국내 시판 콜드필링 사과주스의 품질특성 및 향기성분 분석

— 연구노트 —

김건오¹ · 오유림¹ · 이창현² · 최우석² · 박선현³ · 김종찬³ · 심길보⁴ · 이윤정⁵ · 성지혜¹

¹안동대학교 식품생명공학과, ²재단법인 한국화학융합시험연구원

³한국식품연구원 식품표준연구센터, ⁴부경대학교 식품공학과

⁵국립원예과학원 인삼특작부

Quality Characteristics and Volatile Compounds Analysis of Commercial Cold Filling Apple Juice in Korea

Keono Kim¹, Yurim Oh¹, Chang-Hyeon Lee², Woo-Seok Choi², Sunhyun Park³,
Jong-Chan Kim³, Kilbo Shim⁴, Yoon Jeong Lee⁵, and Jeehye Sung¹

¹Department of Food Science and Biotechnology, Andong National University

²Korea Testing and Research Institute

³Food Standard Research Center, Korea Food Research Institute

⁴Department of Food Science and Technology, Pukyong National University

⁵Department of Herbal Crop Research, National Institute of Horticultural and Herbal Science

ABSTRACT The present study investigated the sensory attributes and volatile flavor profiling of four commercial apple juices in Korea. The quantitative descriptive sensory analysis was performed by a trained panel (n=9) which investigated the intensity of different tastes (sweetness and sourness) and flavors (strawberry, apple, pear, honey, vanilla, fruity, and floral) along with overall acceptability. The volatile flavor components of the apple juices were analyzed using gas chromatography-mass spectrometry with headspace solid-phase microextraction (HS-SPME/GC-MS). The results showed that the overall acceptability of apple juices was substantially associated with the intensity of sweetness, sourness, and flavors. The high hedonic rating of apple juice was because of its high sweetness and appropriate sourness with flavor profiles such as strawberry, honey, vanilla, fruity, and floral. The volatile aroma compounds including butyl propionate, isoamyl acetate, heptyl acetate, and butyl 2-methyl butanoate were tentatively identified and quantified. These may partially confer various flavors, such as fruity, banana, floral, and fruity to apple juice. This study suggests that the specific sensory qualities of apple juices could be influenced by their volatile flavor profiles.

Key words: apple juice, cold filling, fruit quality, sensory attributes, volatile compounds

서 론

사과(*Malus domestica*)는 당류 및 유기산뿐만 아니라 식이섬유, 비타민, 무기질을 함유하고 있으며 전 세계에서 많이 소비되는 주요 과일로 알려져 있다(Hwang 등, 2011). 사과의 기능성 성분인 폴리페놀 및 플라보노이드는 우수한 항산화, 항염증, 항비만 등의 생리활성 효능이 보고되면서 건강을 중요시하는 소비자들에게 선호도가 증가하고 있는 추세이다(Bahukhandi 등, 2018; Wang 등, 2017a; Cao 등, 2019). 사과의 과실은 청량감과 산뜻함이 특징으로 특유의

과일 향과 함께 유기산과 단맛이 잘 어우러져 사과의 독특한 향미를 제공한다(Hwang 등, 2001). 이러한 사과의 특징적인 향미에 대해 소비자들의 기호도가 높아 주스 및 음료, 잼, 농축액, 건조칩 등 다양한 가공식품에 활용되고 있다(Lee 등, 2012; Jo 등, 2016). 사과주스는 사과의 영양학적 특성 및 특징적인 향미가 잘 보존되어 사과를 이용한 가공식품 중 대부분이 주스 및 음료의 형태로 가공되고 있다(Huh, 2010; Guo 등, 2020).

최근 과일의 영양소 파괴를 최소화하고 고유의 신선한 풍미를 유지시키기 위하여 콜드필링(Cold filling) 공법을 적용

Received 21 October 2021; Revised 3 November 2021; Accepted 5 November 2021

Corresponding author: Jeehye Sung, Department of Food Science and Biotechnology, Andong National University, 1375, Gyeongdong-ro, Andong-si, Gyeongbuk 36729, Korea, E-mail: jeehye@andong.ac.kr

Author information: Keono Kim (Graduate student), Yurim Oh (Graduate student), Kilbo Shim (Professor), Jeehye Sung (Professor)

© 2022 The Korean Society of Food Science and Nutrition.

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

한 주스가 생산되고 있다(Wang 등, 2017b). 콜드필링은 과일 주스의 생산, 유통 및 판매되는 모든 과정이 저온 상태로 유지됨으로써 과일의 품질이 손상되는 것에 대한 위험을 감소시키는 공법으로 국내외에서 음료 가공 시 많이 활용되고 있다(Laguerre 등, 2013; Aung과 Chang, 2014). 이러한 공법은 기존에 열처리한 과일 주스의 가공법과 비교하면 과일의 영양성분 및 향미성분의 변화를 최소화하여 원료 과실의 신선한 맛을 제공할 수 있다(Laguerre 등, 2013; Wang 등, 2017b). 현재까지 국내에서는 청징, 혼탁, 농축 등 다양한 방법으로 제조된 사과주스의 품질에 관한 연구가 많이 진행되어 왔지만, 콜드필링 공법으로 생산된 국내산 사과주스의 향기성분과 관능적 특성과의 상관관계를 규명하기 위한 체계적이고 종합적인 연구는 아직 보고된 바 없다(Sohn 등, 2006; Hwang 등, 2011; Hong 등, 2001).

