전자코, 전자혀, GC/MSD를 이용한 시판 커피의 향미 특성 비교

부창국 · 홍성준 · 신의철

경상국립대학교 식품과학부/식품감각인지연구소

Comparative Evaluation of the Volatile Profiles and Taste Properties of Commercial Coffee Products Using Electronic Nose, Electronic Tongue, and GC/MSD

Chang Guk Boo, Seong Jun Hong, and Eui-Cheol Shin

Department of Food Science/Institute for Food Sensory & Cognitive Science, Gyeongsang National University

ABSTRACT This study investigated taste and aroma characteristics of 10 commercial coffee samples using an electronic tongue (E-tongue), an electronic nose (E-nose), gas chromatography-mass spectrometry (GC/MSD), and GC-olfactometry (GC-O). In electronic tongue analysis, sourness, umami, and bitterness were high in the non-franchise#2 (N-FC#2), saltiness was high in the franchise#1 (FC#1), and sweetness was high in the non-franchise#4 (N-FC#4). In the electronic nose analysis, a total of 22 volatile compounds were identified in the 10 coffee samples, and 3-methyl-1-butanol, 2-methyl furan, and propan-2-one were the dominant content in these samples. In GC/MSD with GC-O analysis, a total of 40 volatile active compounds were identified, which include 3 alcohols, 2 aldehydes, 3 esters, 3 furans, 5 hydrocarbons, 5 heterocyclics, 4 ketones, 6 pyrazines, 5 pyrroles, 2 pyridines, and 2 phenolic compounds. Pyrazines were the dominant volatiles in the samples. 1-(2-Furanylmethyl)-1H-pyrrole was detected in all samples and showed a relatively higher content compared to other pyrroles. Our results which included taste and aroma patterns in commercial coffee brands may provide basic research data for the chemosensory research field.

Key words: commercial coffee, E-tongue, E-nose, GC/MSD, GC-olfactometry

서 론

국내의 커피 산업은 지난 몇십 년 동안 계속해서 성장하고 있다. 2017년 성인 1명당 연간 커피 소비량은 약 500잔이며, 이는 주식인 김치나 쌀을 섭취하는 것보다 커피를 더 많이 섭취하는 것으로 알려져 있다. 2006년에는 약 90,000톤의 커피를 수입하였으며, 2016년에는 약 150,000톤으로 약 2배 가까이 증가했다(Cha와 Jo, 2019). 지난 몇십년 동안 전 세계 연간 커피 소비량은 약 1.9% 증가했다(Cheng 등, 2016). 현대인들이 커피에 관한 관심이 높아지면서 프랜차이즈 커피 브랜드도 빠르게 성장하고 있다. 특히 대표적인 커피 브랜드가 1999년 처음 오픈 한 이후 여러 가지 프랜차이즈 커피 브랜드들이 커피 시장에서 빠르게 성장했다(Kim과 Cha, 2013).

커피는 특유의 맛인 쓴맛, 신맛, 떫은맛 및 로스팅에 의한 고소한 맛 등과 특유의 향이 조화되어 현대인이 가장 선호하

는 음료 중 하나로 알려져 있다(Lee 등, 2017). 커피 향기는 커피가 가지는 가장 특별한 특징이며 대부분 그 향미에 의해 소비된다. 커피는 로스팅 과정을 통해 휘발성 화합물의 다양한 변화가 나타나지만 커피 생두의 종류에 의해서도 크게 좌우된다(Sanz 등, 2002; Tran 등, 2017). 커피 생두는 로스팅 과정을 통해 커피 특유의 맛과 향이 생성된다. 로스팅 커피의 휘발성 향기 성분들은 Maillard 반응, strecker 분해, 지방 분해, 당 분해 등에 의한 유리아미노산의 소실과 free sugar, sucrose, chlorogenic acid, trigonelline의 감소로 인해 생성된다(Lee 등, 2013). 로스팅 커피의 휘발성 화합물은 주로 aldehyde류, ketone류, alcohol류, ester류, pyrazine류, furan류, acid류, 질소 함유 화합물과 휘발성 페놀 화합물로 구분된다(Caporaso 등, 2018).

지난 몇 년간 식품업계에서는 향기 성분 및 맛 성분을 분석하기 위한 노력을 기울이고 있다. 그중 대표적인 분석시스템으로 가스크로마토그래피-질량분광기(GC-MS)를 활용

Received 31 March 2021; Revised 7 May 2021; Accepted 21 May 2021

Corresponding author: Eui-Cheol Shin, Department of Food Science, Gyeongsang National University, 501, Jinju-daero, Jinju-si, Gyeongnam 52828, Korea, E-mail: eshin@gnu.ac.kr

Author information: Chang Guk Boo (Graduate student), Seong Jun Hong (Graduate student), Eui-Cheol Shin (Professor)

Copyright © 2021 by The Korean Society of Food Science and Nutrition. All rights Reserved.

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.

하였으며, 최근에는 점차 전자코(electronic nose), 전자혀(electronic tongue)와 같은 전자센서를 활용한 연구 접근법이 증가하고 있다(Dong 등, 2018). 커피의 향기 관련 화합물을 분석하는 연구에서는 여전히 gas chromatography (GC)와 gas chromatography/mass spectrometry (GC/MSD)가 분석과 물질 동정에 많은 빈도로 사용되고 있고, solid-phase microextraction (SPME)을 활용한 head-space법은 향기 성분의 흡착 및 추출 방법으로 널리 사용되고 있다(Caporaso 등, 2018). 전자센서 시스템 중 하나인 전자코는 향기 성분과 관련된 센서를 이용한 분석시스템이며, 이러한 전자코 분석은 단시간에 많은 식품에 존재하는 향기 성분을 분석하여 결과값 도출에 용이하고 개별적인 향기 성분의 분석과 전체적인 향기 성분의 패턴을 동시에 감지하여 결과값을 제공한다. 이러한 편리성으로 인해 전자코 시스템은 식품의 향기 성분 분석에 널리 사용되고 있다(Kim 등, 2016a). 또 다른 전자센서를 활용한 전자혀 분석은 전자센서를 이용하여 다섯 가지 맛에 대한 상대적인 값을 도출하는 분석시스템이며 전자코 분석과 마찬가지로 단시간에 많은 식품에 존재하는 맛 성분을 표준화된 기준으로 분석하여 신뢰성을 가지는 결과값 도출에 용이하고 개별적인 맛 성분의 분석과 전체적인 맛 성분의 패턴을 제공하며 식품의 맛 성분 분석에 널리 이용되고 있는 분석시스템이다(Peris와 Escuder-Gilabert, 2016). 전자혀 분석시스템은 시료의 맛을 나타내는 성분과 전자센서 간의 민감도를 측정하여 수치화하는 원리로서 전자혀 분석시스템의 가장 큰 장점은 수많은 시료를 분석하는 경우 객관성과 재현성을 가지는 데이터를 신속하게 얻을 수 있다는 것이다(Kim 등, 2016a). 전자혀 분석을 식품 및 식품소재 연구에 이용한 예를 보면 Jo 등(2016)의 연구에서 한국, 중국, 일본, 미국산 시판 사과식초의 관능적 품질 비교를 위한 전자혀 분석, Lee 등(2020a)이 발표한 고올레산 땅콩 커피에 대한 연구에서 적용된 전자혀 시스템, 그리고 Dong 등(2017)이 발표한 수삼의 원산지 판별을 위한 전자혀 분석에 대한 연구 등이 발표되고 있다. 커피의 이화학적 특성에 관한 연구는 많지만 상업적 브랜드 커피의 맛과 향기에 관한 비교 연구는 부족한 실정이다.

