 또한, 포도당과 솔비톨로 이루어진 이당 당 알콜인 말티톨은 설탕의 90%에 해당하는 감미도를 가지며, 열량과 혈당 지수(glycemic index, GI)는 설탕의 절반에 해당한다(Park 등 2016). 말티톨은 자일리톨과 동일한 수준의 충치 예방 효과가 있는 것으로 보고되었다. 기능성 당인 자일로스와 알룰로스는 혈당 상승을 억제하며, 특히 알룰로스는 체지방 감소 효과를 가진다(Maguire 등 2000; Kim 등 2016). 천연 당인 조청은 옥수수나 쌀 등의 전분질 곡류를 이용하여 제조된 식품으로, 총 폴리페놀 함량이 풍부하다(Wee 등 2016). 특히, 조청 제조 시 생성되는 말토올리고당은 단당류나 이당류에 비해 점도를 증가시켜 식품의 물성을 효과적으로 개선시킨다고 알려져 있다(Seog 등 2002).

가공식품은 기호성이 중요하므로, 무설탕 제품은 설탕의 맛을 유사하게 하면서도 물성, 저장성 등의 가공 특성 및 관능 특성을 부여할 수 있어야 한다(Kim 등 2016). 이에 따라 물성 및 관능적 측면을 개선할 수 있는 식품 첨가제의 사용이 요구된다. 시럽의 경우 설탕 대체 감미료를 사용 시 점도가 낮아진다는 단점이 있어, 증점제로 식품 첨가제가 사용되고 있다(Sikora 등 2003; Krystyan 등 2012; Lambert-Meretei 등 2021). 식품 첨가제는 유화제, 안정제, 증점제 및 겔화제 등으로 사용되는 첨가제로, 대표적으로 carboxymethyl cellulose(CMC)와 잔탄검 활용은 점도 및 안정성을 향상시켜 품질을 향상시킨다. 그 중 카라멜, 코코아 시럽에 식품 첨가제가 사용된 연구가 있지만, 대체 감미료와 식품첨가제를 이용한 저당 유자 시럽의 연구는 미비한 실정이다(Sikora 등 2003; Krystyan 등 2012; Fukutome N 2020).

따라서 본 연구에서는 설탕으로 절임 된 유자청 대신, 저감미료(말티톨, 만니톨, 솔비톨, 자일로스, 알룰로스) 또는 천연 당인 조청을 이용하여 저당 유자 시럽을 개발하고자 하였다. 또한, 이들의 제형 안정성, 이화학적 특성, 유리당 함량, 전자 혀를 통한 감각적 특성, 기능성 성분 함량 및 항산화 활성을 조사하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 재료 및 시약

본 실험에서는 2023년에 전라남도 고흥군 에덴식품영농조합(Goheung, Korea)에서 제조된 유자청과 유자즙을 사용하였다. 유자청은 유자 60%와 설탕을 40%를 혼합 숙성 후 착즙하여 제조되었으며, 유자즙은 첨가물 없이 순수한 유자만을 착즙한 제품을 사용하였다. 또한 경상북도 경산시에서 생산된 쌀 조청 제품을 활용하였다. 모든 화학 시약은 분석 등급으로 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH)는 Sigma-Aldrich(St. Louis, MO, USA)에서 구입하였다. 실험에 사용된 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl, Folin-denis reagent, gallic acid, quercetin, ascorbic acid는 모두 Sigma-Aldrich에서, 그리고 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)(ABTS)는 BIO BASIC Inc.(Ontario, Canada)에서 구입하여 사용하였다. 나머지 분석 시약은 90% 순도 이상의 품질을 갖춘 시약을 선택하여 사용하였다. 말티톨, 만니톨, 솔비톨, 자일로스, 알룰로스는 ES 식품원료(Gunpo, Korea)로부터 구입하여 사용하였다.

### 2. 설탕 대체 감미료 선발

유자 시럽에서 설탕을 대체할 감미료를 선발하기 위해, 유자청, 유자즙, 감미료를 3:3:4 비율로 제조하였다. 해당 배합 비율은 유자 60%와 설탕 및 감미료를 40% 함유하여 제조된 유자청의 조성도와 딸기와 당알코올을 65:35비율로 제조한 Park MK(2007)의 방법을 참고하였다. 또한 제조 시 사용되는 유자즙의 높은 산도(8.83%)는 기호도를 감소시키므로, 시럽 제조 시 동량의 유자청을 첨가하였다. 제조된 유자 시럽은 온도에 따른 품질 특성을 조사하기 위해, water bath(Heating Bath BS-31, Jeio tech., Daejeon, Korea)에서 60°C, 80°C, 100°C로 120 rpm, 30분간 가열하여 4°C에서 5일간 보관 후 제형 변화를 관찰하였다. 이후, 갈변도는 microplate spectrophotometer(Biotek Epoch, Winooski, USA)로 420 nm에서 측정하여 비교하였다(Lee 등 2008).

### 3. 시럽 품질 향상 위한 식품 첨가제 선발 및 특성 조사

유자청과 유자즙 혼합 시 발생하는 층 분리 현상 및 점도 개선을 위해 carboxymethyl cellulose(CMC), hydroxymethyl cellulose(HPMC), 잔탄검, 구아검, 펙틴, 젤란검 및 아라비아검과 같은 식품용 첨가제 7종을 선별하여 첨가하였다. 시료에 각 첨가제를 0.5% 비율로 투입하고 Tissue Ruptor(TR 12520423, QIAGEN Co., Hombrechtikon, Switzerland)를 사용하여 균질화한 후, 3일 이상 4°C에서 방치시켰다. 이후 점도는 점도계(Brookfield DV-II+Pro, AMTEK, Berwyn, PA, USA)를 이용하여 spindle no.5로 100 rpm에서 1분간 측정하였다.

균일도는 시럽을 2,544×g에서 10분간 원심분리(Combi 514R, Hanil Scientific Co., Incheon, Korea) 후, microplate spectrophotometer 를 이용하여 500 nm에서 상층액과 하층액의 흡광도 차이로 측정하였다(Mirhosseini 등 2008).

#### 4. 유자 시럽 제조

유자 시럽은 저감미료 중 선정된 말티톨을 이용한 유자 시럽(yuzu maltitol syrup)과 첨가제 없이도 물성을 증진시킬 수 있는 조청을 이용한 유자 시럽(yuzu grain syrup) 2가지로 각각 제조하였다. 말티톨 유자 시럽의 경우, 유자청의 조성을 참고하여 유자청과 유자즙을 최대 60% 함유하거나, 감미료인 말티톨을 최대 40% 함유할 수 있는 비율로 조성하였다(Table 1). 말티톨을 이용한 유자 시럽은 유자청, 유자즙, 말티톨 및 증점제를 혼합하여 제조하였다. 시럽을 제조할 때에는 먼저 말티톨 함량 별에 CMC와 잔탄검을 첨가하여 Tissue Ruptor를 사용하여 균질화한 후, 이에 유자청과 유자즙 및 물을 첨가하여 80℃에서 30분 동안 가열하였다. 가열 후에는 20℃까지 냉각하여 실온에서 보관하였다. 조청 유자 시럽의 경우, 유자즙을 약 50% 함유한 상업용 무설탕 유자 시럽의 조성을 참고하여 제조되었으며, 올리고당 함량 및 물성을 향상시키기 위해 조청의 양을 조절하여 배합비를 정하였다(Table 1). 유자청 함량 별, 조청 함량 별, 유자즙을 혼합하여 80℃에서 30분 동안 가열한 후 20℃까지 냉각하여 제조하였다. 최종적으로 제조된 유자 시럽을 이후 실험에 활용하였다.

#### 5. 당도, pH, 산도 및 색도

당도는 디지털 당도계(Pocket refractometer PAL-1, ATAGO Co., Ltd, Tokyo, Japan)로 측정하였다. pH는 pH meter(Ion S220, METTLER TOLEDO, Columbus, OH, USA)를 이용하여 대기 온도에서 pH 4와 pH 7 buffer로 보정한 후에 측정하였

다. 산도는 시료 1 g을 증류수 25 mL에 용해하여 사용하였으며, 시료 용액 10 mL에 1% phenolphthalein 50 µL를 첨가하고, 0.1 N NaOH를 첨가할 때 적색이 30초간 유지되는 시점까지 소비된 NaOH 양(mL)을 구연산을 기준으로 환산하여 백분율로 표시하였다. 색도는 시료 1 mL를 표준 백색 L\*=96.29, a\*=-0.44, b\*=1.32로 교정한 Colorimeter(Hunter color, Spectrophotometer NS-800, 3nh, Guangzhou, China)를 이용하여 L값(명도), a값(적색도), b값(황색도)를 측정하였다.