최근 과일의 향미특성에 영향을 미치는 향기성분을 규명하기 위하여 flavoromics를 기반으로 활발한 연구가 진행되고 있다(Sung 등, 2019; Cuzzolino 등, 2020; Kim 등, 2019). 과일의 flavoromics 연구는 관능평가를 통해 과일의 향미특성을 규명하고 향기성분을 분석한 후 두 가지 인자에 대하여 다변량 통계분석을 진행하여 향미특성과 주요 향기성분의 상관성을 규명하는 연구이다. 과일 및 과일 주스의 향미성분을 분석하는 방법으로는 headspace solid micro-extraction/gas chromatography-mass spectrometry (HS-SPME/GC-MS) 방법이 주로 사용된다(Perestrelo 등, 2019; Hou 등, 2020). Sung 등(2019)은 flavoromics 기법을 활용하여 품종별 망고의 향미특성에 영향을 미치는 향기성분을 분석하였으며, Liu 등(2019)은 혼탁 사과주스의 향미특성과 관련된 향기성분들을 규명하였다.

본 연구에서는 국내에서 콜드필링 공법으로 제조한 사과주스 4종을 대상으로 HS-SPME/GC-MS를 이용하여 휘발성 향기성분을 분석하고 관능적 특성을 측정하여 사과주스의 기호도에 영향을 미치는 향미특성을 규명하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료 및 시약

본 연구에 사용된 사과주스는 안동시내 대형마트에서 시판되고 있는 사과 농축액 25%를 함유하며 콜드필링 공법으로 제조한 4개 브랜드 제품을 2020년 6월경에 구입하였다. 분석용 주스는 제조회사가 노출되는 것을 피하는 방식으로 명명하였다. 관능검사에 이용된 시료는 분석 기간에 냉장(4°C) 보관하였으며 구입 후 5일 이내에 실험에 사용하였다. 그 외의 분석에 이용된 시료는 냉동(-18°C) 보관된 것을 사용하였다. 관능평가에 이용된 malic acid는 Sigma-Aldrich Chemical Co.(St. Louis, MO, USA)에서 food grade를 구입하여 사용하였다. 그 밖에 사용된 추출 용매 및 시약은 analytical 및 HPLC 등급을 사용하였다.

이화학적 분석

사과주스의 당도는 당도계(Digital Hand-held Pocket Refractometer, PAL-1, Atago, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다. 산도(titratable acidity, TA)는 시료 20 g을 증류수 100 mL에 희석한 후 0.1 N NaOH 용액으로 적정하여 malic acid 함량으로 환산하였다. 색도는 색도계(Spectrophotometer CM-3500d, Minolta Co., Ltd., Osaka, Japan)를 이용하여 명도(L*), 적색도(a*), 황색도(b*)를 측정하였다. 사과주스의 pH는 시료 10 mL를 채취하여 pH meter(OHAUS ST3100, OHAUS Corp., Passippany, NJ, USA)로 측정하였다.

휘발성 향기성분의 분석

사과주스 4가지의 휘발성 향기성분의 분석을 위해 auto-sampler(AOC-6000, Shimadzu, Columbia, MD, USA)가 장착된 HS-SPME를 사용하여 GC-MS(GCMS-QP 2020, Shimadzu, Kyoto, Japan)로 분석하였다. HS-SPME 분석을 위해 5 mL의 사과주스를 SPME용 20 mL vial(Shimadzu)에 주입한 후 내부표준물질로 cyclohexanone(Supelco, Bellefonte, PA, USA) 20 µg/mL를 첨가하였다. 그 후 50°C에서 20분간 교반하고 divinylbenzene/polydimethylsiloxane(DVB/PDMS, 65 µm, Supelco) fiber를 이용하여 휘발성 성분을 15분간 흡착시켰다. Fiber에 흡착된 휘발성 향기성분은 scan range 30~300 m/z에서 electron impact mode(MS-EI, 70 eV)로 설정된 mass spectrometer가 장착된 GC의 injector에서 split mode로 분석하였으며 250°C에서 10분간 탈착되었다. HP-FFAP(50 m×0.32 mm×0.5 µm, Agilent, Santa clara, CA, USA) capillary 컬럼을 이용하여 휘발성 향기성분을 분리하였으며 일정한 압력(17.6 kPa)으로 분석하였다. Carrier gas는 He를 사용하였으며 컬럼 온도 프로그램은 40°C에서 2분 유지 후 2°C/min으로 64°C까지 상승 후 1분 유지하였다. 그다음 4°C/min으로 200°C까지 상승 후 10분 유지한 후 마지막으로 10°C/min으로 230°C까지 13분 유지하였다.

