

첨가당의 종류에 따른 저장 중 식초음료의 품질특성

신장호¹ · 장진희² · 한정아^{2,*}

¹상명대학교 대학원 외식영양학과, ²상명대학교 식품영양학과

Properties and sugar composition of an apple vinegar beverage containing oligosaccharides during storage

Jang-Ho Shin¹, Jin-Hee Chang², and Jung-Ah Han^{2,*}

¹Department of Foodservice Management and Nutrition, Sangmyung University

²Department of Food and Nutrition, Sangmyung University

Abstract In this study, we prepared apple vinegar beverage with different acidity levels (low and high, LA and HA, respectively) containing fructooligosaccharide (FOS) or isomaltooligosaccharide (IMO). The changes in their properties and sugar composition during storage (at 40°C for 6 months) with those of the control (sample containing sucrose, SUR) were compared. The reducing sugar content in all samples increased during the storage, except for IMO-LA, and SUR showed the highest values. More organic acids were found in the HA samples than in the LA samples. The browning degree, turbidity, and total phenolic content increased during storage in all samples although IMO-LA showed the least. The IMO amount was maintained in the sample during storage. However, most of the FOS and SUR were degraded into glucose and fructose. In conclusion, the properties of low-acidity beverages could be better maintained with the addition of oligosaccharides compared to SUR, and IMO was more suitable for this purpose than FOS, when considering functionality.

Keywords: vinegar beverage, fructooligosaccharide, isomaltooligosaccharide, sugar composition, reducing sugar

서 론

식초는 빙초산 혹은 초산을 물에 희석한 희석식초와 발효식초로 나뉘는데, 그 중 발효식초는 원료에 따라 곡류의 전분을 발효시킨 곡물식초, 과즙을 발효시킨 과일식초, 에틸알코올을 발효시킨 주정식초로 분류된다. 발효식초는 발효과정을 통해 초산을 비롯한 여러 유기산과 아미노산, 당류 및 휘발성 에스테르 등이 생성되어 특유의 향과 산미를 가지므로(Gil, 2004) 맛과 향이 좋고, 영양이 풍부하다는 장점이 있어 우리나라에서는 1990년대 감식초를 비롯한 양조식초를 시작으로 소비자들의 선호도가 계속 높아지고 있다(Kang 등, 2019). 식초가 함유하는 각종 유기산은 체내 유해한 활성산소를 제거하고, 축적되는 피로물질인 젖산을 분해 및 배출해 피로회복에 탁월한 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Chen 등, 2016). 또한, 운동 중 섭취 시 혈중 지질대사를 개선해 심혈관질환, 고혈압, 고지혈증의 예방 및 개선에 효과가 있다는 연구(Seo 등, 2011), 식초의 초산이 당질의 흡수를 방해하여 혈당 상승 억제에 효과가 있다는 연구(Johnston 등, 2010) 등을 통해 발효 식초가 건강에 매우 유용하다는 사실이 알려지면서 발효 식초의 소비는 매년 증가하고 있는 추세이다. 이에 따라 조미용 식초 중심이었던 식초 산업이 고급화 및 다양화된 식초 음료

제품으로 시장이 확대되면서(Park, 2018), 과일 주스와 함께 소비자의 선호도가 높은 건강식품의 분야로 주목을 받고 있다(Hwang과 Pyo, 2016).

음료류는 가공식품 중 당류 섭취에 가장 크게 기여하는 식품군으로(Yoon, 2018), 음료류에 함유된 당류는 단맛을 내며 인체 내에서 중요한 에너지원으로 사용될 수 있다(Havel, 2005), 그러나 감미료로 쓰이는 설탕이나 단순당류는 식품의 당지수를 높이며 과잉섭취 시 체중 증가 및 제2형 당뇨병의 발병률을 높이고(Malik 등, 2010), 이상지질혈증(Van Rompay 등, 2015), 대사증후군(Dennis 등, 2017) 등의 만성질환을 유발할 수 있기 때문에 칼로리와 당지수가 낮은 대체 감미료에 대한 소비자들의 요구는 지속적으로 증가하고 있다(Kim과 Lee, 2016).

올리고당은 이러한 단순당류의 단점을 보완하기 위해 개발된 것으로(Hidaka, 1987), 3-8개 정도의 단당류가 결합한 난소화성 탄수화물을 총칭한다(Fioradalisio, 1995). 올리고당은 섭취 후 소화 흡수가 되지 않고 대장에 도달하여 장내 유익균에게 선택적으로 이용되어 장내 균총을 개선시키고(Rousseau, 2005), 혈중 콜레스테롤 수치와 혈압을 낮추고 칼슘흡수를 돕는 등의 기능을 한다(Modler, 1994). 국내에서 소비되고 있는 올리고당의 종류는 크게 두 가지로 설탕으로부터 효소반응을 통해 제조하는 프락토올리고당과 전분을 가수분해하여 제조하는 이소말토올리고당이 있다.

올리고당을 대체당으로 식초 및 음료류에 사용한 국내 연구들은 당 저장화 및 제품 개발에 초점을 맞추어 품질특성이나 발효 특성을 연구한 결과들이 대부분이다. 예로 참외 식초 제조 시 프락토올리고당으로 보당한 발효액이 발효 후 설탕으로 보당한 발효액과 비교해 유기산 및 유리당 함량은 차이가 없었으나, 비교적 낮은 알코올 함량을 나타냈다는 연구(Jo 등, 2010), 올리고당

*Corresponding author: Jung-Ah Han, Department of Food and Nutrition, Sangmyung University, Seoul 03016, Korea
Tel: +82-2-2287-5357
Fax: +82-2-2287-0104
E-mail: vividew@smu.ac.kr
Received May 13, 2020; revised June 23, 2020;
accepted June 29, 2020

을 첨가한 미나리 액상추출물의 발효 초기 생균수가 같은 비율의 흑설당 첨가군보다는 낮고 과당 첨가군보다는 높았으며, CO₂ 생성량은 가장 높았다는 연구(Son 등, 2005), 올리고당을 첨가한 참다래 식초 발효액에서 올리고당의 첨가량이 증가할수록 유리당 함량은 증가하고 무기질 함량은 감소하였다는 연구(Woo 등, 2007), 열처리한 프락토올리고당 첨가 블루베리청이 열처리하지 않은 청보다 높은 생리활성을 보였다는 연구(Yi 등, 2017) 등이 보고되었다. 그러나 올리고당을 발효 기질이 아닌 첨가당으로서 음료에 첨가한 후 저장기간에 따른 음료 내 올리고당의 안정성에 대해서는 연구된 바 없다.

식품에 첨가한 올리고당의 안정성과 관련된 연구로는 주성분이 panose인 이소말토올리고당은 열과 산에서 안정적이며(Kweon과 Yook, 1994), 140°C의 가열조건과 pH 3.0의 산성 조건에서도 매우 안정적이나 프락토올리고당은 불안정하다는 결과(Kim 등, 1995), 김치에 첨가한 프락토올리고당과 대두올리고당은 발효과정 중 미생물에 의해 대부분 분해되었으나 이소말토올리고당은 안정적이었던 결과(Yun 등, 1996), 매실청 제조에 첨가된 프락토올리고당이 산성조건에서 저장 중 함량이 크게 감소하였다는 결과(Bea와 Yoo, 2019)와 설탕을 100% 올리고당으로 대체하여 제조한 딸기잼과 멀치부음에서 이소말토올리고당은 안정적이었으나 프락토올리고당은 1/2정도로 감소하였다는 결과(Shin 등, 2019) 등을 통해 일부 올리고당은 열과 산 등에 취약해 식품의 가공 및 저장, 유통단계에서 분해될 수 있다는 문제점이 제기된 바 있다. 따라서 본 연구에서는 식초의 함량을 달리하여 산도를 조절한 두 종류의 식초음료에 단순당류를 대체하여 각각 프락토올리고당과 이소말토올리고당을 첨가하고 이를 설탕을 첨가한 대조군과 저장기간에 따른 품질특성을 비교하였으며, 저장 중 올리고당의 함량분석을 통해 그 안정성을 확인하고자 하였다.