#### 6. 유리당 및 말토올리고당 분석

유리당 함량은 HPLC(Agilent 1260 infinity II LC series system, Agilent Technologies, Palo Alto, CA, USA)를 사용하여 분석하였다. ZORBAX Carbohydrate(4.6×250mm, 5-Micron, Agilent Technologies) column이 사용되었으며, 용매 조성은 80% acetonitrile을 20분간 isocratic으로 설정하여 분석하였다. 용매의 흐름 속도는 1.0 mL/min로 하였고, column의 온도는 30℃로 설정되었다. 시료는 10 µL 주입되었으며, refractive index detector(RID, Agilent Technologies)로 검출하였다(Won 등 2016). 표준 물질인 rhamnose, arabinose, xylose, fructose, galactose, glucose, sucrose, lactose, maltose(Sigma-Aldrich)를 각각 농도 별로 제조하여 peak 면적을 측정하고 회귀방정식을 통해 검량선을 작성하여 정량하였다.

말토올리고당은 샘플을 10배 희석하여 thin layer chromatography (TLC Silica gel 60 F254, Sigma-Aldrich)를 통해 분석하였다. 시료를 1 µL씩 점적하고, 전개 용매 nitromethane: 1-propanol: water=2:5:1.5 (v/v/v)로 2회 전개한 후, 황산발색용매(0.3% N-(1-Naphthyl) ethylenediamine dihydrochloride, 5% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> in methanol)로 발색했다. 그 후, 120℃ 오븐에서 5분 동안 굽고 spot을 확인하였다(Wang 등 2004). 말토올리고당의 표준물질로는 glucose(degree of polymerization 1; DP1), maltose(DP2),

**Table 1. Recipes of low-sugar yuzu syrup with maltitol or grain syrup**

Ingredients (%)	Yuzu maltitol syrup				Yuzu grain syrup			
	M20	M30	M35	M40	G50	G55	G60	G70
Maltitol	20	30	35	40	-	-	-	-
Grain syrup	-	-	-	-	50	55	60	70
Preserved yuzu	30	20	15	10	40	35	30	20
Yuzu juice	30	30	30	30	10	10	10	10
CMC <sup>1)</sup>	0.2	0.2	0.2	0.2	-	-	-	-
Xanthan gum	0.2	0.2	0.2	0.2	-	-	-	-
Water	19.6	19.6	19.6	19.6	-	-	-	-
Total	100	100	100	100	100	100	100	100

<sup>1)</sup> CMC: carboxymethyl cellulose.

maltotriose(DP3), maltotetraose(DP4), maltopentaose(DP5), maltohexaose (DP6), maltoheptaose(DP7), maltooctaose(DP8), maltonaose (DP9), maltododecaose(DP10)을 Carboexpert (Daejeon, Korea)에서 구입하여 사용하였다.

## 7. 전자 혀 분석

제조된 유자 시럽과 상업용 시럽 간의 맛 패턴과 유사성을 평가하기 위해 전자 혀(Astreez, Alpha MOS, Toulouse, France)를 사용하여 센텀테크(Centumtech Co., Seoul, Korea)에 의뢰하여 분석하였다. 전자 혀에 부착된 7가지 센서는 각각 AHS (sourness), ANS(bitterness), PKS(sweetness), NMS(umami), CTS(saltiness), CPS(보조 인자), SCS(보조 인자)이며, 이 중 CPS와 SCS를 제외한 5개의 센서 감응도를 0에서 10사이의 범위로 표현하였다. 각 시료를 10%로 희석한 후, 100 mL의 시료 용액을 120초 동안 3번 반복하여 측정하였다. 이를 통해 시료 간의 맛 특성 및 차이를 정량적으로 분석하였다(Kim 등 2019).

## 8. 총 폴리페놀, 총 플라보노이드 및 기능성 플라보노이드 성분 함량

총 폴리페놀 함량은 Folin-denis 방법을 일부 변형하여 측정했다(Slinkard & Singleton 1977). 시료 30  $\mu$ L를 증류수 32.5  $\mu$ L로 희석한 후, 이에 12.5  $\mu$ L의 Folin-denis 시약을 첨가하여 6분 동안 암소에서 반응시켰다. 이 혼합액에 12.5  $\mu$ L의 7% sodium carbonate와 250  $\mu$ L의 증류수를 첨가하고, 이후 60분간 암소에서 반응시킨 후 760 nm에서 microplate spectrophotometer로 흡광도를 측정하였다. Gallic acid를 표준 물질로 하여 검량선을 작성하였고, 이를 통해 총 폴리페놀 화합물 함량을 계산하여 mg gallic acid equivalent(GAE)/100 g로 나타내었다.

총 플라보노이드 함량은 Asokkumar 등(2010)의 방법을 응용하여 측정했다. 시료 20  $\mu$ L에 diethylene glycol 200  $\mu$ L와 2N NaOH 20  $\mu$ L를 첨가하고, 이를 37°C에서 30분간 반응시켰다. 이후 420 nm에서 microplate spectrophotometer로 흡광도를 측정하였다. 표준물질 quercetin를 이용하여 작성한 검량선을 통해 총 플라보노이드 화합물 함량을 구하였고, mg quercetin equivalent(QE)/100 g으로 나타내었다.

기능성 플라보노이드 함량은 HPLC를 사용하여, ZORBAX eclipse plus C18(4.6×250mm, 5-Micron, Agilent Technologies) 컬럼을 사용하였다. 용매 조성은 A: 0.1% formic acid in DW, B: acetonitrile로 설정되었다. 용매 구매는 A:80, B:20에서 시작하여 15~25분에는 A:65, B:35, 25.1~30분에는 A:55, B:45, 30.1~31분에는 A:20, B:80로 조절하여 분석하였다. 용매의 흐름속도는 1.0 mL/min로 설정하였고, column의 온도는 35°C로

고정되었다. 시료는 10  $\mu$ L 주입되었으며, diode array detectors(DAD, Agilent Technologies)로 280 nm에서 검출하였다. 표준물질인 naringin, narirutin, hesperidin, neohesperidin (ChromaDex, Irvine, CA, USA)을 각각 농도 별로 제조하여 peak 면적을 측정하고 회귀방정식을 통해 검량선을 작성하여 정량하였다.

## 9. DPPH 및 ABTS 라디칼 소거 활성

DPPH 라디칼 소거능은 Blois MS(1958)의 방법을 일부 변형하여 평가하였다. 각 농도의 시료 50  $\mu$ L에 1 mM DPPH 용액 250  $\mu$ L를 첨가한 후, 이 혼합물을 10분간 반응시켜 517 nm에서 microplate spectrophotometer로 흡광도를 측정하였다. ABTS 라디칼 소거능은 Re 등(1999)의 방법을 변형하여 측정했다. 시료 50  $\mu$ L와 ABTS reagent 250  $\mu$ L를 혼합하여 암소에서 30분 동안 반응시킨 후, 735 nm에서 microplate spectrophotometer로 흡광도를 측정하였다. ABTS reagent는 7 mM ABTS 950 mL와 2.5 mM potassium persulfate 50 mL를 혼합하여 4°C에서 12시간 이상 보관 후 사용하였다. DPPH 및 ABTS 라디칼 소거 활성 측정에 표준 물질로 ascorbic acid를 사용하였으며 각 농도에 대한 검량선을 작성하여 계산하였다. 시료의 소거 활성은 mg ascorbic acid equivalent(AAE)/100 g으로 나타내었다.

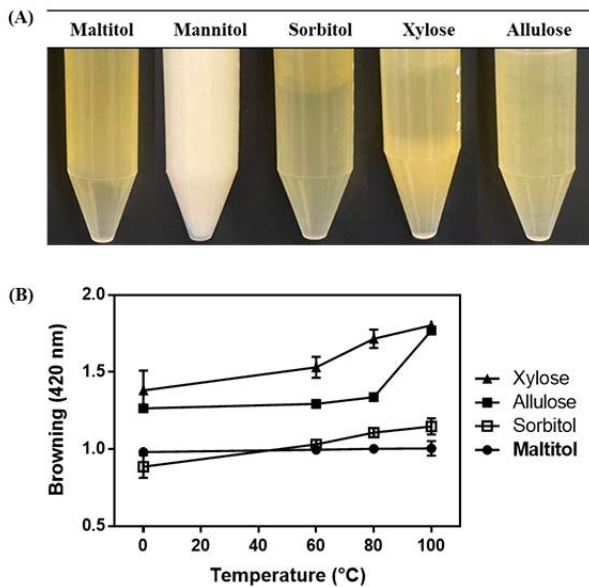
## 10. 통계분석

모든 실험 결과는 3회 이상 반복되었으며, 통계 분석은 SPSS 통계프로그램(Statistical Package for the Social Science, Ver. 26.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 각 시료군의 평균과 표준편차를 산출하였다. 시료 간의 유의적인 차이를 확인하기 위해 일원 배치 분산분석(One-way ANOVA)을 실시한 후, Duncan's multiple range test를 통해  $p < 0.05$ 의 유의수준에서 사후 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 설탕 대체 감미료 선정 및 품질 특성 조사

다량의 설탕이 함유된 유자청을 대체할 제품을 제조하기 위해 식품첨가물에 주로 사용되는 5가지 감미료를 사용하여 저당 유자 시럽을 제조하였다. 시럽은 제조 과정 중 각 성분의 혼합 및 살균을 위해 열 처리 과정이 필수적이다. 하지만 유자는 ascorbic acid 및 furfural, 5-hydroxymethyl furfural 등의 과즙 성분이 함유되어 있어 가열 온도에 따라 갈변하는 특성이 있다(Li 등 1990; Lee 등 2023). 또한 시럽 제조 시 감미료 종류에 따라 제형안정성에 영향을 미치므로(Yoon & Kim 2003), 대체 감미료 종류에 따른 유자 시럽의 가열 온도에 대한 제형 변화와 갈변도를 조사하였다(Fig. 1).



