

전자코와 전자혀를 이용한 시판 증류주의 향미특성 분석

김정선 · 정효연 · 박은영¹ · 노봉수*

서울여자대학교 식품공학과, ¹그리스도대학교 식품과학부

Flavor Analysis of Commercial Korean Distilled Spirits using an Electronic Nose and Electronic Tongue

Jung Sun Kim, Hyo Yeon Jung, Eun Young Park¹, and Bong Soo Noh*

Department of Food Science and Technology, Seoul Women's University

¹Department of Food Science and Technology, Korea Christian University

Abstract The objective of this study was to analyze the flavor patterns of commercial Korean distilled spirits using a mass spectrometry-based electronic nose and an electronic tongue. Thirteen types of domestic distilled spirits were used for analysis. The flavor patterns of the distilled spirits were clearly identified through discriminant function analysis of the raw materials. The obtained data of the electronic nose analysis showed that the flavor pattern of the distilled spirits aged in oak barrels was not significantly different from that of the general distilled spirits. According to the results of the electronic tongue, the distilled spirits made with rice had a stronger flavor than those made with foxtail millet. Compared to the sensitivity value of each taste sensor, the distilled spirits showed various intensities of sourness and umami. Therefore, an electronic nose and electronic tongue could be successfully used for quality evaluation and new product development of distilled spirits.

Keywords: electronic nose, electronic tongue, distilled spirits, flavor analysis

서 론

소주는 우리 고유의 민속주로 곡류를 주원료로 사용하므로 맛이 좋고 순하며 증류 방식에 따라 증류주와 회석주로 분류한다(1). 현재 국내에서는 WTO 및 FTA 등의 자유무역협정 체결로 인한 쌀 가공제품 개발이 필요한 실정이며 고급 주류의 개발 및 수출의 필요성이 대두되고 있다. 증류주의 제조는 원료 곡물의 소비에 기여하는 바가 매우 크며, 원료 곡물에 부가가치를 부여하여 국가 경제에 큰 도움을 줄 수 있다. 세계적인 명주들은 대부분 증류주가 상당수를 차지하고 있는데 영국의 위스키, 프랑스의 브랜디, 중국의 고량주, 멕시코의 데킬라, 러시아의 보드카 등이 그 예이다. 이와 같은 세계의 유명 증류주들은 숙성방법, 숙성기간, 관능적 특성, 소비자들의 기호도 등에 대한 꾸준한 연구(2-5)로 기술 축적이 이루어지고 있으나 국내의 증류주에 대한 연구는 부족한 실정이며, 특히 국산 증류주의 향미특성에 관한 전문적인 연구가 미비하다. 따라서 본 연구에서는 전자코와 전자혀를 이용하여 전국적으로 시판되고 있는 국산 증류주의 향미특성에 대한 분석을 실시하고자 하였다. 전자코 분석은 단 시간 내에 다량의 샘플을 분석할 수 있을 뿐만 아니라 시료 전체의 향을 한

꺼번에 감지하는 특성을 가지고 있어 식품의 품질평가 및 관리 등에 널리 활용되어 왔으며 비파괴적인 분석방법으로 신속하고 편리하게 휘발성분의 패턴을 분석할 수 있는 특징을 가지고 있다(6-8). 특히 질량분석기를 바탕으로 한 전자코 분석의 경우 전처리 과정 없이 시료내의 휘발성분을 한꺼번에 ion fragments로 분해 한 후 이 ion fragment의 감응도를 토대로 패턴을 분석한다. 이 방법은 시료간의 차별성 여부를 파악할 수 있으며 GC, GC-MS와 달리 구체적인 성분으로 동정하지 않은 상태에서 전체적인 패턴으로 판별하는 패턴인식방법이다(9). Kim 등(10)은 전자코를 활용하여 수입산 맥주 3종과 신제품 국산 맥주와의 향미특성을 비교 분석하여 그 결과를 신제품 개발에 활용한 바 있으며 Choi 등(11)은 증류주 제조 시 쌀 특성에 적합한 최적의 증류주 효모를 선발하는 연구에서 전자코를 사용하여 효모의 선택에 따른 향기패턴을 분석함으로써 효모의 선발에 이용한 바 있다. 한편, 식품의 맛을 평가하는 일은 관능검사 방법이 유용하게 사용된다. 관능검사는 식품의 특성을 측정하고, 이들 특성이 소비자 기호도에 미치는 영향을 결정하여 소비자가 원하는 제품을 개발하는 과정에서 중요한 역할을 담당한다. 하지만, 관능검사에서는 패널 선정이 중요한데 이는 사람마다 가지고 있는 문턱값이 다르고 패널의 숙련도에 따라 느끼는 맛이 다르기 때문에 수많은 시료를 분석하는 경우 재현성이 있는 객관적 데이터를 얻기 어렵다는 단점이 있다(10). 따라서 객관적이고 정량화된 값을 얻기 위하여 전자혀 분석이 필요하다. 전자혀는 시료의 맛을 나타내는 성분과 센서간의 감응도를 측정하여 수치화하는 작업을 거치게 된다. 주류분야에서는 전자혀를 활용하여 수입산 맥주와 한국산 맥주들의 맛 특성을 분석하고 각각의 그룹으로 판별함으로써 mild taste, light taste, rich taste를 분류할 수 있는 가능성을 제시한 바

*Corresponding author: Bong Soo Noh, Department of Food Science and Technology, Seoul Women's University, Seoul 01797, Korea
Tel: 82-2-970-5636
Fax: 82-2-970-5977
E-mail: bsnoh@swu.ac.kr
Received February 1, 2016; revised March 16, 2016;
accepted March 17, 2016

있으며(12), 전자혀로 포트와인의 숙성기간을 예측하고(13), 오크 통 숙성시킨 레드와인의 숙성과정을 전자혀로 모니터링하여 오크통의 원산지 와 토스팅 레벨에 따라 와인의 맛이 달라지는 정도를 확인한 바 있다(14). 하지만 우리나라 시판 증류주의 경우 시판 소주 제품의 소비자 기호도에 대한 연구(15), 증류식 소주의 관능특성에 관한 연구(16)등 증류주의 관능특성에 관한 연구는 진행된 바 있으나 전자코와 전자혀를 적용하여 증류주의 향미특성을 객관화한 연구는 보고된 바 없다.