휘발성 향기성분의 정량

분석된 휘발성 향기성분의 분석은 NIST library(National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, USA)와 문헌상의 머무름지수(retention index, RI)와의 일치 및 표준물질의 분석 data를 비교하였다. 분석된 휘발성 향기성분의 정량은 GC-MS에서 얻은 total ion chromatogram에서 해당 피크면적을 내부표준물질로 첨가된 cyclohexanone의 피크면적으로 나누어 계산하였다. 머무름지수는 *n*-alkane(C₇-C₃₀)을 분석한 후 계산하였다. 모든 시료의 분석은 3회 반복하였다.

관능평가

사과주스 4종의 관능평가는 안동대학교 식품생명공학과

22~29세의 대학생 및 대학원생 9명을 선정하여 실시하였다. 관능평가는 안동대학교 생명윤리위원회(IRB 승인번호: 1040191-202006-HR-010-01)의 심의를 받아 진행되었다. 관능평가를 실시하기 전 패널들에게 관능평가에 대한 지식, 용어, 평가 기준 등을 설명하였으며 단맛과 신맛을 인지하는 훈련을 4차례 실시한 후 본 시료를 평가하였다. 평가항목은 강도에서 단맛, 신맛 및 향미를 gLMS(generalized linear models, gLMS, 0: 매우 싫음, 100: 매우 좋음)를 사용하여 평가하였으며, 선호도에서 전반적 기호도는 Hedonic gLMS(-100: 매우 싫음, 100: 매우 좋음)를 이용하여 평가하였다. 평가는 2 반복 진행되었으며 사과주스 시료는 8~10°C의 온도로 하여 30 mL 투명 플라스틱 컵에 20 mL를 담고 세 자리 숫자로 random coding 후 패널에게 제시하였다. 또한 시료 간 입을 행구기 위해 생수와 크래커를 함께 제공하였으며 맛을 보기 전 사과주스의 냄새를 먼저 맡게 하였다.

통계분석

통계분석은 GraphPad Prism 5 소프트웨어(GraphPad Software, San Diego, CA, USA)와 Statistical Analysis System(SAS 9.4 Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 실시하였다. 데이터 간 유의적인 차이는 t-test와 일원분산분석(one-way ANOVA) 및 Tukey's test를 통해 $P < 0.05$ 수준에서 검정하였다. 정량적 묘사분석 결과로 도출된 관능특성들과 각 시료의 관계를 알아보기 위하여 특성별 평균값을 적용하여 부분 최소제곱 판별 분석(partial least squares-discriminant analysis, PLS-DA) 및 관능특성들과 기호도 간의 관련성을 부분 최소제곱 회귀 분석(partial least square regression, PLS regression)을 실시하였다. PLS-DA와 PLS regression과 같은 다변량 통계분석은 SIMCA-P 17 software package(Umetrics, Umea, Sweden)를 사용하였다.

결과 및 고찰

사과주스의 이화학적 품질특성

본 연구에서 국내 시판 콜드필링 사과주스 4종의 당도(°Brix), 산도(TA, % malic acid), pH, 색도(L*, a*, b*)를

측정한 결과는 Table 1과 같다. 당도는 $12.13 \pm 0.06 \sim 12.93 \pm 0.12^\circ\text{Brix}$, 산도는 $0.33 \sim 0.38\%$, pH는 $3.88 \pm 0.01 \sim 3.93 \pm 0.01$ 의 범위로 측정되었다. 당산비(°Brix/acid ratio)는 당도와 산도의 비율로 과일 및 과일 주스의 단맛과 신맛의 균형에 대하여 관능적 품질특성을 예측하는 수단으로 활용된다(Harker 등, 2002). 주스의 당산비는 $32.58 \pm 0.62 \sim 36.56 \pm 0.53^\circ\text{Brix/acid ratio}$ 범위로 측정되었으며, C 주스가 $36.56 \pm 0.53^\circ\text{Brix/acid ratio}$ 로 가장 높았고 D 주스가 $32.58 \pm 0.62^\circ\text{Brix/acid ratio}$ 로 가장 낮았다. 식품에 있어서 색은 맛, 향 및 영양성분과 함께 그 식품의 가치를 나타낼 수 있는 중요한 품질특성이다(Park 등, 2012). 색도는 명도(lightness)를 나타내는 L값, 적색도(redness)를 나타내는 a값 및 황색도(yellowness)를 나타내는 b값으로 나타내었다. 사과주스의 색도를 측정한 결과 L*값은 $69.78 \pm 0.04 \sim 74.11 \pm 0.04$ 범위로 측정되었으며, C 주스에서 74.11 ± 0.04 로 가장 높게 나타났고 B 주스에서 69.78 ± 0.04 로 가장 낮게 나타났다. a*값은 $1.27 \pm 0.00 \sim 1.79 \pm 0.01$ 범위로 측정되었으며 B 주스에서 1.79 ± 0.01 로 가장 높게 나타났고 C 주스에서 1.27 ± 0.00 으로 가장 낮게 나타났다. b*값은 $21.13 \pm 0.02 \sim 26.14 \pm 0.01$ 범위로 측정되었으며 D 주스에서 26.14 ± 0.01 로 가장 높게 나타났고 C 주스에서 21.13 ± 0.02 로 가장 낮게 나타났다. 전반적으로 실험에 사용된 4가지 사과주스의 이화학적 품질특성은 다양하게 측정되었다.