재료 및 방법

실험 재료

식초음료 제조에 필요한 사과식초(Daesnag Co., Seoul, Korea), 프락토올리고당(FOS, CJ Cheiljedang Co., Seoul, Korea), 이소말토올리고당(IMO, Daesnag Co.), 설탕(Samyang Co., Seoul, Korea)은 서울 소재 한 마트에서 구입하였다. 올리고당 분석용 용매인 acetonitrile (HPLC grade, Acros Organics, NJ, USA)과 IMO 정량에 사용될 표준물질인 fructose, glucose, maltose, maltotriose, maltotetraose, maltopentose, maltohexaose, maltoheptaose 및 D-panose, isomaltose, isomaltotriose, 유기산 정량을 위한 표준물질인 glucuronic acid, malic acid와 acetic acid, 및 총 폴리페놀 함량 측정에 필요한 gallic acid는 Sigma-Aldrich사(St. Louis, MO, USA)에서 구입하였고, 프락토올리고당 정량을 위한 표준물질인 GF2 (1-ketose), GF3 (nystose), GF4 (1F-β-fructofuranosyl nystose)는 Wako Pure Chemical Industry Ltd. (Osaka, Japan)에서

구입하여 사용하였다.

식초음료 제조 및 저장조건

식초음료시료는 사과식초 함량을 35% (w/w) 첨가한 고산도(High Acidity, HA)와 25% 첨가한 저산도(Low Acidity, LA) 음료 두 가지로 나누고, 각 음료에 프락토올리고당(FOS), 이소말토올리고당(IMO), 설탕(SUR)을 각각 15% (w/w) 첨가한 후 증류수로 희석하여 제조하였다. 제조된 식초음료는 뚜껑이 있는 유리용기에 담아 밀봉한 후 40°C의 항온기에 저장하였으며, 제조한 당일의 음료를 저장 0달차로 하였고, 총 6개월간 저장하면서 매 달 다음의 특성을 평가하였다.

pH 및 환원당 함량분석

식초음료의 pH는 pH meter (SevenEasy 520, Mettler-Toledo Ltd., Schwerzenbach, Switzerland)를 사용해 측정하였고, 환원당 함량은 DNS법(Miller, 1959)을 이용하여 다음과 같이 측정하였다. 200 배 희석한 식초음료 1 mL에 DNS시약 1 mL을 가하여 10분간 증탕한 후, 증류수 3 mL을 가하여 546 nm에서 분광광도계(DU730, Beckman Coulter Inc., Brea, CA, USA)를 이용해 흡광도를 측정하였다. Glucose를 표준물질로 검량곡선을 작성하고 이에 대입해 환원당 함량을 구하였다.

유기산 분석

식초음료의 유기산 함량 분석을 위해 시료 1 mL을 증류수로 10배 희석하고 0.22 μm syringe filter로 여과한 후 HPLC (Dinox Ultimate 3000 HPLC system, Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, MA, USA)를 이용해 분석하였다. 분석에 사용한 Column은 Acclaim™ 120 C₁₈ (5 μm 120A, 4.6×150 mm, Dionex COT, Chicago, IL, USA)이며 분석조건은 Table 1에 나타내었다.

갈색도 및 탁도 측정

식초 음료의 갈색도와 탁도는 식초 음료 1 mL를 취하여 분광광도계(Beckman Coulter Inc.)를 이용해 각각 420, 600 nm에서 흡광도를 측정하였다.

총 폴리페놀 함량 측정

식초 음료의 총 폴리페놀 함량은 Folin Dennis 법(AOAC, 1995)을 이용하여 다음과 같이 측정하였다. 각각의 식초 음료 100 μL에 50% Folin-Ciocalteu reagent 100 μL를 첨가한 후 5분간 반응시키고 2% Na₂CO₃ 용액 4 mL를 가하여 암소에서 30분간 반응시켜 반응액의 흡광도를 분광광도계(Beckman Coulter, Inc.)를 이용하여 750 nm에서 측정하였다. 총 폴리페놀 화합물의 함량은 gallic acid를 표준물질로 검량곡선을 작성하고, 이에 대입하여 gallic acid equivalent (GAE)로 나타내었다.

Table 1. HPLC condition for determination of organic acids content and sugar composition

	Organic acids content	Sugar composition	
Column	Acclaim™ 120 C ₁₈	Amino HPX-42A	μ-Bondapak-NH ₂
Mobile phase	20 mM H ₂ SO ₄ /DW	Water	Acetonitrile: water=3:1
Column temperature	40°C	65°C	35°C
Detector	UV 210 nm	RID	RID
Flow rate	0.8 mL/min	0.8 mL/min	0.8 mL/min
Injection volume	10 μL	10 μL	10 μL

Table 2. Changes of pH and reducing sugar content in vinegar beverage with different sweeteners and acidity during storage

Characteristic	Sweeteners ¹⁾	Acidity level ²⁾	Storage time (month) ³⁾⁴⁾⁵⁾						
			0	1	2	3	4	5	6
pH	IMO	LA	3.26 ^{aA}	3.23 ^{bA}	3.25 ^{abA}	3.25 ^{abA}	3.23 ^{bA}	3.23 ^{bA}	3.20 ^{cA}
		HA	3.18 ^{abB}	3.19 ^{aC}	3.16 ^d	3.17 ^{abcD}	3.16 ^{cD}	3.16 ^{cC}	3.17 ^{bcB}
	FOS	LA	3.25 ^{aA}	3.25 ^{aA}	3.24 ^{aA}	3.22 ^{bB}	3.21 ^{bB}	3.19 ^{bB}	3.18 ^{cAB}
		HA	3.18 ^{abB}	3.18 ^{bC}	3.20 ^{aC}	3.18 ^{bcD}	3.16 ^{cdD}	3.13 ^{deC}	3.13 ^{cC}
	SUR	LA	3.25 ^{aA}	3.21 ^{bB}	3.22 ^{bB}	3.20 ^{cC}	3.19 ^{cC}	3.16 ^{dC}	3.12 ^{dD}
		HA	3.19 ^{aB}	3.19 ^{abC}	3.18 ^{bc}	3.16 ^{bcE}	3.15 ^{cD}	3.13 ^{cC}	3.09 ^{dE}
Reducing sugar (mg/mL)	IMO	LA	118.78 ^{aA}	112.33 ^{abE}	115.45 ^{aF}	119.64 ^{aF}	95.88 ^{cE}	114.13 ^{abE}	106.47 ^{bD}
		HA	119.17 ^{aA}	100.13 ^{fF}	123.90 ^{cdE}	128.90 ^{abE}	120.38 ^{deD}	131.56 ^{dD}	127.26 ^{bcC}
	FOS	LA	36.67 ^{cC}	162.00 ^{dB}	174.47 ^{cC}	180.17 ^{bD}	168.81 ^{aB}	188.10 ^{aC}	189.04 ^{aB}
		HA	50.07 ^{bB}	125.42 ^{dD}	130.46 ^{dD}	194.32 ^{aC}	174.74 ^{cC}	186.66 ^{bc}	191.27 ^{abB}
	SUR	LA	3.65 ^{dD}	199.48 ^{bA}	233.75 ^{aB}	233.32 ^{aB}	242.58 ^{aA}	242.74 ^{aB}	237.11 ^{aA}
		HA	4.12 ^{dD}	135.62 ^{cC}	245.90 ^{abA}	258.17 ^{aA}	240.35 ^{ba}	251.26 ^{abA}	249.03 ^{baA}

¹⁾IMO: isomaltooligosaccharide, FOS: fructooligosaccharide, SUR: sucrose.

²⁾LA: low acidity by 25% cider vinegar and 15% sweeteners, HA: high acidity by 35% cider vinegar and 15% sweeteners.