**Fig. 1. (A) Comparison of yuzu syrups with different alternative sweeteners in preserved yuzu and yuzu juice. (B) Variations in browning of yuzu syrup at different heating temperature with various alternative sweeteners.**

제조 5일 후 제형 변화를 조사한 결과, 가열 온도에 상관 없이 말티톨과 알룰로스는 층 분리 및 석출이 나타나지 않았으며, 솔비톨은 층 분리가 관찰되었다. 또한 만니톨과 자일로스는 석출되었으며, 특히 만니톨은 물에 대한 용해도가 18%(w/v)로 낮아(Soetaert 등 1999), 다량으로 첨가된 만니톨이 석출되어 시럽이 점차 혼탁해지는 현상이 나타났다(Fig. 1A). 이에 따라 가열 온도에 따른 갈변도는 만니톨을 제외하여 조사하였다.

가열 온도에 따른 갈변도를 조사한 결과, 말티톨을 제외한 모든 감미료는 온도가 높아짐에 따라 갈변도가 증가하였다. 100°C에서 가열 전후 갈변도의 차이는 알룰로스(0.505), 자일로스(0.422), 솔비톨(0.261), 말티톨(0.023) 순으로 높게 나타났다(Fig. 1B). 이는 알룰로스와 자일로스는 메일라드 반응으로 인해 온도가 높을수록 갈변을 유발한다는 보고와 일치하는 경향을 보였다(Lee 등 2020; Nakamura 등 2021). 비교적 낮은 갈변도를 나타낸 솔비톨은 설탕의 50%에 준하는 감미도를 지니며, 말티톨은 설탕의 90%의 감미도를 나타낸다(Kim 등 2016). 결과적으로 설탕과 유사한 감미도를 가진 말티톨을 이용한 유자 시럽이 다른 감미료보다 제형안정성이 높았으며, 갈변도 또한 고온에서도 가장 낮게 나타났다.

## 2. 물성 증진을 위한 식품 첨가제의 점도 및 균일도 조사 대체 감미료를 첨가한 시럽의 경우 설탕을 함유한 시럽보

다 점도가 낮아진다(Lambert-Meretei 등 2021). 이러한 단점을 극복하고자 잔탄검, 구아검, 젤란검 등의 식품 첨가제가 사용되고 있다(Sikora 등 2003; Krystyjan 등 2012). 따라서 본 연구에서는 이러한 식품 첨가제 7종을 말티톨이 함유된 유자 시럽에 0.5% 첨가하여 시럽의 균일도와 점도를 조사하였다.

비균일도(non-homogeneity)는 상층액과 하층액의 탁도(500 nm) 차이로 구하였으며, 비균일도가 낮을수록 균일도가 높다고 판단하였다. 식품첨가제 7종 중 무처리(CON)에 비해 HPMC, 펙틴, 젤란검 및 아라비아검은 오히려 탁도 차이가 0.11~0.29 더 높게 나타났으며, 층 분리가 관찰되었다(Table 2, Fig. 2A). 또한, 잔탄검( $\Delta$ O.D 0.14), 구아검( $\Delta$ O.D 0.19), CMC( $\Delta$ O.D 0.29) 순으로 탁도 차이가 낮았다. 점도를 조사한 결과, HPMC, 구아검, 젤란검, 아라비아검이 첨가된 시럽은 점도가 낮아 측정이 불가했으며, 펙틴(950 cP), 잔탄검(642 cP), CMC(150 cP) 순으로 시럽 점도가 높았다(Table 2). 하지만 잔탄검을 첨가 시 시럽이 응어리지는 현상이 발생하였는데(Fig. 2A), 이는 산성 조건의 유자 시럽에서 잔탄검이 유화 안정성은 증가하나 응집도가 증가한 것에서 기인된다(Sriprabom 등 2019).

이러한 결과를 통해, 제형안정제로 CMC 및 증점제로 잔탄검을 각각 0.1~0.3%, 0.1~0.4% 별로 첨가하여 점도를 측정하였다. 점도를 조사한 결과 CMC와 잔탄검의 함량이 높을수록 점도는 증가하였다. 그 중에서도 0.2% CMC와 0.2% 잔탄검을 복합 첨가했을 때, 점도가 924 cP로 유자청의 점도인 866 cP와 가장 유사하게 나타났으며 응어리지는 현상도 나타나지 않았다(Fig. 2B). 이는 과일 소스에 CMC와 잔탄검을 혼합하여 층 분리와 점도 저하를 예방한 이전 연구 결과와 일치하였다(Nilar & Myint 2012). 따라서 단독 사용 시보다 복합 사용 시 제형이 안정적이면서 물리적 특성이 향상되는 것을 확인하였으며(Hayati 등 2016), 추후 저당 유자 시럽 제조 시 0.2% CMC와 0.2% 잔탄검을 첨가하여 실험하였다.

## 3. 유자 시럽의 품질 특성

저당 유자 시럽의 품질특성으로 당도, pH, 산도, 색도, 점도를 측정하였으며, 대조구로 상업용 무설탕 유자 시럽 및 유자청을 사용하였다(Table 3).

말티톨을 이용한 유자 시럽(M20, M30, M35, M40)의 당도는 45.33~49.33 °Brix로 상업용 무설탕 유자 시럽에 비해 약 20 °Brix 낮았다(Table 3). 유자 시럽 내 말티톨의 함량의 증가에 따라 당도가 높은 유자청(65.33 °Brix)의 비율이 낮아져 시럽의 당도가 감소하였다. 이는 설탕 대신 자일리톨을 사용하여 당도가 낮은 홍시 스프레드를 제조한 Choi 등(2021)의 연구와, 고감미료인 sodium cyclamate 및 sodium saccharin

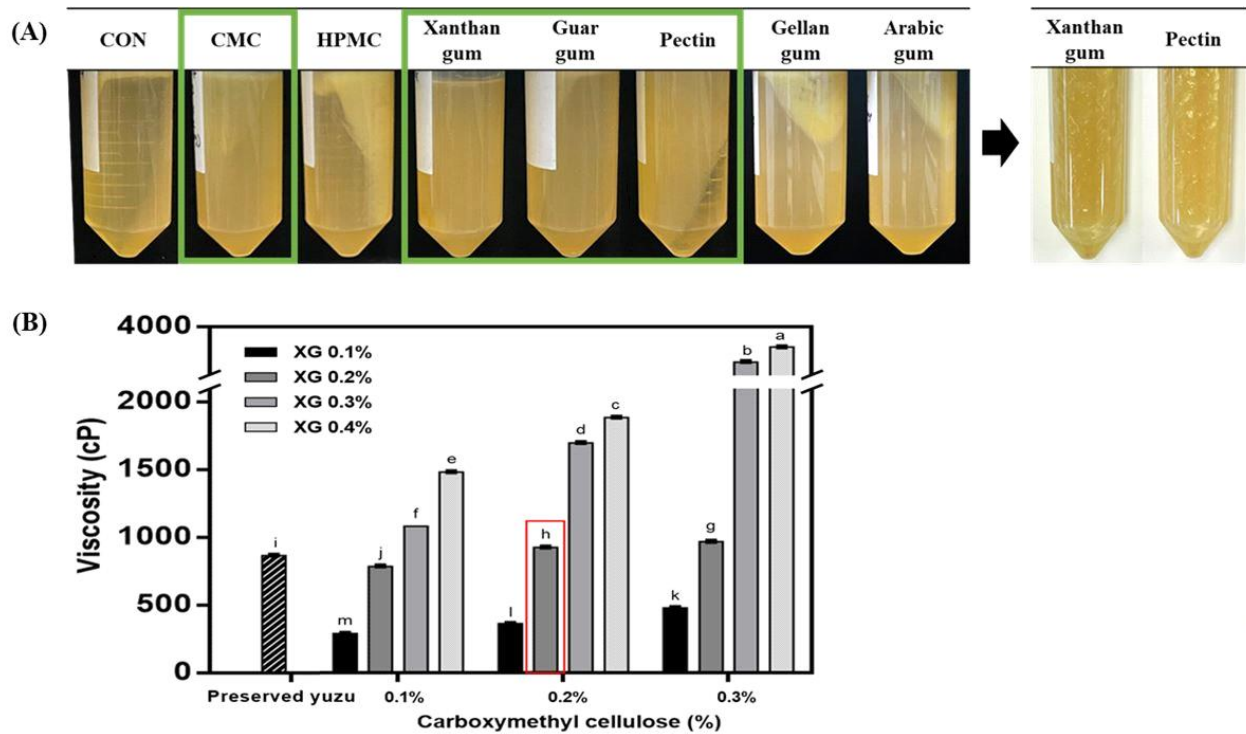


Fig. 2. (A) Comparison of yuzu syrups with different food additives (0.5%, w/v) for mixing preserved yuzu and yuzu juice, (B) viscosity changes with different amounts of CMC and xanthan gum addition. CON: normal control. CMC: carboxymethyl cellulose. XG: xanthan gum. HPMC: hydroxymethyl cellulose.