본 연구는 시중에서 판매되고 있는 선호도가 높은 10가지 커피 브랜드를 프랜차이즈 커피전문점, 비프랜차이즈 커피전문점, 그리고 대용량 커피전문점으로 그룹을 선정하여 전자혀, 전자코, olfactometry system을 활용한 GC/MSD를 사용하여 커피의 감각 화학적 접근을 시도하였다. 이러한 연구 결과는 커피 소비자들과 연구자들에게 다양한 상업용 커피에 대한 기본 데이터베이스로서 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

재료 및 방법

실험재료

본 연구에서 사용된 샘플은 시중에서 판매되고 있는 프랜

차이즈 커피전문점(FC; franchise coffee), 비프랜차이즈 커피전문점(N-FC; non-franchise coffee), 대용량 커피전문점(BC; bulk coffee)에서 총 10종의 커피 샘플을 수집하였다. 프랜차이즈 커피 3종(FC#1, FC#2, FC#3), 비프랜차이즈 커피 4종(N-FC#1, N-FC#2, N-FC#3, N-FC#4), 대용량 커피전문점 커피 3종(BC#1, BC#2, BC#3)을 선택하였다. 선정된 커피 메뉴는 소비자들의 선호도가 가장 높은 아메리카노(american)를 사용하였고, 향기 성분과 맛 성분의 손실을 최대한 줄이기 위해 가능한 구매 당일일에 실험을 진행하였다. 또한 시료의 구입처는 구매 후 시료를 본 연구기관에서 최대 1시간 이내의 거리에서 있는 장소를 선택하였다. 구매 당시 온도인 80~85°C 전후의 조건을 유지하기 위해 실험단계 직전까지 항온 조건을 유지하였고, 실험 후 남은 시료는 향미 성분의 손실을 우려해 재사용하지 않았다.

전자혀 분석

커피 샘플이 가지는 맛 성분과 맛 성분의 패턴을 분석하기 위해 인간이 느끼는 기본 맛 성분 5종류를 대표하는 센서(SRS, STS, UMS, SWS, BRS)와 2개의 reference에 관여하는 센서(GPS, SPS)가 부착된 전자혀(electronic tongue; ASTREE II, Alpha MOS company, Toulouse, France) 시스템을 이용하여 분석하였다. 각각의 센서는 기본 맛 5종류인 sourness, saltiness, umami, sweetness, bitterness와 상관관계를 가지는 센서를 사용하였다. 커피 샘플이 가지는 맛 성분을 추출하기 위해 각각의 샘플 10 mL와 정제수 90 mL를 넣고 60분간 샘플에 존재하는 수용성 맛 성분을 용출하였고, 이를 전자혀 분석을 위한 추출물로 사용하였다. 추출물 100 mL를 전자혀 장비의 sampler에 장착한 후 센서를 2분 동안 시료액에 침지를 통한 접촉으로 해당 센서에 관련된 맛 성분의 강도를 측정하였고, 분석 과정 중 샘플 간 오염을 통한 오차를 방지하기 위해 정제수를 이용하여 각각 센서의 세척 과정을 진행하였다(Lee 등, 2020a).

전자코 분석

커피 샘플이 가지는 휘발성 향기 성분을 분석하기 위해서 전자코(HERACLES Neo, Alpha MOS company) 시스템을 사용하였다. 각각의 샘플 7 mL를 전자코 분석용 headspace vial에 넣고 전처리 없이 50°C 온도에서 500 rpm으로 10분 동안 교반하면서 휘발성 향기 성분을 vial headspace에 포화시켰다. 전자코 분석을 위한 컬럼은 MXT-5 컬럼(Alpha MOS company)을 사용하였다. 전자코 분석 조건은 injection volume 2,000 µL의 휘발성 성분을 취하였고, acquisition duration은 227 sec, trap absorption temperature 20°C, incubation 조건은 50°C에서 10분간 분석을 진행하였다. Kovat's index library를 기반으로 둔 AroChemBase를 사용하여 분리된 피크에 해당하는 화합물을 식별하였다. 각각의 샘플은 3회 이상의 반복 분석을 통하여 향기 패턴을 확인하였다(Lee 등, 2020a).

GC/MSD와 GC-olfactometry를 통한 향 활성 화합물 분석

GC/MSD를 이용하여 커피 샘플에 포함된 향 활성 화합물을 포집하기 위해서 50/30 μm , DVB/CAR/PDMS로 코팅된 SPME(solid-phase microextraction) fiber(Supelco Inc., Bellefonte, PA, USA)를 이용한 headspace 분석 방법을 이용하였다. 커피 샘플 7 mL를 향기 포집병에 넣고 캡으로 밀봉한 다음 60°C 온도를 통해 향 활성 화합물을 headspace에서 충분히 포화시킨 후, 향기 포집병에 30분 동안 SPME fiber를 주입하고 내부에서 노출시켰다. 농축된 휘발성 성분은 GC/MSD를 이용하여 분석하였고 HP-5MS(30 m $\times$ 0.25 mm i.d. 0.25 μm film thickness, Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA) 컬럼을 사용하였다. 실험을 진행한 분석 조건은 오븐 온도 40°C에서 5분 동안 머무른 후 200°C까지 1분당 5°C의 속도로 승온시켰고, injector 온도는 220°C, carrier gas인 helium의 유속은 1.0 mL/min, split ratio는 splitless였다. Total ionization chromatogram(TIC)에서 분리된 향 활성 화합물은 mass spectrum library와 문헌을 참고하여 동정하였고, 각 샘플의 향기 성분은 피크 면적과 이를 기준으로 하여 전체 피크 면적을 100%로 환산하여 각 성분들이 가지는 피크 면적을 상대적인 비율(%)로 나타내었다(Kim 등, 2018).

GC/MSD의 분석용 컬럼을 통해 식별된 각각의 향 활성 화합물은 GC-olfactometry system(ODP-III, Gerstel Inc., Linthicum, MD, USA)을 사용하여 진행하였다. GC-olfactometry system은 GC/MS 분석과 동시에 수행되었으며, 용매 용출 시간 중 최저 5분에서 25분까지 총 20분 동안 ODP(olfactometry detection port) 분석을 진행하였다. 각각의 휘발성 물질에 대한 용출 강도는 1단계에서 4단계까지 구분하여 나타내었다. 단계가 높을수록 향기 성분의 강도가 강하다는 것을 나타낸다(Kim 등, 2019a).

통계처리

본 연구에서 제시된 실험값은 평균값과 표준편차로 제시하였고, SAS version 9.2(SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) 프로그램을 이용하여 Tukey의 다중검정(Tukey's multiple range test)을 통해서 각 평균값에 대한 유의성을 검증하였다($P < 0.05$). 다변량 분석을 위해 적용된 주성분 분석(principal component analysis; PCA)과 군집분석(cluster analysis; CA)은 XLSTAT software ver. 9.2(Addinsoft, New York, NY, USA)를 사용하여 각각의 샘플과 샘플이 가지는 향미 성분 간의 패턴을 확인하였다.

결과 및 고찰

전자혀를 이용한 맛 성분 분석

각 커피 샘플이 나타내는 맛 성분에 관한 결과를 Fig. 1에 나타내었다. 맛 성분은 인간이 느끼는 기본 5가지 맛에 관련된 센서가 유기물과 무기물에 반응하는 변화를 측정하여 맛을 결정짓게 되며, 센서의 감응도와 표준센서 2가지의 감응도를 taste screening을 통해 분석하였다(Lee 등, 2019). 신맛에 관여하는 SRS 센서의 경우 유의적인 차이를 보이지는 않았으며, N-FC#2에서 가장 높은 7.3을 나타내었고, FC#1, FC#2, BC#1에서 가장 낮은 5.5를 나타내었다. 짭맛에 관여하는 STS 센서의 경우 FC#1에서 가장 높은 9.2를 나타내었고, BC#3에서 가장 낮은 4.1을 나타내었다. 감칠맛으로 대표되는 UMS 센서의 경우 N-FC#2에서 가장 높은 8.2를 나타내었고, FC#1에서 가장 낮은 1.9를 나타내었다. 단맛에 기여하는 SWS 센서의 경우 유의적인 차이를 보이지는 않았으며, N-FC#4에서 가장 높은 6.9를 나타내었고 FC#1에서 가장 낮은 5.1을 나타내었다. 마지막으로 쓴맛으로 대표되는 BRS 센서의 경우 N-FC#2에서 가장 높은 8.1

Fig. 1. Taste intensity of commercial coffee samples using electronic tongue.