³⁾Data were expressed as mean of triplicate determinations.

⁴⁾Values with different small letters within a row are significantly different ($p < 0.05$).

⁵⁾Values with different capital letters within a column are significantly different ($p < 0.05$).

당 성분 분석

희석한 식초 음료를 0.22 μm syringe filter (Millipore, Burlington, MA, USA)를 사용해 균질화한 후 HPLC (Thermo Fisher Scientific Inc.)시스템에 주입하여 당 성분을 분석하였다. 분석 시 사용된 칼럼은 Amino HPX-42A (300 \times 7.8 mm, BioRad Lab., Richmond, CA, USA)와 μ -Bondapak-NH₂ (10 μm 125 \AA 3.9 \times 300, Waters, Milford, MA, USA)이며, 자세한 분석 조건은 Table 1에 나타내었다.

통계처리

모든 분석실험은 3회 이상 반복 측정하였고, 측정 결과는 SPSS (Statistical Package for Social Sciences, Version 23.0, IBM-SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 분산분석을 실시하였다. 각 시료 간의 유의적 차이는 던컨시험으로 $p < 0.05$ 수준에서 유의차를 검정하였다.

결과 및 고찰

식초 음료의 pH 변화

첨가당과 산도를 달리한 식초음료의 저장 중 pH의 변화는 Table 2와 같다. 본 연구에서 식초음료의 pH는 저산도음료(Low Acidity, LA)는 3.12-3.26, 고산도음료(High Acidity, HA)는 3.09-3.19의 범위로 측정되었으며 이 값은 Kim 등(2010)이 측정된 시판 과일식초의 pH 범위 2.75-3.77 내에 포함되었다. 저장 기간이 증가할수록 식초 음료의 pH는 낮아지는 경향을 보였다. 식초 음료에서 설탕 첨가군(SUR)의 pH가 유의적으로 가장 낮았으며, 총 저장기간 동안 첨가당의 종류에 따른 pH의 변화는 IMO 첨가군의 감소 폭이 가장 작았고(0.31-1.23%), 다음으로 FOS (1.57-2.45), SUR (3.13-4.00%) 순으로 나타났다. IMO의 주성분인 panose는 산 안정성이 우수하며(Kweon과 Yook, 1994), 체내의 소장 및 대장의 미생물들에 의해 느린 속도로 일부만 분해되는 당으로 알려져 있어, 저장 중에도 안정적인 상태를 유지해 pH의 감소가 가장 적은 반면, FOS의 경우 내산성이 없고 빠르게 발효되는 당으로 분류되

기 때문에(Gourineni 등, 2018) 저장 중 미생물에 의한 추가 발효 및 과산화가 진행됨에 따라 pH가 감소할 수 있다. 그러나 본 연구에서 pH의 감소가 초산균에 의한 추가 발효에 의한 것인지를 알기 위해서는 살균공정을 거친 시판 식초 내 미생물의 잔존 여부, 또는 실험 중 외부 미생물의 유입 가능성을 확인하기 위한 추가연구가 필요할 것으로 생각된다. 설탕 첨가군이 올리고당 첨가군보다 유의적으로 낮은 pH를 보였는데, 이는 균에 의한 작용이라는 가설 이외에 분말 형태의 설탕이 액상 상태인 올리고당과 비교해 낮은 밀도로 인해 첨가된 종류수의 양이 상대적으로 적었기 때문으로 판단된다. Lee 등(2005)은 참외 식초를 첨가한 음료를 온도와 시간을 달리해서 저장하였을 때 저장시간이나 저장온도에 따른 pH의 변화가 거의 없었다고 보고하면서 저장 중 품질 변화를 최소화하기 위해서는 저장온도를 60 $^{\circ}\text{C}$ 이하로 설정하는 것이 바람직하다고 보고하였다.

식초 음료의 환원당 함량

첨가당과 산도에 따른 저장 중 식초음료 내 환원당 함량은 Table 2와 같다. 제조 당일 식초 음료의 환원당 함량은 첨가당에 따른 유의적인 차이를 보여, 설탕 첨가군(SUR)이 3.65-4.12 mg/mL으로 가장 낮았고, 프락토올리고당 첨가군(FOS)이 36.67-50.07 mg/mL, 이소말토올리고당 첨가군(IMO)이 118.78-119.17 mg/mL로 가장 높은 값을 나타내었다($p < 0.05$). IMO-LA를 제외한 시료는 저장 기간이 경과함에 따라 유의적으로 증가하는 결과를 보였다($p < 0.05$). SUR 및 FOS의 환원당 함량은 저장 한 달째 각각 135.62-199.48, 125.42-162.00 mg/mL로 급격히 증가하였고 이후 6달까지 완만하게 증가하는 경향을 보였으며, 특히 SUR이 가장 높은 환원당 함량을 보이는 것으로 확인되었다($p < 0.05$). IMO의 경우, 산도 및 저장 기간에 따라 118.78-127.26 mg/mL의 함량을 나타내어 FOS 및 SUR과 비교할 때 증가 폭이 매우 적었다. 이러한 결과는 첨가당의 산 안정성에 따른 것으로 보이며, FOS와 SUR은 저장 중 산 가수분해로 인해 환원당 함량이 증가하였으나, IMO는 산 안정성이 우수하여 분해되지 않아 환원당 함량의 변화가 거의 없는 것으로 볼 수 있다(Kweon과 Yook, 1994). 산도에 따른

변화를 보면 저산도보다 고산도 시료에서 환원당 함량이 높은 경향을 보여 높은 산도에서 첨가당의 분해가 더 잘 일어난다고 볼 수 있다.

식초 음료의 유기산 함량

식초의 유기산 종류와 함량은 원료 이외에도 미생물의 종류나 발효기법 등에 따라 달라진다고 알려져 있다(Mato et al., 2005). 본 실험에서 첨가당과 산도를 달리한 식초음료에는 Table 3에 나타난 바와 같이 acetic acid, malic acid, glucuronic acid 3종이 주된 유기산으로 검출되었다. Acetic acid는 발효과정 중 초산균의 작용으로 생성되는 대표적 유기산이며 malic acid는 사과의 주요 성분으로 사과를 원료로 하는 주스 및 식초에 온화하고 상쾌한 신맛을 부여하는 유기산이다(Hwang과 Pyo, 2016). 또한 glucuronic acid는 부드러운 신맛과 청량감을 지니며, 금속이온과 염 형태로

결합해 체내 무기질 흡수율을 높이는 등의 기능성을 지닌 유기산이라고 알려져 있는데(Park 등, 1999), 이들 유기산은 식초의 풍미를 결정하는 중요한 요소이다. 저산도 식초 음료와 고산도 식초 음료의 acetic acid 함량은 각각 14.51-16.19, 20.50-22.20 mg/mL의 범위로 유기산 중 가장 높은 함량을 차지하고 있었으며, malic acid와 glucuronic acid의 함량은 산도에 따른 차이는 있었으나 서로 비슷한 비율을 차지하고 있었고, 산도, 첨가당, 저장 기간에 따른 유기산 조성의 차이가 일정한 경향을 보이지 않았다. 본 연구의 시료가 시판 사과식초와 첨가당을 혼합하여 제조한 음료이므로 제조과정 중 발효가 진행되기 어려울 수 있기 때문에 시료 간 저장 기간에 따른 유기산 함량 및 조성의 변화가 뚜렷하지 않은 것으로 보여진다.