Table 2. Viscosity and non-homogeneity by types of food additive

	Preserved yuzu	Control	Food additive (0.5% w/v)						
			CMC <sup>1)</sup>	HPMC <sup>2)</sup>	Xanthan gum	Guar gum	Pectin	Gellan gum	Arabic gum
Non-homogeneity	ND	0.74±0.00 <sup>d</sup>	0.29±0.00 <sup>e</sup>	1.03±0.10 <sup>a</sup>	0.14±0.00 <sup>f</sup>	0.19±0.02 <sup>f</sup>	0.85±0.00 <sup>c</sup>	0.95±0.01 <sup>b</sup>	1.00±0.02 <sup>ab</sup>
Viscosity (cP)	866±2.00 <sup>b</sup>	ND	150±0.00 <sup>d</sup>	ND	642±2.00 <sup>c</sup>	ND	950±2.00 <sup>a</sup>	ND	ND

<sup>1)</sup> CMC: carboxymethyl cellulose.

<sup>2)</sup> HPMC: hydroxymethyl cellulose.

<sup>a-f</sup> Means±S.D. within a row with different letters are significantly different ( $p < 0.05$ ).

ND: not detected.

stevioside를 사용하여 당도가 낮은 구아바 잼을 제조한 Correa 등(2011)의 연구와 유사하다. 조청을 이용한 유자 시럽(G50, G55, G60, G70)의 경우 시럽의 성분인 조청의 당도가 평균 78.33 °Brix로, 상업용 무설탕 유자 시럽과 유사하였다. 조청 함량이 높을수록 시럽의 당도도 증가하는 경향을 보였는데, 특히 G50과 G55는 각각 63.67, 64.67 °Brix로 상업용 무설탕 유자 시럽보다 당도가 3.5, 2.5 °Brix 낮았다(Table 3).

pH가 2.46, 산도가 8.83%인 유자즙이 30% 첨가되는 말티톨 유자 시럽의 pH는 2.61~2.67, 산도는 3.79~4.76%로 상업용 저당 유자 시럽보다 pH는 1 정도 낮고, 산도는 1~1.7% 높았다(Table 3). Lee & Kim(2004)의 연구에 따르면 당 종류별로

pH와 산도의 차이가 유의적이지 않다는 것을 감안할 때, pH와 산도는 말티톨의 함량보다 유자즙의 영향을 받은 것으로 판단된다. 조청 유자 시럽의 경우에는 50% 이상 첨가되는 조청의 pH 및 산도가 각각 5.14, 0.33%이기 때문에, 조청의 함량이 증가할수록 pH가 증가하고 산도가 낮아지는 경향을 보였다. 그 중 G60과 G70은 상업용 저당 유자 시럽과 유사한 값을 나타냈다(Table 3).

말티톨 및 조청 유자 시럽의 색도는 각각 말티톨과 조청 함량이 증가할수록 L값(명도)과 b값(황색도)은 감소하고 a값(적색도)은 증가하였다(Table 3). 이는 조청이 유자청과 유자즙에 비해 a값이 5.12 높기 때문이며, Kim YH(2019)의 연구

**Table 3. Quality characteristics of low-sugar yuzu syrup products with maltitol or grain syrup**

	Sugar content (°Brix)	pH	Acidity (%)	Color			Viscosity (cP)
				L	a	b	
Commercial <sup>1)</sup>	67.17±0.29 <sup>b</sup>	3.69±0.00 <sup>b</sup>	2.98±0.03 <sup>f</sup>	12.04±0.03 <sup>f</sup>	-2.20±0.08 <sup>f</sup>	4.53±0.30 <sup>b</sup>	1,018±2.00 <sup>e</sup>
Preserved yuzu	65.33±0.29 <sup>c</sup>	3.35±0.03 <sup>d</sup>	1.39±0.03 <sup>j</sup>	13.02±0.01 <sup>b</sup>	-2.18±0.01 <sup>f</sup>	4.85±0.06 <sup>b</sup>	866±2.00 <sup>i</sup>
Yuzu juice	10.50±0.00 <sup>h</sup>	2.46±0.01 <sup>j</sup>	8.83±0.03 <sup>a</sup>	34.78±0.01 <sup>a</sup>	-3.94±0.03 <sup>g</sup>	12.2±0.06 <sup>a</sup>	ND
Grain syrup	78.33±0.29 <sup>a</sup>	5.14±0.00 <sup>a</sup>	0.33±0.03 <sup>l</sup>	8.14±0.15 <sup>h</sup>	2.92±0.19 <sup>a</sup>	-3.5±0.59 <sup>h</sup>	1,318±2.00 <sup>c</sup>
Yuzu maltitol syrup	M20	49.33±0.58 <sup>e</sup>	2.67±0.01 <sup>g</sup>	3.79±0.29 <sup>e</sup>	12.92±0.01 <sup>c</sup>	-2.14±0.02 <sup>f</sup>	2.07±0.03 <sup>e</sup>
	M30	47.33±0.58 <sup>f</sup>	2.65±0.00 <sup>h</sup>	4.10±0.29 <sup>d</sup>	12.78±0.01 <sup>g</sup>	-2.14±0.02 <sup>f</sup>	1.99±0.01 <sup>e</sup>
	M35	47.00±0.00 <sup>f</sup>	2.62±0.00 <sup>i</sup>	4.49±0.00 <sup>c</sup>	12.70±0.01 <sup>d</sup>	-1.93±0.01 <sup>e</sup>	1.04±0.01 <sup>d</sup>
	M40	45.33±0.58 <sup>g</sup>	2.61±0.00 <sup>i</sup>	4.76±0.29 <sup>b</sup>	12.62±0.02 <sup>e</sup>	-1.91±0.02 <sup>e</sup>	0.78±0.01 <sup>d</sup>
Yuzu grain syrup	G50	63.67±0.58 <sup>d</sup>	3.10±0.01 <sup>f</sup>	2.43±0.58 <sup>g</sup>	6.70±0.05 <sup>i</sup>	-0.37±0.11 <sup>d</sup>	0.33±0.12 <sup>e</sup>
	G55	64.67±0.58 <sup>c</sup>	3.23±0.01 <sup>e</sup>	2.00±0.58 <sup>h</sup>	6.65±0.03 <sup>i</sup>	0.26±0.15 <sup>e</sup>	-0.09±0.06 <sup>e</sup>
	G60	65.00±0.00 <sup>c</sup>	3.68±0.00 <sup>b</sup>	1.91±0.01 <sup>k</sup>	6.05±0.02 <sup>j</sup>	0.23±0.17 <sup>e</sup>	-0.56±0.06 <sup>f</sup>
	G70	67.33±0.58 <sup>b</sup>	3.79±0.02 <sup>c</sup>	1.49±0.58 <sup>i</sup>	4.33±0.04 <sup>k</sup>	1.11±0.12 <sup>b</sup>	-2.27±0.15 <sup>g</sup>

<sup>1)</sup> Commercial: commercial sugar-free yuzu syrup.

<sup>a-l</sup> Means±S.D. within a column with different letters are significantly different ( $p<0.05$ ).

에서 조청이 증가함에 따라 L값이 감소하고, a, b값이 낮아진 결과와 일부 일치하였다.

점도는 말티톨 유자 시럽에서 말티톨 함량이 증가할수록 점도는 감소하였으며, 그 중 M30, M35가 각각 873 cP, 832 cP로 유자청(866 cP)과 유사한 점도를 나타냈다. 조청 유자시럽은 조청 함량이 증가할수록 점도는 증가하였으며, 그 중 G55는 1,073 cP로 상업용 유자 시럽(1,018 cP)과 가장 유사하였다.