을 나타내었고, FC#1에서 가장 낮은 4.1을 나타내었다. 앞서 제시한 전자혀 분석시스템을 이용한 결과값은 일반적으로 식품 산업에서 진행되는 전문 패널을 이용한 관능검사 결과와는 다소 차이가 날 수 있다. 하지만 소비자의 기호도를 확인하는 관능검사 방법은 전문 패널이 참여해도 해당 전문 패널의 당일 컨디션이나 주변 환경에 따라 달라지는 실험법이다. 이러한 패널을 이용한 관능검사의 단점을 보완하기 위해 전자혀 분석시스템이 활용되고 있다(Jo 등, 2016). 최근 전자코를 활용한 커피의 향미 연구를 보면 gas chromatograph-ion mobility spectrometer 방식의 전자코를 활

용한 위시드 가공커피와 내추럴 가공커피의 향미 특성에 대한 연구 보고가 있다(Moon과 Kim, 2020). 아라비카 품종을 활용하여 위시드 가공커피와 내추럴 가공커피의 향미 패턴이 뚜렷한 차이를 보인다고 보고한 바 있다. 또한 Song 등 (2019)의 연구에서는 시판되는 ready-to-drink(RTD) 콜드브루 커피의 향미 특성을 비교한 연구가 있으며, 숙련된 패널을 통해 쓴맛 관련 지표와 질감/입안 감촉에 대한 비교 연구를 제시한 바 있다. 본 연구에서 제시되는 표준화된 맛 성분 비교를 통해 다양한 맛 성분에 대한 기준이 제시되는 기초자료가 될 것으로 판단된다.

Fig. 2. Principal component analysis of commercial coffee samples using electronic tongue.

Fig. 3. Cluster analysis of taste intensity of commercial coffee samples using electronic tongue.

Table 1. Volatile compounds in commercial coffee samples using electronic nose

Compounds	RT ¹⁾ (RI ²⁾)	Sensory description	FC ³⁾ #1	FC#2	FC#3	N-FC ³⁾ #1	N-FC#2	N-FC#3	N-FC#4	BC ³⁾ #1	BC#2	BC#3
Alcohols (7)												
Pentan-2-ol	36.64 (696)	Mild, nutty, sweet	1.57±0.57 ⁶⁾	2.24±0.46 ^d	3.12±0.19 ^c	2.17±0.27 ^d	5.13±0.32 ^a	1.06±0.64 ^f	4.39±0.30 ^b	1.32±0.62 ^e	3.34±0.15 ^c	3.18±0.37 ^c
Butanethiol	41.28 (728)	Coffee, sulfurous	0.18±0.22 ^e	0.28±0.26 ^{de}	0.38±0.27 ^{bcd}	0.19±0.15 ^e	0.96±0.10 ^a	0.19±0.10 ^c	0.51±0.22 ^b	0.25±0.12 ^{de}	0.42±0.04 ^{bc}	0.36±0.01 ^{cd}
3-Methyl-1-butanol	45.42 (755)	Bitter, burnt, fruity	12.06±0.01 ^a	7.83±0.05 ^c	6.06±0.04 ^d	10.12±0.01 ^b	12.70±0.01 ^a	3.63±0.01 ^c	11.66±0.01 ^a	3.95±0.01 ^e	4.22±0.03 ^e	7.79±0.02 ^c
3-Methyl-2-butene-1-thiol	55.36 (818)	Anise, roast, sulfurous	0.65±0.06 ^{cd}	0.72±0.04 ^{cd}	0.70±0.17 ^{cd}	0.74±0.05 ^{cd}	1.55±0.15 ^a	0.51±0.09 ^d	1.34±0.04 ^{ab}	0.91±0.08 ^{bcd}	0.88±0.01 ^{bcd}	1.21±0.05 ^{abc}
2-Furamethanol	62.18 (858)	Coffee, caramelized, sweet	2.43±0.04 ^{cd}	2.26±0.03 ^{cde}	2.36±0.03 ^{cd}	2.70±0.04 ^{cd}	5.12±0.06 ^a	1.95±0.06 ^{de}	4.14±0.05 ^b	1.40±0.05 ^e	2.13±0.05 ^{de}	3.01±0.04 ^c
2-Methyl-phenol	94.96 (1,052)	Musty, phenolic, sweet	0.14±0.12 ^{cd}	0.22±0.08 ^{cd}	0.39±0.08 ^{bcd}	0.45±0.10 ^{bcd}	0.79±0.08 ^{ab}	0.09±0.16 ^d	1.17±0.17 ^a	0.30±0.24 ^{bcd}	0.68±0.11 ^{abc}	0.46±0.07 ^{bcd}
Anethole	135.15 (1,312)	Herbaceous, oil, sweet	0.20±0.22 ^{ab}	0.13±0.29 ^{ab}	0.13±0.38 ^{ab}	0.20±0.26 ^{ab}	0.30±0.54 ^a	0.14±0.68 ^{ab}	0.21±0.62 ^{ab}	0.11±0.47 ^{ab}	0.11±0.24 ^{ab}	0.06±0.36 ^b
Aldehydes (2)												
3-Hexenal	51.84 (797)	Fatty, fruity, green	0.26±0.14 ^d	0.58±0.14 ^{abc}	0.31±0.03 ^{cd}	0.39±0.15 ^{bcd}	0.69±0.03 ^{ab}	0.43±0.02 ^{bcd}	0.81±0.23 ^a	0.36±0.06 ^{cd}	0.38±0.04 ^{bcd}	0.48±0.03 ^{bcd}
Benzaldehyde	79.84 (962)	Almond, bitter, fruity, sweet	0.87±0.29 ^d	1.04±0.19 ^d	1.74±0.16 ^b	0.92±0.25 ^d	2.77±0.18 ^a	1.35±0.19 ^c	2.52±0.17 ^a	0.86±0.29 ^d	1.90±0.06 ^b	1.87±0.16 ^b
Ester (1)												
Methyl tetradecanoate	189.53 (1,736)	Fatty, oily	0.07±0.07 ^a	0.06±0.09 ^a	0.07±0.10 ^a	0.07±0.06 ^a	0.07±0.11 ^a	0.07±0.24 ^a	0.07±0.05 ^a	0.07±0.07 ^a	0.07±0.07 ^a	0.07±0.13 ^a
Furan (1)												
2-Methylfuran	25.90 (602)	Acetone, burnt, chocolate	6.94±0.07 ^d	6.98±0.24 ^d	6.97±0.08 ^d	8.61±0.14 ^b	11.20±0.19 ^a	4.75±0.54 ^f	9.08±0.23 ^b	4.86±0.41 ^f	6.21±0.12 ^c	7.82±0.54 ^c
Hydrocarbons (2)												
α -Phellandrene	87.60 (1,008)	Green, woody	2.00±0.01 ^{cde}	2.47±0.03 ^{bcd}	2.59±0.01 ^{bc}	2.91±0.01 ^b	6.08±0.02 ^a	1.79±0.06 ^{de}	5.43±0.02 ^a	1.56±0.04 ^e	2.72±0.02 ^{bc}	3.21±0.06 ^b
Dodecane	118.69 (1,201)	Alkane, fused	0.28±0.01 ^b	0.34±0.16 ^b	0.34±0.04 ^b	0.39±0.11 ^b	0.87±0.08 ^a	0.49±0.15 ^{ab}	0.44±0.05 ^{ab}	0.25±0.08 ^b	0.24±0.14 ^b	0.33±0.10 ^b
Ketones (4)												
Propan-2-one	19.19 (473)	Fruity, sweet	17.93±0.32 ^c	20.19±0.38 ^d	20.42±0.18 ^d	23.85±0.16 ^c	39.44±0.23 ^a	10.87±0.28 ^f	29.16±0.14 ^b	10.13±0.32 ^f	18.65±0.26 ^c	22.88±0.22 ^c
Pentan-2-one	35.80 (689)	Sweet, ethereal, fruity	0.59±0.04 ^c	0.58±0.06 ^{cd}	0.59±0.09 ^c	0.74±0.13 ^b	1.09±0.14 ^a	0.28±0.15 ^c	0.73±0.13 ^b	0.34±0.31 ^e	0.51±0.03 ^d	0.61±0.41 ^c
Octadienone	83.26 (982)	Metallic, geranium	0.15±0.10 ^{bc}	0.17±0.17 ^{abc}	0.14±0.32 ^{bc}	0.18±0.19 ^{ab}	0.26±0.34 ^a	0.14±0.08 ^{bc}	0.25±0.02 ^a	0.07±0.02 ^c	0.14±0.25 ^{bc}	0.17±0.22 ^{ab}
Carvone	128.35 (1,266)	Bitter, sweet	0.43±0.10 ^a	0.45±0.02 ^a	0.46±0.04 ^a	0.64±0.03 ^a	0.56±0.02 ^a	0.64±0.07 ^a	0.42±0.02 ^a	0.54±0.01 ^a	0.49±0.02 ^a	0.40±0.06 ^a
Pyrazine (1)												
Tetramethylpyrazine	102.84 (1,100)	Burnt, coffee, nutty, roast	1.13±0.18 ^{cd}	1.18±0.21 ^{cd}	1.01±0.09 ^{cd}	1.53±0.13 ^{bc}	2.39±0.03 ^a	1.21±0.17 ^{bcd}	1.78±0.22 ^b	0.97±0.22 ^{cd}	1.01±0.05 ^{cd}	0.87±0.17 ^d
Pyrrrole (1)												
Pyrrrole	43.80 (744)	Coffee, nutty, sweet, warm	1.87±0.08 ^f	2.43±0.10 ^{cd}	2.38±0.05 ^{cde}	2.46±0.04 ^c	5.81±0.08 ^a	0.95±0.17 ^g	3.74±0.06 ^b	1.10±0.05 ^g	2.05±0.03 ^{ef}	2.07±0.13 ^{def}
Others (3)												
Dimethyl sulfoxide	58.64 (837)	Alliaceous, fatty, sulfurous	2.59±0.13 ^f	2.92±0.07 ^{de}	3.92±0.07 ^c	3.21±0.05 ^d	6.57±0.05 ^a	2.80±0.07 ^{ef}	5.53±0.07 ^b	2.17±0.01 ^g	4.21±0.12 ^c	4.17±0.02 ^c
2-Formyl-5-methylthiophene	110.11 (1,147)	Almond, fruity, sulfurous, sweet	0.06±0.07 ^a	0.09±0.08 ^a	0.09±0.04 ^a	0.09±0.06 ^a	0.07±0.05 ^a	0.12±0.06 ^a	0.13±0.03 ^a	0.10±0.02 ^a	0.08±0.03 ^a	0.11±0.04 ^a
Myristicin	163.19 (1,522)	Mild, warm, woody	0.29±0.01 ^a	0.29±0.01 ^a	0.33±0.01 ^a	0.34±0.01 ^a	0.30±0.01 ^a	0.33±0.00 ^a	0.32±0.01 ^a	0.32±0.01 ^a	0.32±0.01 ^a	0.31±0.01 ^a