사과주스의 휘발성 향기성분

식품의 향기성분은 후각뿐만 아니라 미각에도 영향을 주는 중요한 성분으로 다양한 식품의 관능적 특징 및 소비자의 기호도에 영향을 주는 주요한 인자 중 하나이다(Kim 등, 2004; Kim과 Ku, 2014). Kang 등(2019)은 시판 포도식초의 기호도와 관련된 향기성분을 분석하였으며, Baek 등(2020)은 전자코와 GC/MS를 이용하여 가시과래의 향기성분과 기호도의 상관성을 분석하였다. 본 연구에서 사과주스 4종의 휘발성 향기성분은 HS-SPME법을 이용하여 추출한 후 GC-MS로 분석을 실시하였다. 분석된 휘발성 향기성분의 피크면적은 내부표준물질로 사용한 cyclohexanone의 피크면적으로 정량하였으며 NIST2021 library와 문헌상의 머무름지수를 비교하여 향기성분을 확인하였다. 콜드필링 사과주스의 휘발성 향기성분 분석 결과는 Table 2에 나타내

Table 1. Physicochemical characteristics of apple juices

	Sample A	Sample B	Sample C	Sample D
°Brix	$12.93 \pm 0.12^{a1)}$	12.87 ± 0.12^a	12.13 ± 0.06^b	12.23 ± 0.23^b
Titrateable acidity (%)	0.36 ± 0.01^b	0.38 ± 0.00^a	0.33 ± 0.00^c	0.38 ± 0.00^a
°Brix/acid ratio	35.73 ± 0.74^{ab}	34.27 ± 0.31^b	36.56 ± 0.53^a	32.58 ± 0.62^c
pH	3.88 ± 0.01^c	3.91 ± 0.01^b	3.88 ± 0.01^c	3.93 ± 0.01^a
L* value	71.24 ± 0.01^b	69.78 ± 0.04^d	74.11 ± 0.04^a	70.14 ± 0.01^c
a* value	1.53 ± 0.01^c	1.79 ± 0.01^a	1.27 ± 0.00^b	1.75 ± 0.01^d
b* value	25.17 ± 0.01^c	25.68 ± 0.01^b	21.13 ± 0.02^d	26.14 ± 0.01^a

The values are expressed as mean±standard deviation (n=3).

¹⁾Different letters in the same row indicate significant statistical differences (Tukey's HSD, $P < 0.05$).

Table 2. Volatile compounds of apple juices

Compounds	RI ¹⁾	Sample A	Sample B	Sample C	Sample D	Aroma descriptors ²⁾
Ethyl butyrate	1055	ND ^{c5)}	0.171 ^a	0.041 ^{bc}	0.058 ^b	Apple
Ethyl 2-methylbutyrate	1070	0.396 ^a	0.225 ^{ab}	0.032 ^b	0.186 ^{ab}	Fruity
Butyl acetate	1093	0.378 ^a	0.358 ^a	0.026 ^b	0.462 ^a	Pear
Hexanal	1109	ND ³⁾	0.005	ND	ND	Green
Isoamyl acetate	1143	1.481 ^a	ND ^b	0.098 ^b	0.225 ^b	Banana
2-Methylbutyl acetate	1143	ND ^b	3.065 ^a	ND ^b	0.110 ^b	Fruity
Butyl propionate	1161	0.004 ⁴⁾	ND	ND	ND	Fruity
Isobutyl butyrate	1178	0.090	ND	ND	0.111	Fruity
D-limonene	1225	ND ^b	ND ^b	0.009 ^a	ND ^b	Citrus
Isoamyl alcohol	1227	ND ^b	0.010 ^a	ND ^b	ND ^b	Fruity
Butyl butyrate	1239	0.023 ^a	0.011 ^{ab}	ND ^b	ND ^b	Pineapple
Butyl 2-methylbutanoate	1252	0.015	ND	ND	ND	Fruity
Ethyl hexanoate	1255	ND ^b	ND ^b	0.133 ^a	ND ^b	Apple peel
Hexyl acetate	1295	2.675 ^a	0.624 ^{ab}	0.400 ^b	1.203 ^{ab}	Fruity
Hexanol	1373	0.038	0.031	0.019	0.028	Green
Cyclohexyl acetate	1385	ND ^b	0.075 ^a	ND ^b	ND ^b	Fruity
Heptyl acetate	1397	0.080 ^a	ND ^b	ND ^b	ND ^b	Floral
Hexyl butanoate	1439	0.014	0.016	ND	ND	Apple peel
Hexyl 2-methylbutanoate	1449	0.008	ND	ND	ND	Fruity
(Z)-3-hexenyl butyrate	1486	ND ^b	ND ^b	ND ^b	0.114 ^a	Fruity
Octyl acetate	1499	0.003	ND	ND	ND	Fruity
Menthyl acetate	1602	ND ^a	ND ^a	ND ^a	0.236 ^a	Minty

Mean concentration values (µg/kg, referred to cyclohexanone) (n=3).