#### 4. 유자 시럽의 유리당 함량 측정

영양강조표시 중 “저당” 표시를 하기 위해서는 식품 100 mL 기준으로 5 g(2.5 mL) 미만의 당류가 포함되어야 한다 (Son & Chang 1997). 따라서 본 연구에서는 말티톨 또는 조청을 이용한 유자 시럽의 총 유리당 함량을 HPLC로 측정하였다 (Table 4, Fig. 3). 그 결과 maltose, fructose, glucose, sucrose 외 5종의 유리당은 모든 시료에서 검출되지 않았다. 상업용 무설탕 유자 시럽, 유자청에는 과당, 포도당, 설탕이 검출되었으며, 총 유리당 함량은 각각 34.08%, 48.69%로 높게 나타났다. 조청에는 glucose와 maltose가 함유되어 있었으며, 이는 조청의 재료인 쌀의 전분이 당화 과정 중에 엿기름의 amylase에 의해 분해되어 maltose가 생성되기 때문이다 (Bae 등 2001). 말티톨 유자 시럽의 경우 시럽 내 총 유리당 함량이 10% 이하로 나타났으며, 그 중 M35와 M40의 경우 5% 이하의 유리당을 함유하고 있어 저당 시럽에 해당되었다. 조청 유자 시럽의 경우 8.74~10.18%의 유리당을 함유하고 있으나,

상업용 무설탕 유자 시럽과 유자청에 비하여 유의적으로 약 4-6배 낮은 유리당 함량을 보였다( $p<0.05$ ).

#### 5. 말토올리고당 분석(TLC)

올리고당 중 말토올리고당은 글루코스 분자가 중합도 (degree of polymerization, DP) 2~9에 대해 하나 이상의 α-1,4 결합을 형성하는 단당류 중합체이며 (Pan 등 2017), 충진제, 점도 조절제, 보습제, 결정화 방지제로 이용되는 기능성 올리고당이다 (Min 등 1998). 말토올리고당의 규격은 식품공전에 따르면 DP3~DP10당을 포함한 올리고당 함량 40% 이상으로 정해져 있다. 이에 따라 본 연구에서는 조청 유자 시럽의 말토올리고당을 TLC로 분석하였고, Fig. 4에 결과를 나타내었다. 말토올리고당의 성분인 1~10당류의 spot이 모두 나타났으며, 조청을 55% 함유한 조청 유자 시럽 G55의 결과에도 같은 패턴이 나타났다. ImageJ 프로그램을 통해 spot density를 측정한 후 DP3~DP10을 각각 정량하여 말토올리고당 함량을 분석한 결과, 조청은 말토올리고당 함량이 40% 이상인 것으로 나타났다 (data not shown). 그 중 G55의 경우 24%의 DP3~DP10을 함유하였다.

#### 6. 전자 혀 분석

인간의 미각 인식 매커니즘은 식품 내 미각 분자와 혀의 미뢰가 상호 작용하여 생성된 신호를 뇌에서 처리함으로써 최종적으로 인식된다. 전자 혀 분석은 이러한 인간의 매커니즘을 모방하여 설계되었으며, 용액 내의 다양한 화학 물질에

Table 4. Free sugars content in low-sugar yuzu syrup products with added maltitol or grain syrup

		Free sugar (mg/g)				Total free sugar (%)
		Fructose	Glucose	Sucrose	Maltose	
Commercial <sup>1)</sup>		72.90±1.46 <sup>b</sup>	100.00±1.00 <sup>b</sup>	167.50±3.35 <sup>b</sup>	ND	34.08±0.68 <sup>b</sup>
Preserved yuzu		87.80±1.76 <sup>a</sup>	132.00±2.64 <sup>a</sup>	266.50±2.67 <sup>a</sup>	ND	48.69±1.46 <sup>a</sup>
Grain syrup		ND	44.30±0.89 <sup>c</sup>	ND	215.84±6.48 <sup>a</sup>	26.01±0.52 <sup>c</sup>
Yuzu maltitol syrup	M20	26.20±0.52 <sup>c</sup>	44.10±1.32 <sup>c</sup>	7.03±0.35 <sup>d</sup>	ND	7.74±0.39 <sup>f</sup>
	M30	18.30±0.55 <sup>d</sup>	33.00±0.66 <sup>d</sup>	3.48±0.03 <sup>e</sup>	ND	5.49±0.05 <sup>g</sup>
	M35	13.90±0.28 <sup>f</sup>	26.30±0.53 <sup>f</sup>	2.21±0.04 <sup>ef</sup>	ND	4.25±0.04 <sup>h</sup>
	M40	9.83±0.39 <sup>h</sup>	20.70±0.83 <sup>h</sup>	1.55±0.03 <sup>ef</sup>	ND	3.22±0.06 <sup>i</sup>
Yuzu grain syrup	G50	18.00±0.18 <sup>d</sup>	30.70±0.61 <sup>e</sup>	12.39±0.37 <sup>c</sup>	40.20±1.21 <sup>c</sup>	10.18±0.07 <sup>d</sup>
	G55	17.50±0.18 <sup>de</sup>	29.90±0.60 <sup>e</sup>	12.71±0.38 <sup>c</sup>	39.08±2.74 <sup>c</sup>	9.93±0.30 <sup>d</sup>
	G60	16.50±0.16 <sup>e</sup>	28.90±0.58 <sup>e</sup>	10.76±0.11 <sup>c</sup>	42.21±1.27 <sup>c</sup>	9.84±0.30 <sup>d</sup>
	G70	11.40±0.34 <sup>g</sup>	23.00±0.46 <sup>g</sup>	6.08±0.18 <sup>d</sup>	46.79±1.40 <sup>b</sup>	8.74±0.26 <sup>e</sup>

<sup>1)</sup> Commercial: commercial sugar-free yuzu syrup

<sup>a-i</sup> Means±S.D. within a column with different letters are significantly different ( $p<0.05$ ).

ND: not detected.

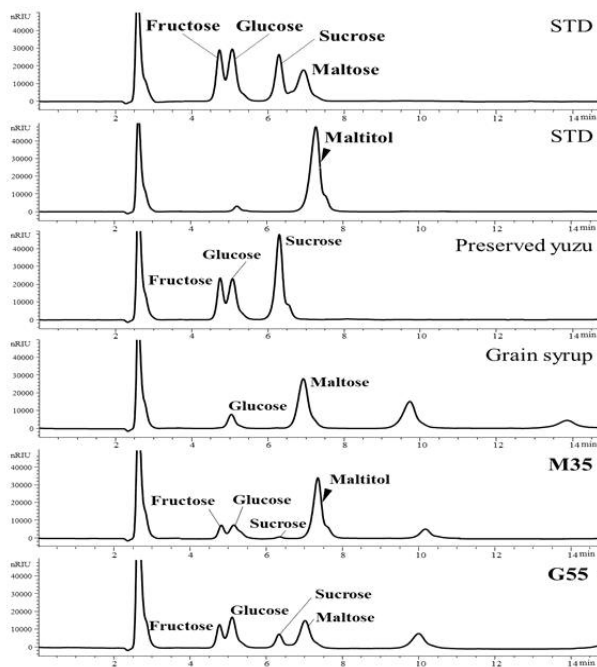


Fig. 3. HPLC chromatogram of free sugar content in low-sugar yuzu syrup.

반응하는 미각 센서를 사용하여 용액을 판별할 수 있다 (Raithore 등 2015). 미각 센서는 출력 값과 인간의 미각 간의 상관 관계를 측정하여 샘플 간의 상대적인 값을 비교한다 (Vlasov 등 2005). 전자 혀를 이용한 연구는 음료의 식별과 품질 비교뿐만 아니라, 성숙도에 따른 성분 변화를 추적하는

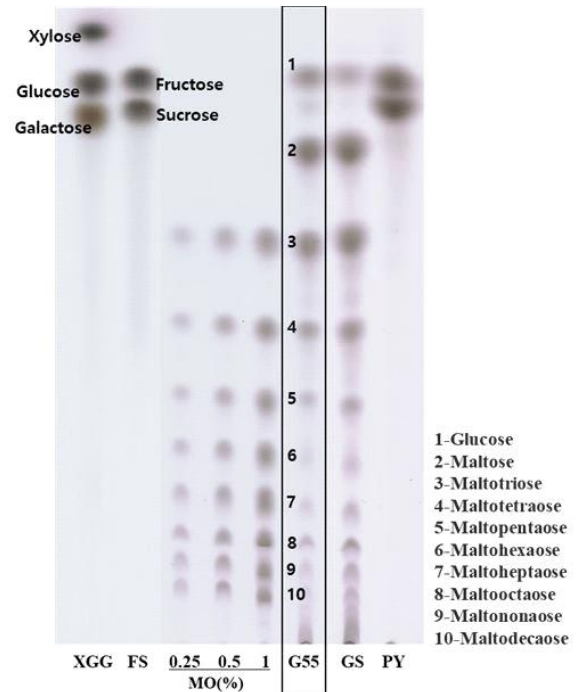


Fig. 4. TLC analysis of yuzu grain syrup products of malto-oligosaccharide. MO, malto-oligosaccharide; GS, grain syrup; PY, preserved yuzu.