Data are expressed as mean±SD values from experiments performed in triplicate.

¹⁾RT: retention time (s). ²⁾RI: retention index. ³⁾FC: franchise coffee. ⁴⁾N-FC: non-franchise coffee. ⁵⁾BC: bulk coffee.⁶⁾Mean values with different letters within the same row are significantly different according to Tukey's multiple range test ($P<0.05$).

다변량 분석을 통한 맛 성분 패턴 분석

전자혀 분석을 통해 확인된 각 커피 샘플의 맛 성분에 대한 다변량 분석은 주성분 분석(Fig. 2)과 군집분석(Fig. 3)을 이용하여 확인하였다. Fig. 2에서 제시한 주성분 분석을 통해 5가지 맛 성분과 10가지 커피 샘플에 대한 패턴을 확인한 결과 전체 variance는 92.13%를 확인하였고, principal component 1(PC1)과 PC2의 variance는 각각 77.31%와 14.82%를 확인하였다. Score plot에서 커피 샘플들의 패턴을 볼 때 STS 센서와 유사도가 높은 샘플은 FC#1로 확인되었으며, FC#2와 BC#1은 약하게 영향을 받는 것으로 확인되었다. SRS 센서와 유사도가 높은 샘플은 N-FC#1로 확인되었으며, BC#2와 FC#3은 제2사분면(2nd quadrant)에서 PC1에 negative한 위치에서 확인되었다. UMS 센서, SWS 센서와 유사도가 높은 샘플은 BC#3, N-FC#3, N-FC#4로 확인되었으며, BRS 센서와 유사도가 높은 샘플은 N-FC#2로 확인되었다. 군집분석을 통해 커피 샘플의 유사도를 확인한 결과를 Fig. 3에 나타내었는데 크게 6개의 cluster를 확인할 수 있었다. Cluster I의 경우 N-FC#2로 확인되었고, cluster II의 경우 BC#3으로 확인되었다. Cluster III의 경우 N-FC#3과 N-FC#4로 확인되었고, cluster IV의 경우 FC#1로 확인되었다. Cluster V의 경우 FC#2와 BC#1로 확인되었으며, cluster VI의 경우 N-FC#1, FC#3, 그리고 BC#2로 확인되었다. 본 연구에서 전자혀 분석의 주성분 분석과 군집분석을 통한 맛 성분의 차이를 확인하였으며, 이는 브랜드에 따른 커피 샘플의 유사도에 대한 정보를 제시하여 주는 객관적인 비교 결과로서의 활용도 가능할 것으로 확신한다.

전자코 분석을 통한 향기 성분 분석

전자코 분석을 통한 각 커피 샘플의 휘발성 향기 성분에 관한 결과를 Table 1에 나타내었다. 10가지 커피 샘플에서 확인된 향기 성분은 총 22가지 성분이 확인되었고, 모든 샘플에서 상대적으로 가장 높은 함량을 보이는 향기 성분은 3-methyl-1-butanol, 2-methylfuran, propan-2-one으로 확인되었다. 피크 면적을 통한 휘발성 향기 성분의 함량이 가장 높은 샘플은 N-FC#2로 확인되었고, 뒤를 이어 N-FC#4, N-FC#1, 그리고 BC#3 순으로 휘발성 향기 성분의 함량이 확인되었다. 이와는 대조적으로 가장 낮은 함량을 보이는 샘플은 BC#1으로 확인되었다. AroChemBase library를 통해 확인된 3-methyl-1-butanol의 odor description은 bitter, burnt이며, 2-methylfuran은 acetone, burnt로 확인되었다. 그리고 propan-2-one의 경우는 fruity, sweet의 odor description을 확인하였다. 휘발성 alcohol류 화합물은 크게 포화, 불포화 알코올로 나뉜다. 포화 알코올은 불포화 알코올보다 odor threshold가 상대적으로 낮으므로 식품에 대한 기여도가 낮다고 알려져 있다(Song 등, 2018). Furan류는 휘발성이 매우 강하고 무색의 C_4H_4O 의 방향족 화합물이며, 식품의 열처리 과정에서 만들어지는 화

합물 중 하나로 알려져 있어 최근 식품에 존재하는 furan에 대한 관심이 증가하고 있는 추세이다(Kim 등, 2016b; Altaki 등, 2011). 또한 furan류는 커피의 주요 휘발성 향기 성분이며, 현재까지 약 100종 이상의 휘발성 furan류 화합물이 확인되었다. 그중에서 10종의 향기 성분이 커피의 주요 향기 성분으로 알려져 있다. Ketones류 역시 커피의 주요 휘발성 향기 성분이다. 현재 약 90종의 휘발성 ketone류 화합물이 확인되었으며, 커피 향에 긍정적인 영향을 미친다고 알려져 있다(Toci와 Farah, 2014). 일반적으로 커피의 향기 성분은 커피의 기호성을 결정하는 데 가장 중요한 요소로 판단된다. 휘발성 성분의 특성상 쉽게 변하고 소실되는 특성이 커피 산업에서 매우 중요하고 어려운 부분으로 알려져 있다. 생두에서 열처리 과정인 로스팅 과정에서 생성된 휘발성 물질들은 커피 내부의 다공성의 환경에서 다양한 화합물과 함께 존재하고 있다가 온도 상승 시 내부의 기체와 함께 방출되어 소비자들의 후각으로 전달되어 커피의 향미를 느끼게 된다(Jang 등, 2014). 이러한 커피가 가진 향기의 특성 및 변향의 연구는 많지 않은 편이며, 비상업성의 특성을 지닌 가정용 커피 제품에서 향기의 최적 상태로의 유지는 더욱 어려운 부분으로 인식되고 있어 다양한 연구가 요구되는 분야이다(Jang 등, 2014). Boo 등(2020)의 연구에서 커피와 같은 다양한 식품 및 식품소재에 존재하는 향기 성분 분석을 위해 전자코 분석이 매우 다양하게 진행된다고 알려져 있다. Noh(2005)의 연구에서 전자코 분석은 앞서 언급한 전자혀 분석과 같이 사람의 후각에 의한 분석보다 좀 더 객관성을 가진 향기 성분을 확인할 수 있다는 장점이 있다고 알려져 있다. 그리고 전자코 분석은 발효 정도의 예측, 원산지 판별분석, 제품수명 기간 예측 등의 여러 가지 식품 분야에서 적용이 가능하다는 장점이 있다. 실제 커피 원두의 분류를 위해 전자코를 사용한 연구가 있는데 arabica와 robusta 품종의 구분 연구가 알려져 있다(Kim 등, 2014). 또한 관련 문헌 연구(Seo 등, 2006)에서는 일정한 분쇄 및 로스팅 조건에서 사용된 4가지 커피원두 및 8가지 commercial blended coffee의 분류에서도 전자코의 적용이 이루어졌다고 보고하였다. 또한 전자코와 GC-olfactometry를 활용하여 커피원두의 로스팅 정도와 재배 산지를 평가하였다는 보고도 알려져 있다(Kim 등, 2014).