Kim 등(2010)은 시판 과실식초의 전체 유기산에 대한 acetic acid 비율(A/T)을 0.74-0.93의 범위라고 보고한 바 있으며, Jo 등

Table 3. Change of organic acids contents in vinegar beverage with different sweeteners and acidity during storage¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾

Storage time (month)	Acetic acid content (mg/mL) ³⁾⁴⁾⁵⁾					
	IMO-LA ¹⁾²⁾	IMO-HA	FOS-LA	FOS-HA	SUR-LA	SUR-HA
0	16.19 ^{bd}	21.51 ^{nsB}	14.51 ^{aF}	22.20 ^{aA}	15.20 ^{aE}	20.50 ^{nsC}
2	18.20 ^{aNS}	19.72 ^{nsNS}	13.72 ^{bNS}	18.79 ^{bNS}	12.70 ^{bNS}	22.11 ^{nsNS}
4	16.01 ^{bb}	21.01 ^{nsA}	14.88 ^{aB}	22.21 ^{aA}	15.63 ^{aB}	21.42 ^{nsA}
6	14.73 ^{bb}	21.83 ^{nsA}	13.10 ^{bc}	21.23 ^{aA}	14.67 ^{aB}	20.90 ^{nsA}
	Malic acid content (mg/mL)					
	IMO-LA	IMO-HA	FOS-LA	FOS-HA	SUR-LA	SUR-HA
0	2.40 ^{bcB}	2.59 ^{abB}	3.20 ^{aA}	2.10 ^{aB}	1.20 ^{cC}	2.51 ^{bb}
2	2.91 ^{bb}	2.61 ^{abBC}	1.50 ^{cd}	2.09 ^{aC}	2.39 ^{abC}	3.79 ^{aA}
4	1.89 ^{bcC}	2.41 ^{baB}	2.20 ^{baBC}	1.10 ^{bd}	2.71 ^{aA}	1.70 ^{cC}
6	3.82 ^{aA}	2.88 ^{aB}	1.80 ^{cC}	1.73 ^{abc}	1.70 ^{bc}	2.52 ^{bb}
	Glucuronic acid content (mg/mL)					
	IMO-LA	IMO-HA	FOS-LA	FOS-HA	SUR-LA	SUR-HA
0	1.60 ^{cd}	3.31 ^{aAB}	2.40 ^{bc}	3.62 ^{aA}	2.17 ^{bcD}	2.70 ^{aBC}
2	1.10 ^{dc}	2.42 ^{bb}	2.70 ^{bb}	2.90 ^{bb}	3.71 ^{aA}	2.40 ^{aB}
4	2.40 ^{bb}	3.33 ^{aA}	2.70 ^{bb}	3.68 ^{aA}	2.20 ^{bb}	1.50 ^{bc}
6	3.10 ^{aB}	2.38 ^{bc}	3.40 ^{aAB}	2.01 ^{cC}	3.70 ^{aA}	2.90 ^{aB}
	Total organic acid (mg/mL)					
	IMO-LA	IMO-HA	FOS-LA	FOS-HA	SUR-LA	SUR-HA
0	20.19 ^{bc}	27.41 ^{nsA}	20.11 ^{aC}	27.92 ^{aA}	18.57 ^{bd}	25.71 ^{abB}
2	22.21 ^{aNS}	24.75 ^{nsNS}	17.92 ^{bNS}	23.78 ^{bNS}	18.80 ^{bNS}	28.30 ^{aNS}
4	20.30 ^{bb}	26.75 ^{nsA}	19.78 ^{aB}	26.99 ^{aA}	20.54 ^{aB}	24.62 ^{ba}
6	21.65 ^{ab}	27.09 ^{nsA}	18.30 ^{bd}	24.97 ^{bb}	20.07 ^{abc}	26.22 ^{baA}
	A/T ⁶⁾					
	IMO-LA 0	IMO-HA 1	FOS-LA 2	FOS-HA 3	SUR-LA 4	SUR-HA 5
0	0.80 ^{aAB}	0.78 ^{bb}	0.72 ^{bc}	0.79 ^{cAB}	0.81 ^{aA}	0.79 ^{bAB}
2	0.81 ^{aB}	0.79 ^{aA}	0.76 ^{ab}	0.79 ^{cB}	0.67 ^{dc}	0.78 ^{bb}
4	0.68 ^{cC}	0.78 ^{bc}	0.75 ^{ad}	0.82 ^{bb}	0.76 ^{bc}	0.87 ^{aA}
6	0.68 ^{bf}	0.80 ^{bb}	0.71 ^{be}	0.85 ^{aA}	0.73 ^{cd}	0.79 ^{bc}

¹⁾IMO-LA: blend of 25% cider vinegar and 15% isomaltooligosaccharide, IMO-HA: blend of 35% cider vinegar and 15% isomaltooligosaccharide, FOS-LA: blend of 25% cider vinegar and 15% fructooligosaccharide, FOS-HA: blend of 35% cider vinegar and 15% fructooligosaccharide, SUR-LA: blend of 25% cider vinegar and 15% sucrose, SUR-HA: blend of 35% cider vinegar and 15% sucrose.

²⁾Data were expressed as mean of triplicate determinations.

³⁾Values with different small letters within a column are significantly different ($p < 0.05$).

⁴⁾Values with different capital letters within a row are significantly different ($p < 0.05$).

⁵⁾The superscripted 'ns' in the first column and superscripted 'NS' in the first row mean that it is not significantly different in each column and row.