연구 등, 다양한 분야에서의 연구가 보고되고 있다(Legin 등 1997; Campos 등 2013).

대조구와 저당 유사 시럽의 맛의 차이와 유사성을 평가하



기 위해 각 센서의 감응도를 0~10의 범위 내로 나타낸 후 전자 혀 분석 결과를 비교하였다(Fig. 5). 전체적인 맛 패턴을 비교해보았을 때, 말티톨 유자 시럽은 대조구인 상업용 유자 시럽과 유사정보다 단맛, 짠맛, 쓴맛이 적고, 신맛이 증가한 결과를 나타냈다. 유자 내 다량 존재하는 limonoid는 쓴맛을 나타내며, sucrose, fructose, glucose는 단맛을 나타내므로 (Raithore 등 2015), 유자청 함량이 감소함에 따라 쓴맛과 단맛이 감소한 것으로 판단된다. 그 중에서도 M35가 가장 대조구와 유사한 맛 패턴을 나타내었다. 또한 조청 유자 시럽의 경우 대조구보다 단맛, 쓴맛, 짠맛이 적고, 감칠맛이 높았으며, G55가 대조구와 가장 맛 패턴이 유사한 것으로 나타났다. 이러한 결과를 통해 조청이 함유된 유자 시럽의 기호도는 설탕 대체 올리고당이 함유된 미숙복숭아의 당 절입 처리 시 기호도가 개선된 이전 연구와 유사할 것으로 예상된다 (Jung 등 2017).

**7. 총 폴리페놀, 총 플라보노이드 및 기능성 플라보노이드 함량 측정**

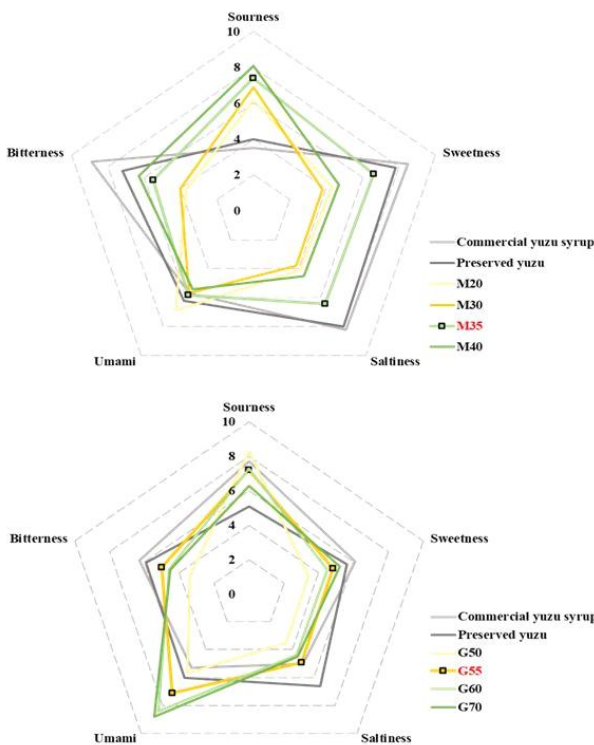
저당 유자 시럽의 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량은 Table 4에 나타내었다. 총 폴리페놀 함량의 경우 상업용 무설탕

탕 유자 시럽은 15.00 mg GAE/100 g, 유자청은 32.54 mg GAE/100 g으로, 유자청에서 약 2배 높았다. 또한 총 플라보노이드 함량의 경우 상업용 유자 시럽과 유자청은 각각 122.44 mg QE/100 g, 130.64 mg QE/100 g으로 유사하게 나타났다. 말티톨 및 조청 저당 유자 시럽의 경우 말티톨 및 조청 함량이 증가할수록 유자청의 함량이 감소함에 따라 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량이 유의적으로 감소하였다 ( $p < 0.05$ ). 이는 유자 음료 연구에서 유자 추출물 함량이 감소함에 따라 총 폴리페놀 함량이 감소한 결과와 경향이 일치하였다 (Park 등 2019).

유자 시럽 내 유자의 기능성 플라보노이드 성분인 naringin, narirutin, hesperidin, neohesperidin 함량을 HPLC로 분석하였다 (Table 5). Narirutin과 hesperidin은 항염증, 미백 및 주름 방지 특성을 가지며, hesperidin은 콜레스테롤 합성과 흡수를 억제한다. Naringin과 hesperidin은 신경 보호 효과가 있으며, naringin은 지질 저하 효과가 입증되었다 (Jeong 등 2023). 유자 시럽의 주 성분인 유자청의 naringin, narirutin, hesperidin, neohesperidin 함량은 각각 14.58, 4.37, 12.15, 5.87 mg/g이었으며, 이때 narirutin이 가장 높은 비율을 차지했다. 이에 따라 말티톨 및 조청 유자 시럽 중 유자청이 가장 많이 함유된 M20, G50이 전체적으로 높은 함량을 나타냈다. 또한, M35의 경우 총 함량이 19.82 mg/g이었으며, G55는 총 24.09 mg/g을 함유하였다.

**8. 항산화능 측정**

DPPH 및 ABTS 라디칼 소거능 측정 결과는 Table 4에 나타내었다. DPPH 라디칼 소거능 측정 결과, 말티톨 유자 시럽의 경우 9.63~15.11 mg AAE/100 g의 소거능을 나타냈으며, 유자청의 함량이 줄어들수록 소거능이 유의적으로 감소하였다 ( $p < 0.05$ ). 이는 유자 음료 연구에서 유자 추출물 함량이 감소함에 따라 DPPH 라디칼 소거능이 감소한 결과와 경향이 일치하였다 (Park 등 2019). 조청 유자 시럽은 75.01~103.61 mg AAE/100 g으로 조청의 함량이 높을수록 유의적으로 증가하였다 ( $p < 0.05$ ). 이는 상업용 저당 유자 시럽보다 2.3~3.2배 더 높은 DPPH 라디칼 소거능이었다. DPPH 라디칼 소거능은 M35, G55에서 각각 10.55, 97.39 mg AAE/100 g으로 나타났으며, 특히 G55의 DPPH 라디칼 소거능은 상업용 무설탕 유자 시럽에 비해 약 3배가량 높은 활성이었다. ABTS 라디칼 소거능 측정 결과, 말티톨 유자 시럽과 조청 유자 시럽은 각각 14.78~20.72 mg AAE/100 g, 31.25~34.05 mg AAE/100 g으로 나타났으며, 유자청의 함량이 줄어들수록 소거능이 유의적으로 감소하였다 ( $p < 0.05$ ). 이 중 M35, G55의 소거능은 각각 10.55, 33.92 mg AAE/100 g으로 나타났다. 이러한 결과는 유자가 함유하고 있는 naringin 및 hesperidin 등의 플라보노이드



**Fig. 5. Analysis of electronic tongue characteristics in low-sugar yuzu syrup.**

Table 5. Functional characteristics of low-sugar yuzu syrup products with maltitol or grain syrup