전자코를 이용한 휘발성 향기 성분 패턴 분석

전자코 분석을 통해 확인된 각 커피 샘플의 향기 성분에 대한 다변량 분석은 주성분 분석(Fig. 4)과 군집분석(Fig. 5)을 이용하여 확인하였다. 주성분 분석을 통해 10가지 커피 샘플에 대한 휘발성 향기 성분과 그에 대한 패턴을 확인한 결과 총 variance는 90.38%를 확인하였으며, PC1과 PC2의 variance는 각각 78.73%와 11.65%로 확인하였다. 각 커피 샘플의 PC1과 PC2의 factor loading의 경우 PC1과 PC2 모두 positive한 위치의 커피 샘플은 N-FC#4와 BC#3 샘플로 확인하였으며, PC1은 negative하고 PC2는 pos-

Fig. 4. Principal component analysis of commercial coffee samples using electronic nose.

Fig. 5. Cluster analysis of commercial coffee samples using electronic nose.

itive한 위치의 커피 샘플은 FC#1, FC#3, N-FC#3, BC#1, BC#2 샘플로 확인하였다. 그리고 PC1과 PC2 모두 negative한 위치의 커피 샘플은 FC#2로 확인하였으며, PC1은 positive하고 PC2는 negative한 위치의 커피 샘플은 N-FC#1과 N-FC#2로 확인하였다. 각 커피 샘플의 가변성과의 상관성을 나타내었을 때, 전체적인 가변성과 상관성이 상대적으로 낮은 커피 샘플의 경우는 FC#1, FC#2, FC#3, N-FC#3, BC#1, BC#2로 확인되었다. BC#3 샘플의 경우 esters류와 상관성을 나타내는 것을 확인하였다. N-FC#2 샘플의 경우 pyrazine류, alcohols류, ketones류, furan류, pyrrole류와 높은 상관성을 나타내는 것을 확인하였으며,

N-FC#1 샘플의 경우 그에 비해 낮은 상관성을 나타내는 것을 확인하였다. 마지막으로 N-FC#4 샘플의 경우 aldehyde류, hydrocarbon류와 높은 상관성을 나타내는 것을 확인하였다. 군집분석을 통해 커피 샘플의 유사도를 확인한 결과를 Fig. 5에 나타내었는데 크게 5개의 cluster를 확인할 수 있었다. Cluster I의 경우 N-FC#2, N-FC#4를 확인하였다. Cluster II의 경우 FC#2로 확인하였으며, cluster III의 경우 N-FC#3, BC#1로 확인하였다. Cluster IV의 경우 BC#3, FC#3, 그리고 BC#2로 확인하였으며, cluster V의 경우 FC#1, N-FC#1로 확인하였다. Cluster I에서 가장 높은 dissimilarity를 보였으며, 상대적으로 나머지 cluster

는 낮은 dissimilarity를 나타내는 것을 확인하였다. 이러한 향기 성분의 차이가 나타나는 경향은 cluster I에 포함된 N-FC#2, N-FC#4가 가장 구별되는 향기 성분을 가지고 있다고 판단할 수 있다. 전자코 분석을 통한 주성분 분석과 군집분석을 통해 브랜드에 따른 커피의 다양한 향기 성분을 확인하였으며, 이는 커피 산업에서 기초 database로 활용이 가능할 것으로 판단된다. 전자코를 통한 커피의 향미 품질 평가는 다양한 분야에서 적용되고 있으며, 향기 성분을 통한 품종 구분 연구와 커피의 브랜드 분류에도 적용되고 있다. 전자코가 가지는 비파괴 분석시스템과 빠른 시간에 분석이 가능하다는 용이점으로 인해 많은 시료의 연속적인 분석체계에 다양하게 적용될 것으로 판단된다(Kim 등, 2014). 또한 커피의 향기 성분 분석을 전자코 분석과 GC/MSD 분석의 통합체계를 이용하여 인공지능망을 통한 관능검사와의 관계를 탐색하는 연구로도 발전되고 있다(Michishita 등, 2010). 향후 전자코의 분석값과 인간의 후각기능을 통한 관능검사와의 연관성에 대한 지속적인 연구가 요구되고 있다.

GC/MSD와 GC-olfactometry를 통한 향 활성 화합물 분석 및 다변량 분석

GC/MSD와 GC-olfactometry를 통한 향 활성 화합물의 결과와 chromatogram, 그리고 aromagram을 각각 Table 2, Table 3, Fig. 6, Fig. 7에 나타내었다. 전체 커피 샘플의 향 활성 화합물은 6종의 pyrazines, 5종의 hydrocarbons, heterocyclics, pyrroles, 4종의 ketones, 3종의 alcohols, esters, furans, 그리고 2종의 aldehydes, pyridines, phenolic compounds를 확인하여 총 40종의 향 활성 화합물을 동정하였다. Pyrazines의 경우 모든 커피 샘플에서 향 활성 화합물의 개수가 가장 많이 확인되었다. 앞서 말한 Caporaso 등(2018)에서 로스팅 커피의 중요한 휘발성 화합물은 주로 aldehydes, ketones, alcohols, pyrazines, furans 등이 있다고 알려져 있다. 문헌에 따르면 로스팅 원두에서 pyrazines과 furans는 커피의 특유한 향에 기여하는 중요한 휘발성 화합물로 알려져 있다(Toci와 Farah, 2014). 현재 커피에는 약 100종의 pyrazines이 확인되었으며, 그중 13종은 커피에 필수적인 휘발성 화합물로 알려져 있다(Toci와 Farah, 2014). 개별 성분으로는 1-(2-furanylmethyl)-1H-pyrrole이 모든 샘플에서 확인되었으며, 상대적으로 높은 함량을 보였다. 현재 문헌에 따르면 pyrroles는 약 80종 이상이 있으며, pyrroles는 특유의 달콤한 향과 타오르는 향으로 알려져 있다(Flament, 2001). Pyrroles은 주로 Maillard 반응, 캐러멜화, 그리고 열분해 등에 의해서 형성될 수 있다(Toci와 Farah, 2014). 전자코 분석을 통해 확인되는 향 활성 화합물과 GC-olfactometry에서 확인되는 향 활성 화합물의 결과는 다소 차이가 있는데, 이는 휘발성 화합물 분석법과 흡착법의 차이에서 오는 결과로 알려져 있다.

GC/MSD와 GC-olfactometry를 통해 확인된 각 커피 샘플의 향 활성 화합물에 대한 다변량 분석은 주성분 분석(Fig.

Fig. 6. Typical total ion chromatograms of commercial coffee samples by GC/MSD. (A) frenchise coffee, (B) non-frenchise coffee, and (C) bulk coffee.