⁶⁾Ratio of acetic acid compared to total organic acids

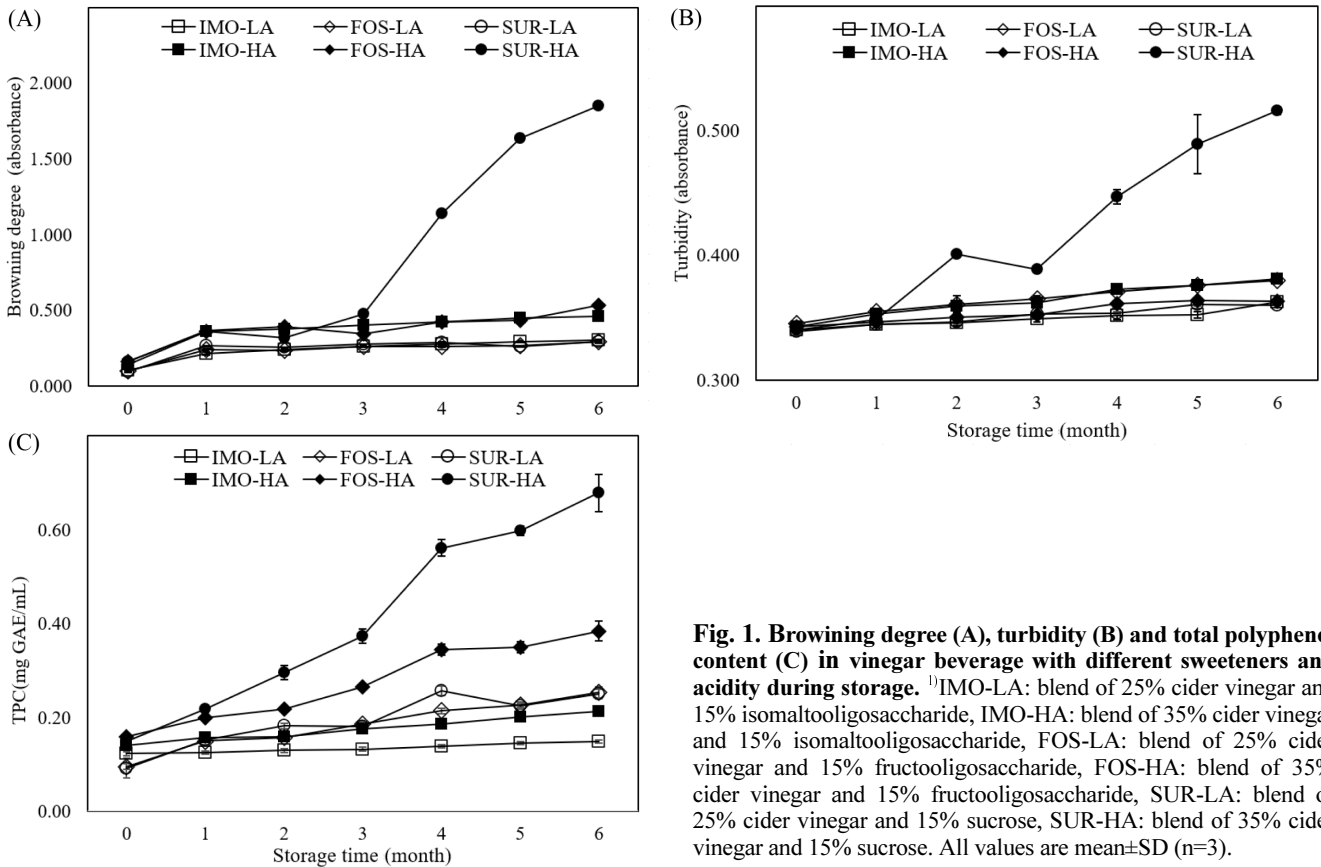


Fig. 1. Browning degree (A), turbidity (B) and total polyphenol content (C) in vinegar beverage with different sweeteners and acidity during storage. ¹⁾IMO-LA: blend of 25% cider vinegar and 15% isomaltooligosaccharide, IMO-HA: blend of 35% cider vinegar and 15% isomaltooligosaccharide, FOS-LA: blend of 25% cider vinegar and 15% fructooligosaccharide, FOS-HA: blend of 35% cider vinegar and 15% fructooligosaccharide, SUR-LA: blend of 25% cider vinegar and 15% sucrose, SUR-HA: blend of 35% cider vinegar and 15% sucrose. All values are mean±SD (n=3).

(2013)은 고산도 식초에서는 A/T값이 0.95-1.00 범위로 나타나 고산도 식초 유기산의 대부분이 acetic acid라고 보고하였다. 본 실험에서 LA보다는 HA에서 acetic acid의 함량이 유의적으로 높게 측정되었으며 A/T값도 IMO군을 제외하고 FOS나 SUR군에서 LA보다 HA에서 유의적으로 높은 값을 보여(0.68-0.81 vs. 0.78-0.87) 유기산의 대부분이 acetic acid라고 볼 수 있겠다. 그러나, 동일시료에서 저장기간에 따른 A/T값의 일정한 경향은 보이지 않았다.

식초 음료의 갈색도 및 탁도

식초의 갈색은 폴리페놀 화합물들의 산화 및 당분의 갈변이 원인이 되며 그 외 Lee와 No (2001) 및 Choi 등(1995)은 과실에 존재하는 tannic acid 및 단백질이 원인이 되어 혼탁한 현상을 나타낸다고 하였고, Jeong 등(1996)은 식초 청정화를 위한 장시간의 여과가 빠른 갈변화를 유발한다고 보고하였다. 첨가당과 저장 기간, 산도에 따른 식초 음료의 갈색도는 Fig. 1(A)에 나타내었다. 제조 당일 식초 음료의 갈색도는 0.095-0.162로 나타났는데, 이는 Kim 등(2010)의 시판 사과식초의 갈색도가 0.022-0.327이라는 보고 및 0.07-0.11이라는 Jo 등(2012)의 연구결과 범위 내에 포함되는 값이다. 갈색도는 고산도 식초 음료가 저산도 식초 음료와 비교해 유의적으로 높은 경향을 보였는데($p<0.05$), 이는 고산도 음료 제조 시 사과식초의 첨가량이 많기 때문으로 볼 수 있다. 모든 시료의 갈색도는 저장 기간에 따라 완만하게 증가하여 저장 6달차에는 0달차와 비교해 유의적으로 증가하는 경향이 있었으며($p<0.05$), 고산도 식초음료에서의 증가 폭이 저산도 식초음료와 비교해 큰 경향을 보였다. 시료 중 특히 SUR-HA의 증가 폭이 가장 컸으며, 저장 3달차부터 급격히 증가해 저장 6달차에 1.852로 다른 시료들(0.291-0.532)보다 유의적으로 높은 값을 나

타냈다($p<0.05$). 이는 첨가당의 특성에 따른 것으로 저장 중 가장 많은 환원당 함량으로 인해(Table 2) 갈변반응이 빠르게 일어났기 때문으로 볼 수 있다(Gourineni 등, 2018; Kim 등, 1995). 저장 중 갈색도의 증가는 원료로 사용된 식초에 존재하던 유리 아미노산 등의 성분과 SUR, IMO 및 SUR이 포함하는 환원당이 마이야르 반응을 통해 갈변 물질인 melanoidin을 생성하였기 때문으로 볼 수 있다(Lertittikul 등, 2007). Xia 등(2017)도 저장 기간을 달리한 시판 발효 식초의 갈색도가 저장 중 계속 증가하였으며, 이는 산성인 환경에서 지속적인 마이야르 반응을 통해 새로운 화합물이 합성되었기 때문이라고 보고한 바 있다.

첨가당과 저장 기간, 산도에 따른 식초 음료의 탁도는 Fig. 1(B)에 나타내었다. 저장 기간에 따른 시료의 탁도는 갈색도 결과와 유사한 경향을 보였다. 저산도 식초 음료의 경우, 저장 0달차에는 0.339-0.343, 저장 6달 후에는 0.360-0.363로 약간 증가하였으며, SUR군을 제외한 고산도 식초 음료는 저장 0달차에는 0.343-0.346, 저장 6달 후에는 0.380-0.382로 약간 증가하였다. SUR-HA의 경우 저장 0달차 0.341에서 2달차 0.401, 6달차 0.516으로 2달차부터 급격히 증가해 약 1.51배 높은 탁도값을 보였다.

DuBois 등(1956)은 환원성 메틸에테르를 포함하는 단당, 올리고당 및 다당류와 이들의 유도체는 산성에서 페놀성 물질과 반응하여 Furan-2-carbaldehyde이나 hydroxymethyl furfural 및 고분자 melanoidin 같은 갈변 물질을 생성한다고 보고하였다. 본 연구에서 SUR-HA의 탁도가 유의적으로 증가한 것은 상대적으로 높은 산도에서 SUR이 fructose 및 glucose로 분해되며 이로 인해 생성된 갈변 물질이 장기간 저장을 통해 용해도가 감소하였기 때문으로 생각된다(Bae와 Yoo, 2019).