¹⁾Retention indices were determined on HP-FFAP column using *n*-alkanes C₇-C₃₀ as external reference.

²⁾Flavor descriptors from the Cornell University Flavornet (<https://www.flavornet.org/flavornet.html>) and the Good Scents Company (<http://www.thegoodscentscompany.com/index.html>).

³⁾Not detected.

⁴⁾Not significant.

⁵⁾Different letters in the same row indicate significant differences (Tukey's HSD, *P*<0.05).

었다. 분석된 사과주스의 향기성분은 ethyl 2-methylbutyrate, butyl acetate, isoamyl acetate, hexyl acetate 등을 포함한 ester류가 다량으로 검출되었다. Ester류는 과일에서 방출되는 주된 휘발성 향기성분으로 보고되어 있다(Seo 등, 2008). 이러한 과일 향을 나타내는 ester류들은 isoamyl acetate(banana), butyl propionate(fruity), isoamyl acetate(banana), butyl 2-methylbutanoate(fruity)가 있으며, 다른 주스와 비교하였을 때 전반적으로 A 주스에서 높게 검출되었다. Butyl propionate(fruity), butyl 2-methylbutanoate(fruity), heptyl acetate(floral), hexyl 2-methylbutanoate(fruity), octyl acetate(fruity)와 같은 과일 향미가 특징인 향기성분들이 A 주스에서만 확인되었다. Hexanal(green), isoamyl alcohol (whiskey), cyclohexyl acetate(fruity)는 B 주스에서만 검출되었으며, d-limonene(citrus), ethyl hexanoate(apple peel)는 C 주스에서만 확인되었다. (Z)-3-hexenyl butyrate(fruity) 및 menthyl acetate(minty)는 D 주스에서만 검출되었다. 반면 isoamyl acetate(banana)는 B 주스에서만 검출되지 않았다. 전반적으로 A 주스에서 가장 많은 휘발성 향기성분이 검출되었으며 검출된 성분들은 높은 함량을 나타냈다. Liu 등 (2019)은 혼탁 사과주스의 주요 향기성분으로 ester류인 butyl acetate, hexyl acetate를 검출하였으며 alcohol류인

hexanol 및 aldehyde류인 hexanal을 확인하였다. 본 연구에서도 butyl acetate(pear), hexyl acetate(fruity)와 같은 fruity ester류, green alcohol류 및 green aldehyde류가 사과주스의 주요 휘발성 향기성분으로 식별되었으며 기존 연구와 유사한 결과를 보였다.

사과주스의 관능적 품질특성

식품의 맛과 향미는 식품의 관능적 품질을 결정하는 데 중요한 요소일 뿐만 아니라 소비자의 기호도에도 크게 영향을 미친다(Hong 등, 2020). 정량적 묘사분석을 통해 국내 시판 콜드필링 사과주스 4종의 맛과 향미에 대한 관능적 특성을 분석하였다(Table 3). 전반적인 기호도는 A 주스> D 주스> C 주스> B 주스 순으로 높게 나타났다. 맛과 향미특성 중 시료 간 배 향미에 대한 유의적인 차이를 나타냈으나, 단맛, 신맛, 딸기, 사과, 꿀, 바닐라, 과일 및 꽃 향미에 대하여 시료 간의 유의적인 차이는 없었다. 기호도가 가장 높았던 A 주스에서 단맛·신맛과 함께 딸기 및 꿀 향미가 가장 높게 나타났다. 기호도가 높았던 D 주스는 A 주스와 비교하여 단맛과 신맛이 다소 낮았지만 사과, 바닐라, 과일 향미가 가장 높게 측정되었다. 반면, 기호도가 가장 낮았던 B 주스는 D 주스와 단맛과 신맛이 비슷하였지만, 다른 주스와 비교하였을 때 딸기, 배, 꿀, 바닐라, 과일 향미가 가장 낮게 측정되었다.