8)과 군집분석(Fig. 9)을 이용하여 확인하였다. 주성분 분석을 통해 10가지 커피 샘플에 대한 향 활성 화합물과 그에 대한 패턴을 확인한 결과 총 variance는 50.22%를 확인하였으며, PC1과 PC2의 variance는 각각 27.20%와 23.02%로 확인하였다. 각 커피 샘플의 PC1과 PC2의 factor loading의 경우 PC1과 PC2 모두 positive한 위치의 커피 샘플은 FC#1, N-FC#1, BC#1 샘플로 확인하였다. 이 중 FC#1과 BC#1은 pyrazines류와 상대적으로 상관성이 높은 것을 확인하였으며, N-FC#1은 esters류와 상관성이 있는 것을 확인하였다. PC1은 negative하고 PC2는 positive한 위치의 커피 샘플은 N-FC#2 샘플로 확인하였으며, N-FC#2는 phenolic compounds류, esters류, pyrroles류와 상대적으로 상관성이 높은 것을 확인하였다. PC1과 PC2 모두 negative한 위치의 커피 샘플은 FC#3, N-FC#3, N-FC#4, BC#3 샘플로 확인하였다. 그중 N-FC#4와 BC#3는 alcohols류와 furans류에 상대적으로 상관성이 높은 것을 확인하였으며, FC#3와 N-FC#3는 각각 furans류와 alcohols류에 상관성이 있는 것을 확인하였다. PC1은 positive하고 PC2는 negative한 위치의 커피 샘플은 FC#2와 BC#2 샘플로 확인하였다. 그중 BC#2는 pyrazines류와 상관성이 있는 것을 확인하였으며, FC#2는 전체적인 가변성과 상관성이

Table 2. Volatile compounds in commercial coffee samples using GC/MSD

Compounds	RT ¹⁾	RI ²⁾	I.D. ³⁾	Mean±SD (µg/100 g)						BC#2	BC#3
				FC#1	FC#2	FC#3	N-FC#1	N-FC#2	N-FC#3		
Alcohols (3)											
2-Ethyl-1-hexanol	15.85	1,047	MS	ND ⁴⁾	0.25±0.35	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Ethylhexanol	15.89	1,049	MS	ND	ND	ND	1.69±0.02	0.50±0.71	ND	ND	ND
4-Ethylguaiacol	23.16	1,296	MS/RI	ND	ND	ND	ND	ND	1.57±0.07	2.42±0.19	1.98±2.33
Aldehydes (2)											
2-Furaldehyde	9.63	861	MS	ND	1.30±1.84	6.92±9.79	ND	ND	ND	ND	ND
2,4-Dimethyl-2,4-heptadienal	18.96	1,149	MS	ND	ND	ND	ND	0.46±0.65	ND	ND	ND
Esters (3)											
Furfuryl acetate	14.84	1,014	MS	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.55±0.78	ND
Furfuryl-3-methyl butanoate	21.50	1,237	MS	0.25±0.26	0.13±0.19	ND	0.36±0.50	0.70±0.17	ND	ND	0.23±0.33
Furfuryl pentanoate	21.51	1,237	MS	ND	ND	ND	ND	ND	0.43±0.19	ND	ND
Furans (3)											
2,5-Dimethylfuran	11.94	928	MS	ND	ND	ND	ND	0.13±0.18	ND	ND	ND
Acetylfuran	12.12	934	MS/RI	ND	ND	9.51±1.02	ND	ND	ND	ND	9.47±2.29
2-Acetyl-5-methylfuran	15.85	1,047	MS	ND	ND	ND	ND	ND	0.13±0.18	ND	ND
Hydrocarbons (5)											
1,4-Dimethylcyclohexane	11.15	902	MS	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.05±0.07
D-Limonene	15.90	1,049	MS	ND	ND	1.07±0.18	ND	ND	ND	0.25±0.36	0.61±0.87
1-Methyl-3-(1-methyl-3-phenyl)-cyclohexane	19.39	1,163	MS	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.06±0.08	ND
Dimethylsiloxane pentamer	19.59	1,170	MS	0.30±0.42	149.06±3.17	ND	ND	0.38±0.54	ND	ND	ND
Furfuryl methyl disulfide	21.36	1,232	MS	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.15±0.21
Heterocycles (5)											
2-Methoxyaniline	15.61	1,040	MS	ND	ND	ND	ND	ND	0.40±0.57	ND	0.39±0.55
(Vinyl)oxybenzene	17.07	1,085	MS	ND	ND	ND	ND	0.19±0.27	ND	ND	ND
4-Anisidine	17.32	1,092	MS	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.22±1.72
Dodecanitrile	17.93	1,113	MS	0.27±0.38	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2,4,6-Trimethyl-m-phenylenediamine	19.69	1,173	MS	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.23±0.33
Ketones (4)											
3,5-Heptadien-2-one	12.10	933	MS	4.59±6.50	7.57±0.07	ND	10.47±0.27	7.08±0.50	3.34±0.70	ND	ND
2,3,4-Trimethyl-2-cyclopenten-1-one	16.96	1,082	MS	ND	ND	ND	ND	ND	0.44±0.63	ND	ND
Ethylcyclopentenolone	17.84	1,110	MS	0.20±0.29	0.43±0.61	1.27±0.45	0.72±1.01	0.62±0.88	0.63±0.08	1.37±0.12	1.22±0.26
1-(1,4-Dimethyl-3-cyclohexen-1-yl)-ethanone	20.54	1,201	MS	0.26±0.37	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Phenolic compounds (2)											
2-Methyl-phenol	16.68	1,073	MS	0.61±0.61	ND	0.33±0.46	ND	ND	0.06±0.08	ND	0.23±0.32
2-Methoxy-4-ethylphenol	23.15	1,296	MS	ND	ND	ND	ND	4.46±0.67	ND	ND	ND
Pyrazines (6)											
Methylpyrazine	9.25	850	MS	2.17±1.46	ND	ND	2.86±1.30	ND	ND	ND	ND
Ethylpyrazine	11.63	918	MS	0.47±0.67	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2,6-Dimethylpyrazine	12.13	934	MS	ND	ND	ND	ND	ND	ND	5.42±6.82	7.25±5.48
2-Ethyl-3,6-dimethylpyrazine	15.31	1,030	MS	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.80±2.55	ND
Pyrazinecarboxamide	15.59	1,039	MS	0.32±0.46	ND	ND	ND	1.10±0.03	0.43±0.06	ND	ND
2-Ethyl-3,5-dimethylpyrazine	15.69	1,042	MS	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.34±0.48	ND
Pyroles (5)											
2-Formyl-1-methylpyrrole	15.14	1,024	MS	1.37±1.94	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2-Acetylpyrrole	16.89	1,080	MS/RI	ND	ND	ND	ND	0.27±0.39	ND	ND	0.52±0.73
3,4-Dimethyl-1H-pyrrole-2-carboxaldehyde	19.81	1,177	MS	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.26±0.37	ND
1-Butylpyrrole	19.95	1,182	MS	ND	ND	ND	0.54±0.76	ND	ND	ND	ND
1-(2-Furanylmethyl)-1H-pyrrole	20.48	1,199	MS	0.26±0.37	1.07±0.01	2.75±0.50	2.70±3.82	7.46±0.49	4.16±0.47	0.84±1.04	3.78±0.78
Pyridines (2)											
Pyridine	5.49	706	MS	0.15±0.21	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2-Amino-6-methoxypyridine	16.44	1,066	MS	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.14	ND

Data are expressed as mean±SD values from experiments performed in triplicate.

¹⁾RT: retention time (min). ²⁾RI: identification. ³⁾I.D.: not detected. ⁴⁾ND: not detected. ⁵⁾FC: franchise coffee. ⁶⁾N-FC: non-franchise coffee. ⁷⁾BC: bulk coffee.

Table 3. Odor description and intensity in commercial coffee samples using GC-olfactometry