	Total polyphenol (mg GAE <sup>1)</sup> /100 g)	Total flavonoid (mg QE <sup>2)</sup> /100 g)	Flavonoides (mg/g)				DPPH radical scavenging activity (mg AAE <sup>3)</sup> /100 g)	ABTS radical scavenging activity (mg AAE /100 g)	
			Narirutin	Naringin	Hesperidin	Neo-hesperidin			
Commercial <sup>4)</sup>	15.00±0.28 <sup>b</sup>	122.44±7.08 <sup>b</sup>	14.58±0.58 <sup>b</sup>	4.37±0.17 <sup>b</sup>	12.15±0.24 <sup>b</sup>	5.87±0.06 <sup>b</sup>	31.62±0.11 <sup>f</sup>	41.49±0.03 <sup>b</sup>	
Preserved yuzu	32.54±0.96 <sup>a</sup>	130.64±2.21 <sup>a</sup>	24.89±0.25 <sup>a</sup>	7.84±0.16 <sup>a</sup>	17.29±0.35 <sup>a</sup>	6.92±0.07 <sup>a</sup>	33.54±0.45 <sup>ef</sup>	46.28±0.51 <sup>a</sup>	
Grain syrup	6.26±0.66 <sup>h</sup>	23.15±0.63 <sup>g</sup>	ND	ND	ND	ND	37.98±6.56 <sup>f</sup>	32.67±0.08 <sup>d</sup>	
Yuzu maltitol syrup	M20	10.23±0.45 <sup>d</sup>	88.93±2.79 <sup>c</sup>	12.56±0.25 <sup>c</sup>	4.20±0.13 <sup>c</sup>	9.48±0.28 <sup>c</sup>	4.02±0.08 <sup>c</sup>	15.11±0.41 <sup>g</sup>	20.72±0.28 <sup>f</sup>
	M30	8.30±0.22 <sup>fg</sup>	71.74±3.93 <sup>d</sup>	10.83±0.43 <sup>c</sup>	3.28±0.07 <sup>c</sup>	7.67±0.15 <sup>c</sup>	3.33±0.07 <sup>ef</sup>	11.87±0.52 <sup>g</sup>	17.59±0.06 <sup>g</sup>
	M35	7.13±0.33 <sup>gh</sup>	59.17±1.81 <sup>e</sup>	8.00±0.24 <sup>g</sup>	2.36±0.05 <sup>fg</sup>	5.88±0.18 <sup>g</sup>	2.68±0.05 <sup>h</sup>	10.55±0.32 <sup>g</sup>	16.37±0.17 <sup>h</sup>
	M40	6.37±0.09 <sup>h</sup>	52.62±2.38 <sup>ef</sup>	7.72±0.15 <sup>g</sup>	2.26±0.05 <sup>g</sup>	5.46±0.05 <sup>g</sup>	2.55±0.05 <sup>h</sup>	9.63±1.16 <sup>g</sup>	14.78±0.22 <sup>i</sup>
Yuzu grain syrup	G50	12.60±0.33 <sup>c</sup>	73.18±3.33 <sup>d</sup>	11.80±0.24 <sup>d</sup>	3.60±0.04 <sup>d</sup>	8.36±0.67 <sup>d</sup>	3.59±0.14 <sup>d</sup>	75.01±5.15 <sup>d</sup>	34.05±0.32 <sup>c</sup>
	G55	11.47±0.09 <sup>cd</sup>	58.30±3.46 <sup>e</sup>	10.40±0.21 <sup>e</sup>	3.12±0.12 <sup>e</sup>	7.34±0.15 <sup>e</sup>	3.23±0.10 <sup>f</sup>	97.39±5.48 <sup>c</sup>	33.92±0.08 <sup>c</sup>
	G60	9.93±0.77 <sup>de</sup>	57.78±4.53 <sup>e</sup>	9.37±0.14 <sup>f</sup>	2.51±0.08 <sup>f</sup>	6.67±0.13 <sup>f</sup>	3.01±0.12 <sup>g</sup>	99.88±1.05 <sup>b</sup>	32.71±0.14 <sup>d</sup>
	G70	8.73±1.37 <sup>ef</sup>	48.81±4.09 <sup>f</sup>	5.88±0.12 <sup>h</sup>	1.72±0.02 <sup>h</sup>	4.91±0.10 <sup>h</sup>	2.40±0.10 <sup>i</sup>	103.61±3.16 <sup>a</sup>	31.25±0.20 <sup>e</sup>

<sup>1)</sup> GAE: gallic acid equivalent.

<sup>2)</sup> QE: quercetin equivalent.

<sup>3)</sup> AAE: ascorbic acid equivalent.

<sup>4)</sup> Commercial: commercial sugar-free yuzu syrup.

<sup>a-i</sup> Means±S.D. within a column with different letters are significantly different ( $p<0.05$ ).

ND: not detected.

류와 다량의 vitamin C가 항산화 효과를 나타냈기 때문인 것으로 판단된다(Kim 등 2014).

## 요약 및 결론

본 연구에서는 유자청 대체 저당 유자 시럽을 제조하기 위해 감미료, 식품첨가제, 조청을 사용하였으며, 제조된 시럽의 품질 특성, 물리적 특성, 기능성 성분 및 항산화능을 조사하였다. 품질이 높은 저당 유자 시럽을 제조하기 위해 유자청과 유자즙에 설탕 대체 감미료 5가지를 각각 첨가하여 균일도와 갈변도를 조사한 결과, 말티톨이 다른 감미료에 비해 100℃에서 가열 전후 갈변도의 차이가 약 13~25배 낮아 열안정성 측면에서 우수함을 보였다. 그러나 점도가 낮고 제형이 균일하지 않아 제형 안정제, 증점제 등으로 사용되는 식품첨가제 7종을 혼합하여 제형 안정성을 조사하였다. 균일도 및 제형안정성에서는 CMC가 안정적으로 높게 나타났으며, 점도 측면에서는 잔탄검이 가장 높게 나타나 CMC와 잔탄검을 농도 별로 혼합 첨가하여 품질을 조사하였다. 결과적으로 CMC와 잔탄검을 각 0.2%씩 혼합 처리했을 때, 점도가 924 cP로 유자청과 가장 유사하여, 추후 말티톨이 함유된 저

당 유자 시럽 제조에 0.2% CMC 및 잔탄검을 사용하였다. 또한, 감미료나 식품첨가제 대신 물성 증진 특성이 있는 조청을 사용하였을 때 점도 및 균일도가 개선되었다. 제조된 유자 시럽의 당 함량을 조사하기 위해 말티톨 및 조청을 각각 농도 별로 첨가하여 물리적 특성, 유리당 함량을 조사하였다. 점도는 대조구인 유자청과 비교했을 때 말티톨 유자 시럽에서는 M30, M35가 유사했고, 상업용 무설탕 유자 시럽과 비교했을 때, 조청 유자 시럽에서는 G55가 가장 유사했다. 말티톨 유자 시럽은 상업용 무설탕 유자 시럽 및 유자청에 비해 최대 11배, 16배 낮은 유리당 함량을 보였고, 조청 유자 시럽은 최대 4배, 6배 낮은 유리당 함량을 나타냈다. 이때 M35, M40은 총 유리당 함량이 각각 4.25, 3.22%로 저당 유자 시럽에 해당하였다. 또한 말티톨 및 조청 유자 시럽을 전자현미경으로 분석한 결과, M35, G55가 상업용 무설탕 시럽과 가장 유사한 맛 패턴을 보여주었다. 유자 시럽의 주요 기능성 플라보노이드 성분인 naringin, narirutin, hesperidin, neohesperidin의 함량은 유자청의 함량이 많을수록 증가하였다. 이때 총 함량은 M35의 경우 19.82 mg/g, G55는 24.09 mg/g을 함유하였다. 유자 시럽의 항산화능은 주로 유자청, 유자즙, 조청의 성분에 의해 결정되며, 유자청 함량이 높은 경우 더 높은 항산화

능을 나타냈다. DPPH 라디칼 소거능은 M35, G55에서 각각 10.55, 97.39 mg ascorbic acid equivalent/100 g으로 나타났으며, 특히 G55의 DPPH 라디칼 소거능은 상업용 무설탕 유자 시럽에 비해 약 3배가량 높은 활성이었다. ABTS 라디칼 소거능은 M35, G55에서 각각 10.55, 33.92 mg ascorbic acid equivalent/100 g으로 나타났다. 결과적으로, 품질과 기능성 특성이 개선된 말티톨 및 조청 유자 시럽은 유자청 대체제로서 저당 유자 시럽으로 사용될 수 있음을 시사한다. 또한 이러한 저당 유자 시럽의 연구는 고당도 시럽 대안으로서 자료를 제공하는 데 기여한다.

### 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청의 연구 사업인 「수출용 농산물의 생산성 향상 및 수확 후 관리 기술 개발 (RS-2023-00236699)」 및 「지역특화 기술개발 연구 사업, 전남 특화 유자 수출 경쟁력 향상을 위한 업사이클링 기술개발 및 상품화」에서 지원받아 수행된 연구결과입니다.