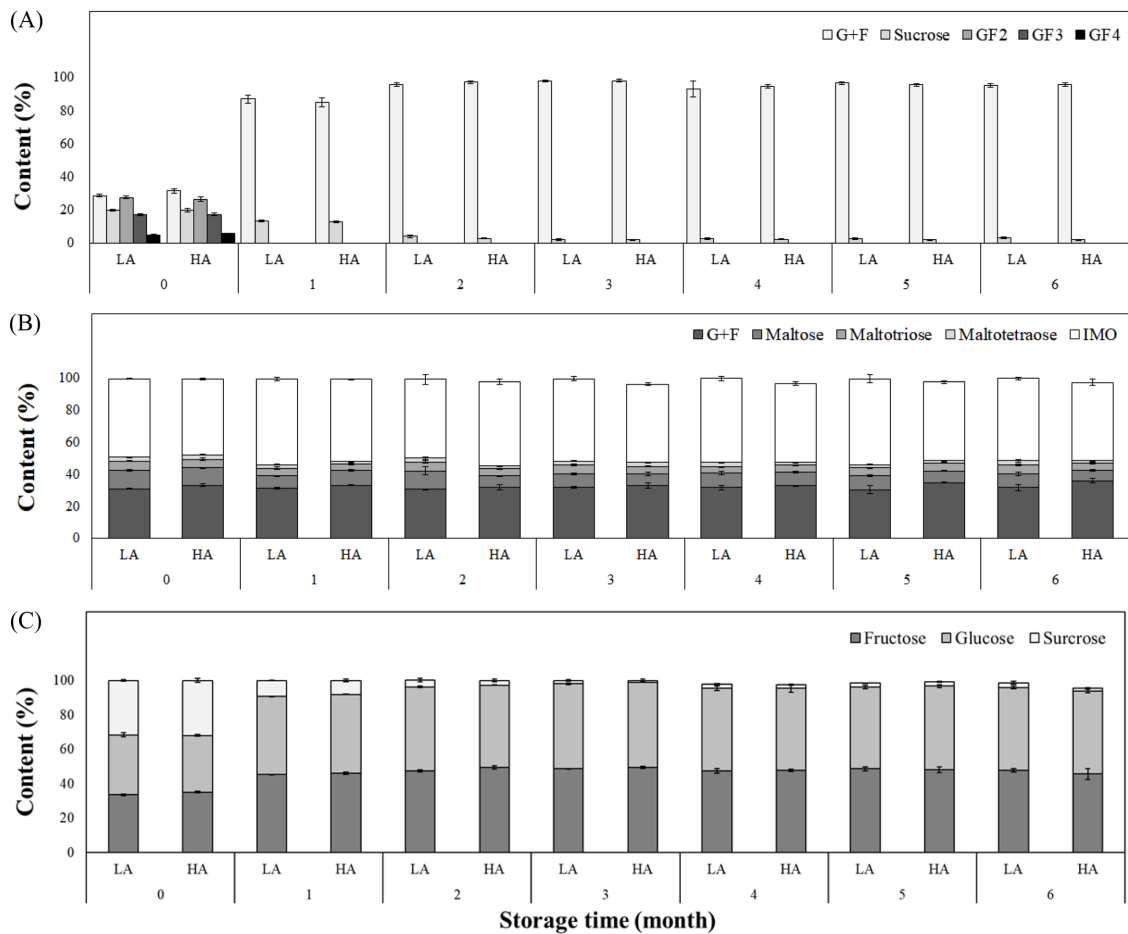


Fig. 2. Total sugar contents in vinegar beverage with different sweeteners and acidity during storage. (A) change of sugar composition of each beverage containing fructooligosaccharide, (B) change of sugar composition of each beverage containing isomaltooligosaccharide, (C) change of sugar composition of each beverage containing sucrose, LA: blend of 25% cider vinegar and 15% sweeteners, HA: blend of 35% cider vinegar and 15% sweeteners. All values are mean±SD (n=3).

식초 음료의 총 폴리페놀 함량

폴리페놀 화합물은 항산화 활성을 나타내는 천연 기능성 성분으로(Bidlack 등, 1999), 식초에서는 대체로 음료용 식초가 조리용 식초보다 높으며 식초 내 폴리페놀 함량은 0.25-0.6 mg/mL로 측정되었다는 보고가 있다(Lee 등, 2009). 본 연구에서 첨가당과 저장 기간, 산도에 따른 식초 음료의 총 폴리페놀 함량 변화는 Fig. 1(C)에 나타난 바와 같이 저장 0달에는 저산도 식초 음료의 총 폴리페놀 함량이 0.09-0.12 mg GAE/mL의 범위였으며, 고산도 식초 음료는 0.14-0.16 mg GAE/mL으로 고산도 식초 음료의 총 폴리페놀 함량이 높은 경향을 보였다($p < 0.05$). 식초에 함유된 페놀화합물의 양은 원료 과즙 내 함량의 차이 및 발효 제법에 따라 달라질 수 있는데, Kim 등(2013)은 시판 과일식초의 발효방법에 따른 총 페놀함량은 다량의 농축과즙으로 알코올 발효와 초산발효를 할 때가 소량의 과즙으로 초산발효만 할 때보다 5배 이상 높았다고 보고한 바 있다. 따라서 HA시료에서 총 폴리페놀 함량이 높은 것은 LA에 비해 식초 음료 제조 시 첨가된 식초의 첨가량에 따른 것으로 생각된다.

모든 시료의 총 폴리페놀 함량은 갈색도 및 탁도와 유사하게 저장 기간에 따라 증가하는 경향을 보였으며, 산도 및 첨가당에 따른 유의적인 차이를 나타냈다($p < 0.05$). 산도에 따라서는 IMO군의 경우, LA가 저장 6개월 후 저장 0달차와 비교해 1.25배, HA가 1.5배 증가하였으며, FOS군의 경우, LA와 HA가 각각 2.5,

2.78배, SUR군의 경우 역시 LA와 HA가 각각 2.78, 4.53배 증가하여 고산도 식초 음료가 저산도 식초 음료와 비교해 유의적으로 높은 증가율을 보였고, 첨가당에 따라서는 SUR군의 증가율이 유의적으로 높았으며, FOS군, IMO군의 순으로 나타났다($p < 0.05$).

식초 음료의 저장 과정 중 총 폴리페놀 함량이 증가한 것은 40°C에서 저장 중 환원당과 같은 환원성 알데하이드와 아미노산, 펩타이드 등의 아미노화합물이 amino-carbonyl 반응을 통해 melanoidin을 생성하였기 때문으로 보이며(Lertittikul 등, 2007), 첨가당에 따른 유의적인 차이를 보인 것은 환원당 함량 결과와 유사하게 첨가당의 산 안정성에 기인하는 것으로 보여진다. Melanoidin은 커피(Smrke 등, 2013), 꿀(Brudzynski와 Miotto, 2011), 숙성 흑미(Choi 등, 2017) 및 흑삼(Lee, 2020)과 같이 가열 과정을 거친 식품의 항산화능에 기여하는 물질로, Liu 등(2017)은 식초를 102°C에서 0, 30, 60분간 가열하였을 때, 60분 가열한 식초의 melanoidin 함량이 대조군과 비교해 약 1.43배 증가함과 동시에 가열 처리 후 생성된 melanoidin이 식초의 총 항산화 물질 중 약 50%를 차지한다고 보고하였다. 하지만 melanoidin은 식초 음료의 항산화능을 증가시킬 수는 있으나, 동시에 식초 음료의 갈색도 및 탁도를 증가시키는 등 이화학적 품질 특성의 변화를 초래하여 최종적으로 관능적 특성을 저하시킬 수 있으므로 식초 음료에서는 같은 반응으로 인한 melanoidin 생성을 줄이는 것이 바람직할 것으로 보여진다.

FOS시료 내 저장 중 FOS 함량 변화

저장 기간 및 산도에 따른 식초 음료의 FOS와 유리당의 함량 변화는 Fig. 2(A)에 나타내었다. FOS를 첨가한 저산도와 고산도 식초 음료의 저장 초기 FOS 함량(GF2, GF3 및 GF4 함량의 합)은 49.31-49.55%였으나, 저장 1달차에 0%로 나타나 대부분의 FOS가 분해되었음을 확인하였다. Sucrose 함량 역시 저장 초기에는 산도에 따라 19.75-19.78%의 함량을 보였으나, 1달차에 12.98-13.25, 2달차에 2.80-3.93%로 급격히 감소하였다. Glucose와 fructose 함량의 합은 FOS 및 Sucrose의 경향과는 반대로 28.62-31.61%에서 급격히 증가하는 결과를 보였다($p<0.05$). 이는 환원당 함량과 유사한 결과로 내산성이 약한 FOS가 저장 중 불안정함으로 인해 분해된 것으로 볼 수 있다(Kim 등, 1995). Bae와 Yoo (2019)는 FOS를 첨가해 제조한 매실청의 FOS 함량과 환원당 함량을 측정된 결과, 90일 이후 매실청 중 FOS의 98%가 분해되었다고 보고하였다. FOS의 분해는 올리고당으로서의 기능성 상실을 의미하며 또한 FOS의 분해산물이 amino-carbonyl 반응에 관여해 갈색도 및 탁도의 증가 등 식초음료의 관능적 특성을 저하시킬 수 있다는 것을 의미하므로, pH 3.18-3.09 범위인 식초음료에 첨가당으로서 FOS를 사용하는 것은 바람직하지 않은 것으로 보여진다.