Compounds	Odor description	FC#1	FC#2	FC#3	N-FC#1	N-FC#2	N-FC#3	N-FC#4	BC#1	BC#2	BC#3
Alcohols (3)											
2-Ethyl-1-hexanol	Candy, sweet	NR ⁴⁾	2	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Ethylhexanol	Candy, sweet	NR	NR	NR	2	2	NR	NR	NR	NR	NR
4-Ethylguaiacol	Banana, sweet	NR	NR	NR	NR	NR	2	1	NR	NR	2
Aldehydes (2)											
2-Furaldehyde	Coffee beans	NR	2	1	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
2,4-Dimethyl-2,4-heptadienal	Americano	NR	NR	NR	NR	1	NR	NR	NR	NR	NR
Esters (3)											
Furfuryl acetate	Sugar, sweet	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	1	NR	NR
Furfuryl 3-methyl butanoate	Americano	2	1	NR	1	1	NR	NR	NR	NR	1
Furfuryl pentanoate	Americano	NR	NR	NR	NR	NR	NR	1	NR	NR	NR
Furans (3)											
2,5-Dimethylfuran	Americano	NR	NR	NR	NR	1	NR	NR	NR	NR	NR
Acetylfuran	Americano	NR	NR	1	NR	NR	NR	1	NR	NR	1
2-Acetyl-5-methylfuran	Candy, sweet	NR	NR	NR	NR	NR	NR	2	NR	NR	NR
Hydrocarbons (5)											
1,4-Dimethylolcyclohexane	Coffee beans	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	1
D-Limonene	Candy, sweet	NR	NR	1	NR	NR	NR	NR	1	2	2
1-Methyl-3-(1-methyl-3-phenyl)-cyclohexane	Americano	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	1	NR	NR
Dimethylsiloxane pentamer	Sweet	1	3	NR	NR	1	NR	NR	NR	NR	NR
Furfuryl methyl disulfide	Americano	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	1
Heterocycles (5)											
2-Methoxyaniline	Candy, sweet	NR	NR	NR	NR	NR	NR	1	NR	NR	1
(Vinyl)oxy benzene	Candy, sweet	NR	NR	NR	NR	1	NR	NR	NR	NR	NR
4-Anisidine	Americano	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	1
Dodecanitrile	Soil, bitter	3	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
2,4,6-Trimethyl-m-phenylenediamine	Americano	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	1
Ketones (4)											
3,5-Heptadien-2-one	Americano	2	2	NR	1	2	1	NR	NR	NR	NR
2,3,4-Trimethyl-2-cyclopenten-1-one	Candy, sweet	NR	NR	NR	NR	NR	NR	1	NR	NR	NR
Ethylcyclopentenolone	Soil, bitter	2	3	2	2	2	2	1	NR	1	2
1-(1,4-Dimethyl-3-cyclohexen-1-yl)-ethanone	Burdock, bitter	1	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Phenolic compounds (2)											
2-Methyl-phenol	Bitter	2	NR	1	NR	NR	1	NR	NR	1	1
2-Methoxy-4-ethylphenol	Banana, sweet	NR	NR	NR	NR	1	NR	NR	NR	NR	NR
Pyrazines (6)											
Methylpyrazine	Americano	2	NR	NR	1	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Ethylpyrazine	Americano	2	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
2,6-Dimethylpyrazine	Americano	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	2	2	NR
2-Ethyl-3,6-dimethylpyrazine	Candy, sweet	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	2	NR	NR
Pyrazinecarboxamide	Candy, sweet	NR	3	NR	NR	2	1	NR	NR	NR	NR
2-Ethyl-3,5-dimethylpyrazine	Candy, sweet	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	3	NR	NR
Pyrroles (5)											
2-Formyl-1-methylpyrrole	Bitter	2	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
2-Acetylpyrrole	Americano	NR	NR	NR	NR	1	NR	NR	NR	NR	1
3,4-Dimethyl-1H-pyrrole-2-carboxaldehyde	Soil, bitter	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	1	NR	NR
1-Butylpyrrole	Americano	NR	NR	NR	1	NR	NR	NR	NR	NR	NR
1-(2-Furanylmethyl)-1H-pyrrole	Burdock, bitter	2	2	2	1	2	2	2	1	1	2
Pyridines (2)											
Pyridine	Coffee beans	1	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
2-Amino-6-methoxypyridine	Americano	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	2	NR	NR

¹⁾FC: franchise coffee. ²⁾N-FC: non-franchise coffee. ³⁾BC: bulk coffee. ⁴⁾NR corresponds 'not recognized'.

Fig. 7. Typical aroma-grams of commercial coffee samples by GC-olfactometry. (A) french coffee, (B) non-french coffee, and (C) bulk coffee.

상대적으로 낮은 것을 확인하였다. 군집분석을 통해 향 활성 화합물 유사도를 확인한 결과를 Fig. 9에 나타내었는데 크

게 5개의 cluster를 확인할 수 있었다. Cluster I의 경우 BC#1, BC#2, FC#1을 확인하였다. Cluster II의 경우 N-FC#2를 확인하였으며, cluster III의 경우 N-FC#4, BC#3을 확인하였다. Cluster IV의 경우 N-FC#1과 N-FC#3을 확인하였으며, Cluster V의 경우 FC#2와 FC#3을 확인하였다. Cluster I과 나머지 cluster들의 dissimilarity가 가장 큰 것을 확인하였는데, 이는 cluster I에 포함된 BC#1, BC#2, FC#1의 가장 구별되는 향 활성 화합물인 pyrazines류를 가지고 있다고 판단할 수 있다. Kim 등(2019b)의 연구에서 GC/MSD를 이용한 커피의 휘발성 향기 성분 분포를 PCA를 통해 분석하였고, 41가지의 향기 성분을 74.9%의 variance(PC1-PC2)를 확인하였다. 또한 Kim 등(2014)의 연구에서는 원두 종류에 따른 커피의 향기 성분 패턴을 다변량 분석 중 판별함수 분석을 통해서 등급에 따른 원두의 특성을 분류하였다. 이러한 결과를 통해 커피 원두 분류 및 브랜드별 커피의 분포에 대한 품질관리 및 평가에 다변량 분석이 적용될 수 있다는 점을 제시하였다.

요 약

본 연구는 전자혀(electronic tongue), 전자코(electronic nose), 그리고 GC/MSD와 GC-olfactometry를 통해 시중의 커피전문점에서 판매되고 있는 10종의 아메리카노의 맛 성분과 향기 성분을 확인하였으며, 그에 따른 맛 성분과 향기 성분의 패턴도 확인하였다. 먼저 전자혀 분석을 통해 커피 샘플의 맛 성분에 대한 상대적인 센서 강도를 확인하였다. 신맛에 관여하는 SRS 센서의 경우 N-FC#2에서 가장 높은 7.3을 확인하였고, FC#1, FC#2, BC#1에서 가장 낮은 5.5를 확인하였다. 짭맛의 STS센서의 경우 FC#1에서 가장

Fig. 8. Principal component analysis of commercial coffee samples using GC/MSD.

Fig. 9. Cluster analysis of commercial coffee samples using GC/MSD.

높은 9.2를 확인하였고, BC#3에서 가장 낮은 4.1을 확인하였다. 감칠맛의 UMS 센서의 경우 N-FC#2에서 가장 높은 8.2를 확인하였고, FC#1에서 가장 낮은 1.9를 확인하였다. 단맛의 SWS 센서의 경우 N-FC#4에서 가장 높은 6.9를 확인하였고, FC#1에서 가장 낮은 5.1을 확인하였다. 마지막으로 쓴맛의 BRS 센서의 경우 N-FC#2에서 가장 높은 8.1을 확인하였고, FC#1에서 가장 낮은 4.1을 확인하였다. 주 성분 분석을 통해 5가지 기본적인 맛 성분과 10가지 커피 샘플에 대한 패턴을 확인한 결과, 전체 variance는 92.13%를 확인하였고 PC1과 PC2의 variance는 각각 77.31%와 14.82%로 확인하였다. 군집분석을 통해 커피 샘플의 유사도는 크게 6개의 cluster를 확인할 수 있었다. 전자코 분석을 통해 10가지 커피 샘플에서 총 22종의 휘발성 향기 성분을 확인하였다. 모든 샘플에서 상대적으로 가장 높은 함량을 보이는 향기 성분은 3-methyl-1-butanol, 2-methylfuran, propan-2-one으로 확인되었다. 주 성분 분석을 통해 향기 성분과 10가지 커피 샘플에 대한 패턴을 확인한 결과, 전체 variance는 90.38%를 확인하였고 PC1과 PC2의 variance는 각각 78.73%와 11.65%로 확인하였다. 군집분석을 통해 커피 샘플의 유사도는 크게 5개의 cluster를 확인할 수 있었다. GC/MSD와 GC-olfactometry를 통한 향 활성 화합물을 확인하였으며, 총 40종의 향 활성 화합물을 확인하였다. Pyrazines의 경우 모든 커피 샘플에서 가장 많은 개수의 향 활성 화합물을 확인하였다. 그리고 개별 성분으로는 1-(2-furanylmethyl)-1H-pyrrole이 모든 샘플에서 확인되었으며, 상대적으로 높은 함량을 확인하였다. 주 성분 분석을 통해 향 활성 화합물과 10가지 커피 샘플에 대한 패턴을 확인한 결과, 전체 variance는 50.22%를 확인하였고