### References

- Asokkumar K, Umamaheswari M, Bahrudeen A, Sivashanmugam AT, Subhadradevi V, Ravi TK. 2010. Antioxidant and hepatoprotective activities of the fractions of *Ficus microcarpa* using *in vitro* and *ex vivo* models. *Funct Plant Sci Biotechnol* 4:17-27
- Bae SM, Park KJ, Shin DJ, Hwang YI, Lee SC. 2001. Preparation and characterization of jochung with sweet persimmons. *J Korean Soc Agric Chem Biotechnol* 44:88-91
- Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181:1199-1200
- Campos I, Bataller R, Armero R, Gandia JM, Soto J, Martínez-Máñez R, Gil-Sánchez L. 2013. Monitoring grape ripeness using a voltammetric electronic tongue. *Food Res Int* 54:1369-1375
- Choi JY, Cho MG, Moon KD. 2021. Quality characteristics of soft persimmon spread prepared with different functional saccharides. *Korean J Food Preserv* 28:209-217
- Correa RCG, Sora GTS, Haminiuk CIW, Ambrosio-Ugri MCB, Bergamasco R, Vieira AMS. 2011. Physico-chemical and sensorial evaluation of guava jam made without added sugar. *Chem Eng Trans* 24:505-510
- Dunford EK, Coyle DH, Louie JCY, Rooney K, Blaxland A, Pettigrew S, Jones A. 2022. Changes in the presence of nonnutritive sweeteners, sugar alcohols, and free sugars in Australian foods. *J Acad Nutr Diet* 122:991-999
- Fukutome N. 2020. Yuzu in Japan and South Korea: A comparative study of usage. *Mem Tokyo Seiei Coll* 12:1-17
- Hayati IN, Ching CW, Rozaini MZH. 2016. Flow properties of o/w emulsions as affected by xanthan gum, guar gum and carboxymethyl cellulose interactions studied by a mixture regression modelling. *Food Hydrocoll* 53:199-208
- Jeong H, Nam SH, Jo JA, Cho S, Yang KY, Aung T, Mirzapour-Kouhdasht A, Park SW. 2023. Extraction and purification of narirutin and hesperidin from green yuzu (*Citrus junos*) and evaluating their biological activities. *Process Biochem* 133:132-141
- Jung KM, Choi MA, Park SI. 2017. Effect of oligosaccharides on quality characteristics and antioxidant activities of *Prunus persica* Batsch var.  *davidiana* Max. preserved in sugar. *Culin Sci Hosp Res* 23:163-172
- Kim DS, Lee JT, Hong SJ, Cho JJ, Shin EC. 2019. Thermal cased effect of comprehensive changes in the flavor/taste of *Cynanchi wilfordii*. *J Food Sci* 84:2831-2839
- Kim KM, Lee JE, Kim JS, Choi SY, Jang YE. 2014. Quality characteristics of mayonnaise with varied amounts of yuzu juice added during the storage period. *Korean J Food Preserv* 21:799-807
- Kim YH, Kim SB, Kim SJ, Park SW. 2016. Market and trend of alternative sweeteners. *Food Sci Ind* 49:17-28
- Kim YH. 2019. Effects of sucrose and Jochung on textural properties of dough and quality characteristics of white pan bread. *Korean J Food Nutr* 32:79-88
- Krystyjan M, Sikora M, Adamczyk G, Tomasik P. 2012. Caramel sauces thickened with combinations of potato starch and xanthan gum. *J Food Eng* 112:22-28
- Lambert-Meretei A, Vozary E, Kaszab T. 2021. Physical properties of raspberry and orange flavoured fruit syrups. *Prog Agric Eng Sci* 17:157-165
- Lee BB, Yoon CY, Nam SH. 2023. Non-heat sterilization of yujacheong using ozone treatment. *Korean J Food Nutr* 36:334-339
- Lee JO, Lee SA, Kim KH, Choi JJ, Yook HS. 2008. Quality characteristics of cookies added with hot-air dried yellow and red onion powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37:342-347
- Lee KJ, Kim MR. 2004. Quality evaluation of pumpkin jam replaced sucrose with sugar alcohols during storage. *J East*

- Asian Soc Diet Life* 14:123-130
- Lee P, Oh H, Kim SY, Kim YS. 2020. Effects of d-allulose as a sucrose substitute on the physicochemical, textural, and sensorial properties of pound cakes. *J Food Process Preserv* 44:e14472
- Legin A, Rudnitskaya A, Vlasov Y, Di Natale C, Davide F, D'Amico A. 1997. Tasting of beverages using an electronic tongue. *Sens Actuators B Chem* 44:291-296
- Li ZF, Sawamura M, Yano H, Kusunose H. 1990. Chemical studies on the quality of citrus juices. Part IV. Synergistic effect of several components related to the browning of 'yuzu' juice. *Jpn Food Ind Assoc* 37:978-980
- Maguire A, Rugg-Gunn J, Wright G. 2000. Adaptation of dental plaque to metabolise maltitol compared with other sweeteners. *J Dent* 28:51-59
- Min BC, Yoon SH, Kim JW, Lee YW, Kim YB, Park KH. 1998. Cloning of novel maltooligosaccharide-producing amylases as antistaling agents for bread. *J Agric Food Chem* 46:779-782
- Mirhosseini H, Tan CP, Aghlara A, Hamid NSA, Yusof S, Chern BH. 2008. Influence of pectin and CMC on physical stability, turbidity loss rate, cloudiness and flavor release of orange beverage emulsion during storage. *Carbohydr Polym* 73:83-91
- Nilar, Myint KM. 2012. A study on the factors influence the processing of some fruit sources. *Univ Res J* 5:1-11
- Nakamura M, Mikami Y, Noda K, Murata M. 2021. Browning of Maillard reaction systems containing xylose and 4-hydroxy-5-methyl-3(2H)-furanone. *Biosci Biotechnol Biochem* 85:401-410
- Pan S, Ding N, Ren J, Gu Z, Li C, Hong Y, Cheng L, Holler TP, Li Z. 2017. Maltooligosaccharide-forming amylase: Characteristics, preparation, and application. *Biotechnol Adv* 35:619-632
- Park JA, Oh JE, Cho MS. 2019. Development of yuja (*Citrus junos*) beverage based on antioxidant properties and sensory attributes using response surface methodology. *J Food Sci Technol* 56:1854-1863
- Park MK. 2007. Quality characteristics of strawberry jam containing sugar alcohols. *Korean J Food Sci Technol* 39:44-49
- Park YC, Oh EJ, Jo JH, Jin YS, Seo JH. 2016. Recent advances in biological production of sugar alcohols. *Curr Opin Biotechnol* 37:105-113
- Raithore S, Bai J, Plotto A, Manthey J, Irely M, Baldwin E. 2015. Electronic tongue response to chemicals in orange juice that change concentration in relation to harvest maturity and citrus greening or huanglongbing (HLB) disease. *Sensors* 15:30062-30075
- 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 Radic Biol Med* 26:1231-1237
- Rubio-Arreaez S, Ferrer C, Capella JV, Ortolá MD, Castelló ML. 2017. Development of lemon marmalade formulated with new sweeteners (isomaltulose and tagatose): Effect on antioxidant, rheological and optical properties. *J Food Process Eng* 40:e12371
- Seog HM, Seo MS, Kim SR, Park YK, Lee YT. 2002. Characteristics of barley polyphenol extract (BPE) separated from pearling by-products. *Korean J Food Sci Technol* 34:775-779
- Shin Y. 2012. Correlation between antioxidant concentrations and activities of Yuja (*Citrus junos* Sieb ex Tanaka) and other citrus fruit. *Food Sci Biotechnol* 21:1477-1482
- Sikora M, Juszczak L, Sady M, Krawontka J. 2003. Use of starch/xanthan gum combinations as thickeners of cocoa syrups. *Food/Nahrung* 47:106-113
- Slinkard K, Singleton VL. 1977. Total phenol analysis: Automation and comparison with manual methods. *Am J Enol Vitic* 28:49-55
- Soetaert W, Vanhooren PT, Vandamme EJ. 1999. The production of mannitol by fermentation. In Bucke C (Ed.), *Carbohydrate Biotechnology Protocols*. pp.261-275. Humana Press
- Son HS, Chang YK. 1997. Understanding nutrition labeling and standard of labeling of food. *Food Sci Ind* 30:69-76
- Sriprabhom J, Luangpituksa P, Wongkongkatep J, Pongtharangkul T, Suphantharika M. 2019. Influence of pH and ionic strength on the physical and rheological properties and stability of whey protein stabilized o/w emulsions containing xanthan gum. *J Food Eng* 242:141-152
- Vlasov Y, Legin A, Rudnitskaya A, Di Natale C, D'Amico A. 2005. Nonspecific sensor arrays ("electronic tongue") for chemical analysis of liquids (IUPAC technical report). *Pure Appl Chem* 77:1965-1983
- Wang Y, Suzuki A, Tanaka T, Kumura H, Shimazaki K. 2004. Partial characterization of dextran-degrading enzyme

- obtained from blue cheese. *J Dairy Sci* 87:1627-1633
- Wee KI, Kang YH, Lee KT. 2016. Physicochemical and sensory quality characteristics of various rice jochung products. *Korean J Food Preserv* 23:804-810
- Won SY, Seo JS, Kang HY, Lee YS, Choi Y, Lee HK, Park IT. 2016. Rapid quantitative analysis for sugars of agricultural products by HPLC. *Food Eng Prog* 20:406-410
- Yoo KM, Lee KW, Park JB, Lee HJ, Hwang IK. 2004a. Variation in major antioxidants and total antioxidant activity of Yuzu (*Citrus junos* Sieb ex Tanaka) during maturation and between cultivars. *J Agric Food Chem* 52:5907-5913
- Yoo KM, Seo WY, Seo HS, Kim WS, Park JB, Hwang IK. 2004b. Physicochemical characteristics and storage stabilities of sauces with added Yuza (*Citrus junos*) juice. *Korean J Food Cook Sci* 20:403-408
- Yoon J, Kim H. 2003. Effect of xylitol and erythritol on the quality characteristics of Yuza tea. *Korean J Food Cook Sci* 19:737-744
- 
- Received 11 March, 2024  
Revised 28 March, 2024  
Accepted 03 April, 2024