IMO 시료 내 IMO 함량 변화

저장 기간 및 산도에 따른 식초 음료의 IMO와 유리당의 함량 변화는 Fig. 2(B)에 나타내었다. IMO를 첨가한 저산도와 고산도 식초 음료의 저장 초기 IMO 함량은 각각 48.79, 47.29%였으며, 저장 6달차의 IMO 함량은 각각 51.30, 48.75%로 저장 기간 및 산도에 따른 유의적인 차이는 보이지 않았으며 이는 저장 1달차에 대부분이 분해된 FOS와는 달리 IMO의 높은 내산성으로 인해 저장 기간 및 산도에 따른 IMO 함량의 변화가 없는 것으로 볼 수 있다(Kweon과 Yook, 1994). Bae와 Yoo(2019)는 IMO를 100% 첨가해 제조한 매실청의 IMO 함량을 측정된 결과, 90일 이후 약 75%의 IMO가 잔존하였으나, 이는 매실청 숙성 중 매실로부터 용출된 수분 등으로 인한 것으로 사료되며 실제 IMO의 잔존 함량은 더욱 높을 것으로 보고하여 본 연구와 유사한 결과를 나타냈다.

IMO는 국내에서 장내 유익균의 증식 및 유해균 억제와 배변 활동에 도움을 줄 수 있는 것으로 인정된 생리활성기능 2등급의 건강기능성원료로, 일일 섭취 기준은 8-12 g이다(KFDA, 2016). 식초 음료 100 mL 당 약 7.5g의 IMO를 함유하고 있으므로, 110 mL 음용 시 건강기능식품 기준에 부합하는 8.25 g의 IMO를 섭취할 수 있어 IMO로 인한 건강기능성을 기대할 수 있을 것으로 예상된다.

SUR시료 내 SUR 함량 변화

저장 기간 및 산도에 따른 식초 음료의 SUR과 유리당의 함량 변화는 Fig. 2(C)에 나타내었다. SUR을 첨가한 저산도와 고산도 식초 음료의 저장 초기 SUR 함량은 각각 31.55, 31.59%였으나, 저장 1달차에는 급격하게 감소하여 9.18, 8.09%로 나타났고, 이후에는 완만하게 감소하여 저장 6달차에는 2.65, 1.66%의 함량을 보였다($p<0.05$). SUR의 함량이 감소함과 동시에 fructose 및 glucose의 함량은 증가하는 경향을 보였으며, SUR 함량과는 반대로 저장 1달차에 급격히 증가하는 결과를 보였으나, 산도에 따른 유의적인 차이는 보이지 않았다($p<0.05$). 이는 환원당 함량과 유사한 결과로 SUR이 저장 중 산 가수분해로 인해 fructose와 glucose로 분해되었기 때문으로 보여진다(Kweon과 Yook, 1994). Bae와

Yoo (2019)는 설탕 첨가 100% 매실청의 sucrose 함량이 저장 90일 이후 초기 첨가량과 비교해 약 72%가 분해되었으며, 기능성 올리고당과 설탕을 함께 투입해 제조한 매실청 역시 저장기간에 비례하여 sucrose의 함량이 첨가량 대비 71-90% 감소하였다고 보고하였다. SUR의 분해는 FOS와 유사하게 당당류를 생성해 amino-carbonyl 반응이 발생할 수 있으므로 낮은 pH의 식초 음료에 첨가당으로 SUR을 사용하는 것은 바람직하지 않은 것으로 보여진다.

요 약

설탕을 대체하여 프락토올리고당과 이소말토올리고당을 첨가당으로 저산도 및 고산도 식초 음료를 제조한 후, 저장기간 중 이화학적 품질 특성과 올리고당 안정성을 비교하였다. pH는 저장 기간에 따라 모든 시료가 감소하는 경향을 보였으며, 감소폭은 이소말토올리고당이 가장 작았으며, 프락토올리고당, 설탕 첨가군 순으로 나타났다. 환원당은 제조 직후에는 설탕 첨가군이 가장 낮고 이소말토올리고당 첨가군이 가장 높았으나, 이소말토올리고당 첨가군은 저장기간 동안 유의적인 변화를 보이지 않은 반면, 설탕과 프락토올리고당 첨가군은 저장 1달차에 급격히 증가한 후 6개월까지 완만히 증가하였고, 최종적으로 설탕 첨가군이 가장 높은 함량을 나타냈다. 갈색도는 고산도 설탕 첨가군이 저장 3개월부터 급격히 증가함을 보였고, 탁도 역시 고산도 설탕 첨가군이 저장 2개월부터 급격히 증가하는 모습을 보였다. 총 폴리페놀 함량의 경우, 저산도 이소말토올리고당 첨가군을 제외한 모든 시료가 저장 기간에 따라 증가함을 보였으며, 산도에 따라서는 고산도 식초 음료의 총 폴리페놀 함량이 저산도 식초 음료와 비교해 높은 것으로 나타나, 최종적으로 고산도 설탕 첨가군이 가장 높은 값을 보였다. 이는 첨가당의 산 안정성에 기인한 것으로 40°C에서 저장 중 식초 음료 중 함유되어 있던 환원성 알데하이드와 아미노산, 펩타이드 등의 아미노화합물이 amino-carbonyl 반응을 통해 melanoidin을 생성하였기 때문으로 보인다. 저장 기간 동안 첨가당의 함량과 안정성을 비교하였을 때 저산도 및 고산도 식초 음료의 설탕과 프락토올리고당은 제조 직후와 비교해 저장 1달차부터 급격히 감소하여, 저장 6개월 후 대부분 포도당과 과당으로 분해되었으나 이소말토올리고당은 모든 시료에서 제조 직후와 큰 차이를 보이지 않고 안정성을 나타내었다. 이상의 결과로 식초와 같은 산도가 낮은 음료류에는 첨가당으로 이소말토올리고당을 사용하는 것이 음료의 관능적 특성을 유지하면서 체내에 유익한 올리고당의 기능성 효과를 얻는 데에 바람직할 것으로 생각된다.

References

- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA, USA (1995)
- 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)
- Bidlack WR, Omaye ST, Meskin MS, Topham DKW. *Phytochemicals as Bioactive Agents.* Technomic Publishing Co., Lancaster, Basel, Switzerland. pp. 25-36 (1999)
- Brudzynski K, Miotto D. The recognition of high molecular weight melanoidins as the main components responsible for radical-scavenging capacity of unheated and heat-treated Canadian honeys. *Food Chem.* 125: 570-575 (2011)
- Chen H, Chen T, Giudici P, Chen F. Vinegar functions on health: Constituents, sources, and formation mechanisms. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 15: 1124-1138 (2016)
- Choi HJ, Lim BR, Ha SC, Kwon GS, Kim DW, Joo WH. Physico-