Table 3. Sensory characteristics of apple juices

	Sample A	Sample B	Sample C	Sample D
Sweetness	36.06±18.82 ^{NS1)}	26.94±13.11	27.56±11.80	31.11±18.57
Sourness	31.78±15.23	26.94±17.90	30.78±18.10	28.22±18.98
Strawberry	27.56±23.10	22.94±22.16	23.72±22.27	24.44±22.19
Apple	52.00±17.92	56.50±16.52	49.06±17.48	53.50±18.78
Pear	27.78±14.51 ^{ab2)}	21.56±8.16 ^b	36.11±18.46 ^a	28.50±18.26 ^{ab}
Honey	16.33±20.48	9.44±8.78	9.44±10.52	15.56±20.39
Vanilla	10.61±12.00	7.06±12.92	7.28±9.23	11.33±19.46
Fruity	17.00±15.65	16.33±20.29	15.22±17.87	18.33±18.77
Floral	12.22±17.82	14.11±18.60	12.83±19.35	13.50±19.88
Overall liking	42.22±15.86 ^a	20.06±26.02 ^b	28.44±14.81 ^{ab}	35.83±18.27 ^a

The values are expressed as mean±standard deviation (n=9).

¹⁾NS: not significant.

²⁾Different letters in the same row indicate significant statistical differences (Tukey's HSD, $P < 0.05$).

4가지 사과주스의 관능평가 결과에 대해 맛과 향미에 대한 특성을 PLS-DA($R^2X = 0.543$, $R^2Y = 0.572$, $Q^2 = 0.217$)로 분석한 결과는 Fig. 1에 나타내었다. R^2 는 분석된 모델에 대해 데이터의 적합성을 파악할 수 있는 값이며 Q^2 는 모델에 새로운 변수가 적용되었을 때의 예측값을 의미한다. A 주스는 단맛과 딸기, 바닐라, 꿀 향미와 상관성이 높게 분석되었으며, D 주스는 딸기, 과일, 꽃 향미와 상관성이 높게 분석되었다. 반면에 B 주스는 사과 향미와 강하게 상관성이 있는 것으로 나타났으며 C 주스는 모든 향미와 상관성이 낮게 나타났다. 전반적으로 기호도가 가장 높게 평가된 A 주스와 D 주스에 단맛·신맛과 함께 딸기, 꿀, 바닐라, 과일 및 꽃 향미 등 다양한 향미가 관련되어 있는 것으로 나타났다. 따라서 사과주스는 사과 향과 더불어 다양한 향미들이 어우러지는 것이 전반적인 선호도에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 판단된다. 일반적으로 과일 및 과일주스의 관능적 품질을 예측하기 위하여 당산비를 활용함에도 불구하고 본 연구에

서 측정된 사과주스의 당산비는 단맛, 신맛 및 전반적인 기호도에 영향을 미치지 않았다. 이전 연구들에서도 당산비는 과일의 관능적 품질에 큰 영향을 미치지 않는다고 보고하였다(Kim 등, 2014; Sung 등, 2019). 이는 당산비가 과일의 품질을 측정하는 주요 지표로 사용되기에는 다소 무리가 있으며 당산비만 측정하여 실제 소비자의 기호도를 예측하기는 어렵다는 것을 의미한다. 기호도는 맛뿐만 아니라 다양한 향미를 포함한 관능적 인자들의 복잡한 상호작용을 통해 결정되는 것으로 생각된다. 따라서 정확한 관능적 품질을 측정하기 위해서 과일의 향미와 관련된 다양한 요소에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

사과주스의 관능적 품질특성과 휘발성 향기성분의 상관성 분석

국내 시판 콜드필링 사과주스 4종의 관능적 품질특성과 다양한 휘발성 향기성분의 상관성은 PLS regression(R^2X

Fig. 1. The loading plot of partial least-squares discriminant analysis scores (PLS-DA) of four apple juices with taste and flavor attributes.

Fig. 2. The correlation plot of relationship between sensory attributes and volatile compounds of four apple juices.

= 0.646, $R^2Y = 0.393$, $Q^2 = -0.0303$)으로 분석하였다(Fig. 2). 전반적 기호도가 가장 높았던 A 주스는 단맛과 바닐라, 꿀 향미특성과 함께 butyl propionate(fruity), isoamyl acetate(banana), heptyl acetate(floral), hexyl 2-methylbutanoate(fruity) 등 ester류에 대한 상관성이 높게 나타났다. B 주스는 사과 향미와 hexanal(green), cyclohexyl acetate(fruity), isoamyl alcohol(fruity), ethyl butyrate(apple) 등과 상관성이 높게 분석되었다. C 주스는 배 향미와 ethyl hexanoate(apple peel), d-limonene(citrus)와 상관성이 있는 것으로 확인되었으며 다소 적은 향기성분과 상관성이 있는 것으로 분석되었다. D 주스는 딸기, 꽃, 과일 향미와 menthyl acetate(minty), (Z)-3-hexenyl butyrate(fruity)와 같은 ester류가 D 주스의 향미특성에 대해 영향을 미치는 것으로 분석되었다.