PC1과 PC2의 variance는 각각 27.20%와 23.02%로 확인하였다. 군집분석을 통해 커피 샘플의 유사도는 크게 5개의 cluster를 확인할 수 있었다. 종합적으로 전체적인 연구 내용을 볼 때 전자혀, 전자코, 그리고 GC/MSD와 GC-olfactometry를 이용한 브랜드에 따른 커피 10종의 맛과 향에 대한 객관적이고 표준화된 결과를 확인하였으며, 그에 따른 샘플 간의 패턴과 유사도를 다변량 분석을 통해 진행하였다. 우리가 알고 있는 커피의 맛과 향은 커피 원두의 종류, 재배와 수확, 로스팅 온도, 로스팅 시간, 그리고 로스팅 기계 등에 의해 달라진다. 본 연구에서 시중에서 판매되고 있는 10종의 커피 브랜드(franchise coffee, non-franchise coffee, bulk coffee)의 맛과 향을 분석해보았으며, 그 결과 브랜드별 로스팅 조건과 로스팅 기계에 따라 다른 맛과 향을 나타낼 수 있다고 판단된다. 소비자 선호도가 높은 FC(franchise coffee)는 다른 N-FC(nonfranchise coffee)와 BC(bulk coffee)에 비해서 맛이나 향이 우수해서가 아닌 brand image와 brand preference 등에 영향을 받는 것으로 판단된다. 이러한 맛과 향에 대한 연구와 패턴을 이용한 분석시스템은 본 연구에서 제시한 아메리카노에 국한되는 것이 아닌 커피 산업과 커피와 관련된 다양한 음료 산업에서 표준 자료로써 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 한국연구재단 이공학 개인기초연구지원사업(NRF-2018R1D1A1B07045431)의 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- Altaki MS, Santos FJ, Galceran MT. Occurrence of furan in coffee from Spanish market: contribution of brewing and roasting. *Food Chem.* 2011. 126:1527-1532.
- Boo CG, Hong SJ, Cho JJ, Shin EC. Electronic sensors and multivariate approaches for taste and odor in Korean soups and stews. *J Food Hyg Saf.* 2020. 35:430-437.
- Caporaso N, Whitworth MB, Cui C, Fisk ID. Variability of single bean coffee volatile compounds of Arabica and robusta roasted coffees analysed by SPME-GC-MS. *Food Res Int.* 2018. 108:628-640.
- Cha JB, Jo MN. The effect of the corporate social responsibility of franchise coffee shops on corporate image and behavioral intention. *Sustainability.* 2019. 11:6849. <https://doi.org/10.3390/su11236849>
- Cheng B, Furtado A, Smyth HE, Henry RJ. Influence of genotype and environment on coffee quality. *Trends Food Sci Technol.* 2016. 57:20-30.
- Dong H, Moon JY, Lee SH. Discrimination of geographical origins of raw ginseng using the electronic tongue. *Korean J Food Sci Technol.* 2017. 49:349-354.
- Dong W, Hu R, Long Y, Li H, Zhang Y, Zhu K, et al. Comparative evaluation of the volatile profiles and taste properties of roasted coffee beans as affected by drying method and detected by electronic nose, electronic tongue, and HS-SPME-GC-MS. *Food Chem.* 2018. 272:723-731.
- Flament I. Coffee flavor chemistry. John Wiley & Sons, London, UK. 2001. p 29-34.
- Jang SH, Kim GJ, Baik N. A change of volatile compounds according to consumer handling and storage of roasted coffee: case of in-home. *J Korean Soc Coffee Ind.* 2014. 3(1):34-42.
- 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.
- Kim DS, Kim HS, Hong SJ, Cho JJ, Lee J, Shin EC. Comparison of the retention rates of thiamin, riboflavin, and niacin between normal and high-oleic peanuts after roasting. *Appl Biol Chem.* 2018. 61:449-458.
- Kim DS, Lee JT, Hong SJ, Cho JJ, Shin EC. Thermal couseed effect of comprehensive changes in the flavor/taste of *Cynanchi wilfordii*. *J Food Sci.* 2019a. 84:2831-2839.
- Kim HJ, Hong DL, Yu JW, Lee SM, Lee YB. Identification of headspace volatile compounds of blended coffee and application to principal component analysis. *Prev Nutr Food Sci.* 2019b. 24:217-223.
- Kim HM, Cha SB. The analysis of customers' price sensitivity of americano in roastery coffeehouses. *J Tour Sci.* 2013. 37: 211-230.
- Kim JS, Jung HY, Park EY, Noh BS. Flavor analysis of commercial Korean distilled spirits using an electronic nose and electronic tongue. *Korean J Food Sci Technol.* 2016a. 48:117-121.
- Kim KG, Kim AH, Lee JK, Chun MS, Noh BS. Analysis of flavor pattern of various coffee beans using electronic nose. *Korean J Food Sci Technol.* 2014. 46:1-6.
- Kim MK, Kim MY, Lee KG. Determination of furan levels in commercial orange juice products and its correlation to the sensory and quality characteristics. *Food Chem.* 2016b. 211: 654-660.
- Lee J, Hong SJ, Cho JJ, Boo CG, Kim DS, Shin EC. Peanut coffee: enhancement of nutritional, physicochemical, and sensory characteristics in coffee brewed with conventional and high-oleic peanut extracts. *Foods.* 2020a. 9:1664. <https://doi.org/10.3390/foods9111664>
- Lee J, Kim DS, Cho J, Hong SJ, Pan JH, Kim JK, et al. *Perilla frutescens* Britton: A comprehensive study on flavor/taste and chemical properties during the roasting process. *Molecules.* 2019. 24:1374. <https://doi.org/10.3390/molecules24071374>
- Lee KS, Kim JM, Yoon KY. Physicochemical properties, bioactive composition, and antioxidant activity of different coffee beans dependent on the cultivation region. *Korean J Food Sci Technol.* 2017. 49:474-479.
- Lee MJ, Kim SE, Kim JH, Lee SW, Yeum DM. A study of coffee bean characteristics and coffee flavors in relation to roasting. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2013. 42:255-261.
- Lee T, Park H, Puligundla P, Koh GH, Yoon J, Mok C. Degradation of benzopyrene and acrylamide in roasted coffee beans by corona discharge plasma jet (CDPJ) and its effects on biochemical and sensory properties. *Food Chem.* 2020b. 328: 127117. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127117>
- Michishita T, Akiyama M, Hirano Y, Ikeda M, Sagara Y, Araki T. Gas chromatography/olfactometry and electronic nose analyses of retronasal aroma of espresso and correlation with sensory evaluation by an artificial neural network. *J Food Sci.* 2010. 75:S477-S489.
- Moon SY, Kim MR. A study on fragrance characteristics of washed processed coffee and natural processed coffee using GC-IMS (gas chromatograph-ion mobility spectrometer) electronic nose. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2020. 49:829-835.
- Noh BS. Analysis of volatile compounds using electronic nose and its application in food industry. *Korean J Food Sci Technol.* 2005. 37:1048-1064.
- Peris M, Escuder-Gilabert L. Electronic noses and tongues to assess food authenticity and adulteration. *Trends Food Sci Technol.* 2016. 58:40-54.
- Sanz C, Maeztu L, Zapelena MJ, Bello J, Cid C. Profiles of volatile compounds and sensory analysis of three blends of coffee: influence of different proportions of Arabica and Robusta and influence of roasting coffee with sugar. *J Sci Food Agric.* 2002. 82:840-847.
- Seo HS, Kang HJ, Jung EH, Hwang IK. Application of GC-SAW (surface acoustic wave) electronic nose to classification of origins and blended commercial brands in roasted ground coffee beans. *Korean J Food Cook Sci.* 2006. 22:229-306.
- Song G, Dai Z, Shen Q, Peng X, Zhang M. Analysis of the changes in volatile compound and fatty acid profiles of fish oil in chemical refining process. *Eur J Lipid Sci Technol.* 2018. 120:1700219. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201700219>
- Song YJ, Hwang HJ, Lee SJ. Physicochemical and sensory characteristics of commercial RTD cold brew coffees. *Korean J Food Sci Technol.* 2019. 51:35-41.
- Toci AT, Farah A. Volatile fingerprint of Brazilian defective coffee seeds: corroboration of potential marker compounds and identification of new low quality indicators. *Food Chem.* 2014. 153:298-314.
- Tran HTM, Vargas CAC, Lee LS, Furtado A, Smyth H, Henry R. Variation in bean morphology and biochemical composition measured in different genetic groups of arabica coffee (*Coffea arabica* L.). *Tree Genetics & Genomes.* 2017. 13: 54-67.