- chemical characteristics and antioxidant activities of freezing pre-treated black garlic. *J. Life Sci.* 27: 471-475 (2017)
- Choi SY, Gu YJ, Lee MG. A study on the development of persimmon beverage (final report). Korea Food Research Institute (1995)
- Dennis EJ, Kang M, Han SN. Relation between beverage consumption pattern and metabolic syndrome among healthy Korean adults. *Korean J. Community Nutr.* 22: 441-455 (2017)
- DuBois M, Gilles KA, Hamilton JK, Rebers PA, Smith F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.* 28: 350-356 (1956)
- Fiordaliso M, Kok N, Desager JP, Goethals F, Deboyser D, Roberfroid M, Delzenne N. Dietary oligofructose lowers triglycerides, phospholipids and cholesterol in serum and very low density lipoproteins of rats. *Lipids.* 30: 163-167 (1995)
- Gil BI. Physicochemical characteristics of brown rice vinegars produced by traditional and industrial manufacturing method. *J. Nat. Sci.* 11: 1-7 (2004)
- Gourineni V, Stewart ML, Icoz D, Zimmer JP. Gastrointestinal tolerance and glycemic response of isomaltooligosaccharides in healthy adults. *Nutrients* 10: 301 (2018)
- Havel PJ. Dietary fructose: implications for dysregulation of energy homeostasis and lipid/carbohydrate metabolism. *Nutr. Rev.* 63: 133-157 (2005)
- Hidaka H, Eida T, Adachi T, Saitoh Y. Industrial production of fructooligosaccharides and its application for human and animals. *Nippon Nogeikagaku Kaishi.* 61: 915-923 (1987)
- Hwang JY, Pyo YH. Comparison of organic acid contents and xanthine oxidase inhibitory activities of commercial fruit juices and vinegars. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 45: 1685-1690 (2016)
- Jeong YJ, Seo KI, Kim KS. Physicochemical properties of marketing and intensive persimmon vinegars. *J. East Asian Diet. Life.* 6: 355-363 (1996)
- Jo YJ, Jang SY, Kim OM, Park CW, Jeong YJ. Effects of sugars addition in alcohol fermentation of oriental melo. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 39: 1359-1365 (2010)
- Jo DJ, Park EJ, Kim GR, Yeo SH, Jeong YJ, Kwon JH. Quality comparison of commercial cider vinegars by their acidity levels. *Korean J. Food Sci. Technol.* 44: 699-703 (2012)
- Jo DJ, Park EJ, Yeo SH, Jeong YJ, Kwon JH. Physicochemical and antioxidant properties of commercial vinegars with high acidity. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 42: 1204-1210 (2013)
- Johnston CS, Steplewska I, Long CA, Harris LN, Ryals RH. Examination of the antiglycemic properties of vinegar in healthy adults. *Ann. Nutr. Metab.* 56: 74-79 (2010)
- Kang MJ, Ha JH, E Shin EC, Choi HW, Lee YS. Physicochemical properties, volatile components, sensory characteristics and consumer acceptability of commercially available Grape vinegars. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 48: 868-878 (2019)
- KFDA. Korea Health Supplements Food Standard Codex. Korea food and Drug Administration, Seoul, Korea. pp. 78 (2016)
- Kim KO, Kim SM, Kim SM, Kim DY, Jo D, Yeo SH, Jeong YJ, Kwon JH. Physicochemical properties of commercial fruit vinegars with different fermentation methods. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 42: 736-742 (2013)
- Kim HK, Lee GH. Characteristics of sponge cake prepared with yacon concentrates as sugar Substitute. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 45:1453-1459 (2016)
- Kim JR, Yook C, Kwon HK, Hing SY, Park CK, Park KH. Physical and Physiological Properties of Isomaltooligosaccharides and Fructooligosaccharides. *Korean J. Food Sci. Technol.* 4: 170-175 (1995)
- Kim GR, Yoon SR, Lee JH, Yeo SH, Jeong YJ, Yoon KY, Kwon JH. Physicochemical properties of and volatile components in commercial fruit vinegars. *Korean J. Food Preserv.* 17: 616-624 (2010)
- Kweon HK, Yook C. Physicochemical properties of isomaltooligosaccharide and its application to food. *Bioind. News.* 7: 26-30 (1994)
- Lee GD. Optimization of formation of the ginsenoside Rg₃ in black ginseng steamed with acetic acid solution. *Korean J. Food Preserv.* 27: 66-73 (2020)
- Lee SM, Choi YM, Kim YW, Kim DJ, Lee JS. Antioxidant activity of vinegars commercially available in Korean markets. *Food Eng. Prog.* (2009)
- Lee GD, Kim SK, Lee MH. Quality change of beverage containing muskmelon vinegar and concentrated muskmelon juice during storage. *Korean J. Food Preserv.* 12: 229-229 (2005)
- Lee MH, No HK. Clarification of persimmon vinegar using chitosan. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 30: 277-282 (2001)
- Lertittikul W, Benjakul S, Tanaka M. Characteristics and antioxidative activity of Maillard reaction products from a porcine plasma protein-glucose model system as influenced by pH. *Food Chem.* 100: 669-677 (2007)
- Liu JY, Gan J, Nirasawa S, Zhou Y, Xu JL, Zhu SH, Cheng YQ. Cellular uptake and trans-enterocyte transport of phenolics bound to vinegar melanoidins. *J. Funct. Foods.* 37: 632-640 (2017)
- Malik VS, Popkin BM, Bray GA, Desprs JP, Willett WC, Hu FB. Sugar-sweetened and risk of metabolic syndrome and type 2 diabetes: a beverages meta-analysis. *Diabetes Care.* 33: 2477-2483 (2010)
- Mato I, Surez-Luque S, Huidobro JF. A review of the analytical methods to determine organic acids in grape juices and wines. *Food Res. Int.* 38: 1175-1188 (2005)
- Miller GL. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal. Chem.* 31: 426-428 (1959)
- Modler HW. Bifidogenic factors-sources, metabolism and applications. *Int. Dairy J.* 4: 383-407 (1994)
- Park YO. Quality comparison of natural fermented vinegars manufactured with different raw materials. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 47: 46-54 (2018)
- Park BS, Cho BK, Lee SY, Lim SH, Kim DI, Kim BG. Optimization of biotransformation process for sodium gluconate production by *Aspergillus niger*. *Koran J. Biotechnol. Bioeng.* 14: 309-315 (1999)
- Rousseau V, Lepargneur JP, Roques C, Remaud-Simeon M, Paul F. Prebiotic effects of oligosaccharides on selected vaginal lactobacilli and pathogenic microorganisms. *Anaerobe.* 11: 145-153 (2005)
- Seo HB, Song YJ, Kang JY, Kwon DK, Kim PG, Ryu SP. The study of persimmon vinegar as functional drink on reduce blood lipids and enhance exercise performance. *J. Korean For. Soc.* 100: 232-239 (2011)
- Shin JH, Lee JE, Chang JH, Han JA. Physical properties and sugar composition stability of food containing different oligosaccharides. *Korean J. Food Sci. Technol.* 51: 459-465 (2019)
- Smrke S, Opitz SE, Vovk I, Yeretizian C. How does roasting affect the antioxidants of a coffee brew? Exploring the antioxidant capacity of coffee via on-line antioxidant assays coupled with size exclusion chromatography. *Food Funct.* 4: 1082-1092 (2013)
- Son MJ, Cha CG, Park JH, Kim CS, Lee SP. Manufacture of drop-wort extract using brown sugar, fructose syrup and oligosaccharides. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 34: 1486-1490 (2005)
- Van Rompay MI, McKeown NM, Goodman E, Eliasziw M, Chomitz VR, Gordon CM, Economos CD, Sackeck JM. Sugar-sweetened beverage intake is positively associated with baseline triglyceride concentrations, and changes in intake are inversely associated with changes in HDL cholesterol over 12 months in a multiethnic sample of children. *J Nutr.* 145: 2389-2395 (2015)
- Woo SM, Kim OM, Choi IW, Kim YS, Choi HD, Jeong YJ. Condition of acetic acid fermentation and effect of oligosaccharide addition on kiwi vinegar. *Korean J. Food Preserv.* 14: 100-104 (2007)
- Xia T, Yao JH, Zhang J, Zheng Y, Song J, Wang M. Protective effects of Shanxi aged vinegar against hydrogen peroxide-induced oxidative damage in LO2 cells through Nrf2-mediated antioxidant responses. *RSC Adv.* 7: 17377-17386 (2017)
- Yi TG, Park YR, Kim HJ, Hong SJ, Kang YH, Park NI. Physicochemical properties of blueberry syrup prepared with fructooligosaccharide. *Korean J. Food Preserv.* 24: 585-592 (2017)
- Yoon EK. Current status of Korean sugar intake and reduction policy. *Food Ind. Nutr.* 23: 10-13 (2018)
- Yun JW, Ro TW, Kang SC. Stability of oligosaccharides during fermentation of Kimchi. *Korean J. Food. Sci. Technol.* 28: 203-206 (1996)