단맛과 신맛은 과일의 관능적 특성에 가장 중요하게 작용하는 요소일 뿐만 아니라 과일의 향미에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Kader, 2008). 본 연구에서도 기호도가 높았던 주스는 단맛, 신맛과 함께 다양한 향미특성에 대한 강도가 높게 측정되었다. 단맛과 신맛을 감지할 때 향기가 미치는 영향을 분석하기 위해 패널들에게 nose clamp 실행 유무에 대해 맛을 평가하도록 하였다(Fig. 3). 패널들은 nose clamp를 시행하지 않았을 경우 nose clamp를 시행했을 때보다 단맛과 신맛 모두 더 강하게 감지하였다. A, D 주스에서 강하게 감지되었던 바닐라, 꿀, 딸기, 꽃, 과일의 향미특성은 사과주스의 단맛 증진에 영향을 미치는 것으로 생각된다. 한편, 기호도가 가장 낮았던 B 주스는 nose clamp의 유무에 따라 단맛에 대한 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 앞서 관능평가에서 B 주스는 다른 주스들보다 향미특성에

Fig. 3. Effects of volatile compounds on the taste of four apple juices. (A) The sweetness of four apple juices and (B) the sourness of four apple juices.

대한 강도가 낮게 분석된 것으로 보아 B 주스의 향미는 단맛에 크게 영향을 미치지 않는 것으로 생각된다.

본 연구를 통해 기호도가 높은 사과주스는 단맛과 함께 꿀, 바닐라, 딸기와 같은 향미특성뿐만 아니라 isoamyl acetate, butyl propionate, heptyl acetate와 같은 floral/fruity ester류의 향기성분과 관련성이 높다는 것을 알 수 있었다. 기호도가 다소 낮은 사과주스는 향미특성이 두드러지지 않았으며 2-methylbutyl acetate, hexanal, isoamyl alcohol 등의 향기성분과 관련성이 높았다. 따라서 사과주스의 기호도는 맛뿐만 아니라 과일과 관련된 긍정적인 향미특성과 이를 유발하는 향기성분들의 조성에 의해 결정될 수 있다.

요 약

본 연구에서는 국내에서 콜드필링 공법으로 생산되는 사과주스 4가지의 이화학적 특징과 휘발성 향기성분 및 관능적 품질특성을 분석하였다. 모든 실험군 간에 당도, 산도, 당산비, pH, 색도에 대하여 차이가 나타났다. 관능평가 결과 전반적인 기호도는 A 주스와 D 주스에서 가장 높게 평가되었지만 B 주스에서 당산비가 다소 높게 나타났다. HS-SPME 추출방법을 이용하여 사과주스 4종의 향기성분을 분석한 결과 18종의 ester류, 1종의 aldehyde, 2종의 alcohol 및 1종의 terpene이 검출되었다. 기호도가 가장 높았던 사과주스에서 isoamyl acetate(banana), butyl propionate(fruity), butyl 2-methylbutanoate(fruity) 등 다량의 ester류 휘발성 향기성분이 검출되었다. 따라서 사과주스의 기호도에는 단맛·신맛과 함께 다양한 향미특성이 영향을 미치는 것으로 사료된다.

감사의 글

이 논문은 2021년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(NRF-2020R1C1C1003766). 국립농산물품질관리원 재원으로 한국식품연구원의 지원을 받아 수행된 연구임(G0211000-01).

REFERENCES

- Aung MM, Chang YS. Temperature management for the quality assurance of a perishable food supply chain. *Food Control*. 2014. 40:198-207.
- Baek SY, Youn SY, Oh JS, Oh SW, Kim DH, Kim SJ, et al. Analysis of aromatic compounds of *Enteromorpha prolifera* using electronic nose and GC/MS. *J Korean Soc Food Sci Nutr*. 2020. 49:344-355.
- Bahukhandi A, Dhyani P, Bhatt ID, Rawal RS. Variation in polyphenolics and antioxidant activity of traditional apple cultivars from west Himalaya, Uttarakhand. *Hortic Plant J*. 2018. 4:151-157.
- Cao SY, Zhao CN, Xu XY, Tang GY, Corke H, Gan RY, et al. Dietary plants, gut microbiota, and obesity: effects and mechanisms. *Trends Food Sci Technol*. 2019. 92:194-204.
- Cozzolino R, De Giulio B, Petriccione M, Martignetti A, Malorni L, Zampella L, et al. Comparative analysis of volatile metabolites, quality and sensory attributes of *Actinidia chinensis* fruit. *Food Chem*. 2020. 316:126340. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126340>
- Guo J, Yue T, Yuan Y, Sun N, Liu P. Characterization of volatile and sensory profiles of apple juices to trace fruit origins and investigation of the relationship between the aroma properties and volatile constituents. *LWT*. 2020. 124:109203. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109203>
- Harker FR, Marsh KB, Young H, Murray SH, Gunson FA, Walker SB. Sensory interpretation of instrumental measurements 2: sweet and acid taste of apple fruit. *Postharvest Biol Technol*. 2002. 24:241-250.
- Hong HD, Kim SS, Kim KT, Choi HD. Quality changes of apple juice concentrates with different storage temperature. *Korean J Food Nutr*. 2001. 14:28-33.
- Hong SJ, Cho JJ, Boo CG, Youn MY, Lee SM, Shin EC. Comparison of physicochemical and sensory properties of bean sprout and peanut sprout extracts, subsequent to roasting. *J Korean Soc Food Sci Nutr*. 2020. 49:356-369.
- Hou J, Liang L, Wang Y. Volatile composition changes in navel orange at different growth stages by HS-SPME-GC-MS. *Food Res Int*. 2020. 136:109333. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109333>
- Huh M. Recognition and importance-satisfaction of apple processed products. *Korean J Food Culture*. 2010. 25:1-8.
- Hwang IW, Kim CS, Chung SK. The physicochemical qualities and antioxidant activities of apple juices marketed in Korea. *Korean J Food Preserv*. 2011. 18:700-705.
- Hwang TY, Son SM, Lee CY, Moon KD. Quality changes of fresh-cut packaged fuji apples during storage. *Korean J Food Sci Technol*. 2001. 33:469-473.
- Jo Y, Gu SY, Chung N, Gao Y, Kim HJ, Jeong MH, et al. Comparative analysis of sensory profiles of commercial cider vinegars from Korea, China, Japan, and US by SPME/GC-MS, E-nose, and E-tongue. *Korean J Food Sci Technol*. 2016. 48:430-436.
- Kader AA. Perspective flavor quality of fruits and vegetables. *J Sci Food Agric*. 2008. 88:1863-1868.
- Kang M, Ha JH, Shin EC, Choi HW, Lee Y. Physicochemical properties, volatile components, sensory characteristics, and consumer acceptability of commercially available grape vinegars. *J Korean Soc Food Sci Nutr*. 2019. 48:868-878.
- Kim HY, Kim MR, Kho BK. Food quality analysis. 3rd ed. Hyoil Books, Seoul, Korea. 2014. p 11-19.
- Kim MK, Lee YY, Lee KG, Jang HW. Instrumental volatile flavor analysis of omija (*Schisandra chinensis* Baillon) using headspace stir-bar sorptive extraction-gas chromatography-mass spectrometry and its relationship to human sensory perceptions. *Food Res Int*. 2019. 120:650-655.
- Kim WJ, Ku KH. Sensory evaluation techniques food. 2nd ed. Hyoil Books, Seoul, Korea. 2014. p 74-94.
- Kim YH, Yun SH, Park JH, Kang SK, An HJ. Fruit quality characteristics depending upon cultivar of satsuma mandarin inside plastic house during the very late cropping system. *Kor J Hort Sci Technol*. 2004. 22:77-81.
- Laguette O, Hoang HM, Flick D. Experimental investigation and modelling in the food cold chain: thermal and quality evolution. *Trends Food Sci Technol*. 2013. 29:87-97.
- Lee SJ, Jang HL, Shin SR, Yoon KY. Quality characteristics of apple juice according to the sterilization methods. *Korean J Food Preserv*. 2012. 19:178-184.
- Liu X, Deng J, Bi J, Wu X, Zhang B. Cultivar classification

- of cloudy apple juices from substandard fruits in China based on aroma profile analyzed by HS-SPME/GC-MS. *LWT*. 2019. 102:304-309.
- Park YH, Park SJ, Han GJ, Choe JS, Lee JY, Kang MS. Quality characteristics of pre-processed garlic during storage according to storage temperature. *J Korean Soc Food Sci Nutr*. 2012. 41:994-1001.
- Perestrelo R, Silva CL, Silva P, Medina S, Pereira R, Câmara JS. Untargeted fingerprinting of cider volatiles from different geographical regions by HS-SPME/GC-MS. *Microchem J*. 2019. 148:643-651.
- Seo HY, Lee HC, Kim YS, Choi IW, Park YK, Shin DB, et al. Characteristics of volatile flavor compounds of Fuji apples by different extraction methods. *J Korean Soc Food Sci Nutr*. 2008. 37:1615-1621.
- Sohn KS, Seog EJ, Lee JH. Quality characteristics of clarified apple juices produced by various methods. *Korean J Food Preserv*. 2006. 13:138-143.
- Sung J, Suh JH, Chambers AH, Crane J, Wang Y. Relationship between sensory attributes and chemical composition of different mango cultivars. *J Agric Food Chem*. 2019. 67:5177-5188.
- Wang S, Li Q, Zang Y, Zhao Y, Liu N, Wang Y, et al. Apple polysaccharide inhibits microbial dysbiosis and chronic inflammation and modulates gut permeability in HFD-fed rats. *Int J Biol Macromol*. 2017a. 99:282-292.
- Wang X, Matetić M, Zhou H, Zhang X, Jemrić T. Postharvest quality monitoring and variance analysis of peach and nectarine cold chain with multi-sensors technology. *Appl Sci*. 2017b. 7:133. <https://doi.org/10.3390/app7020133>