따라서 본 연구를 통하여 전자코와 전자혀가 증류주의 품질특성을 객관적으로 나타내어 관리할 수 있는지 여부를 확인하고 분석한 시판 증류주의 향미특성 결과를 추후 증류식 소주 개발 및 품질관리에 이용하고자 한다.

재료 및 방법

시료

시료로는 시판 증류주 13종을 선정하여 마트에서 구입하여 사용하였다. 선정된 시료는 Table 1과 같다.

전자코 분석

시료 0.7 g을 칭량하여 vial (La-Pha-Pack® GmbH, Langerwehe, Germany)에 넣은 후 PTFE/silicone cap (Pharma-Fix, Chemmea, Slovakia)으로 밀봉하여 자동채취기가 연결된 전자코(Smart Nose300, SMart Nose, Marin-Epagnier, Switzerland)로 분석을 실시하였다. 전자코 시스템은 시료를 300 rpm으로 교반하며 70°C를 유지했으며 이 때 발생된 휘발성분은 주입구로 주입되었다. 주입구의 온도는 130°C였으며 흘러 보낸 가스는 유속 230 mL의 질소(99.999%)였다. 대조구로는 분석 초기의 공기를 주입하여 사용했으며 각 시료는 3회 반복 측정하였다. 분석에 사용된 전자코는 질량분석기(Quadrupole Mass Spectrometer, Balzers Instruments, Marin-Epagnier, Switzerland)가 연결되어 있으며 휘발성분들을 70 eV에서 이온화시켜 180초 동안 생성된 이온 물질을 사중극자 질량 필터링을 거친 후 특정 질량 범위(11-199 amu)에 속하는 물질을 정수단위로 측정하여 channel수로 사용했다. 이 때 사용된 통계 프로그램은 SMart Nose®, statistical analysis software (Version 1.51, THOPAS Soft Creation, Marin-Epagnier, Switzerland)이다.

Table 1. Description and ingredients of 13 different commercial Korean distilled spirits

Code	Alcohol (%)	Ingredients	Distillation method
A	19.8	rice 100% (Korean)	vacuum
B	21	rice 100% (Korean)	vacuum
C	23	rice 100% (Korean)	vacuum
D	25	rice 100% (Korean)	vacuum
E	25	millet	vacuum
F	25	rice 100% (Korean), oak aging	vacuum
G	25	rice 100% (Korean), oak aging	vacuum
H	35	rice 100% (Korean)	vacuum
I	35	rice 51.12%, barley	vacuum
J	40	rice 100% (Korean)	vacuum
K	41	rice 100% (Korean)	vacuum
L	40	foxtail millet 53% (Jeju), rice 4.7% (Korea)	atmospheric
M	45	non-glutinous rice (Korean)	atmospheric

판별함수분석

전자코 분석에 사용된 통계방법은 discriminant function analysis (DFA)이다. 전자코의 각각의 channel에서 얻어진 감응도 값은 matrix형태로 기록되었으며 휘발성 냄새성분으로부터 생성되는 10-200 amu의 ion fragment 중, 시료간의 차별성이 높은 20-30개의 fragment (m/z)를 독립변수로 선택하여 판별함수분석을 실시하였고 종속변수에 영향을 주는 독립변수를 검정하였다.

$$DFA=B_0+B_1X_1+B_2X_2+B_3X_3 \dots\dots\dots +B_nX_n$$

DFA는 판별함수 값, B₀는 constant값(상수 값), B₁는 coefficients (계수)를, x는 각각의 amu값에서의 감응도를 나타낸다. 독립변수 중 종속변수를 예측할 수 있는 판별함수 값은 DF1, DF2, DF3, DF_n으로 나타났다. 여러 독립변수들 중에서 종속변수에 영향력을 주는 순서를 기준으로 DF1 (discriminant function first score)과 DF2 (discriminant function second score)를 비교하여 각 시료간의 휘발성분의 차이를 전체적인 패턴으로 나타내었다. x축에 DF1을 y축에는 DF2에 의한 2차원 그래프로 표현하여 시료간의 차이를 구별하였다.

전자혀 분석

시판 증류주의 맛 분석에는 전자혀(Astree2, Alpha MOS, Toulouse, France)를 이용하였으며, 여과(Whatman No. 6, Whatman International Ltd, Kent, UK)후 5배 희석한 시료 25 mL을 유리용기에 담아 자동시료측정기를 이용해 분석을 실시하였다. 전자혀는 7가지 센서를 가진 모듈(Sensor array # 5, Alpha MOS, Toulouse, France)을 사용하였으며 7가지 센서 중 SPS (803-0155), GPS (803-0140)센서는 standard로서 보정용으로 사용하였으며 SRS (신맛, 짠맛, 쓴맛; 803-0135), STS (짠맛, 매운맛, 금속맛; 803-0145), UMS (감칠맛, 짠맛, 짙은맛; 803-0150), SWS (단맛, 신맛; 803-0160), BRS (쓴맛, 짙은맛; 803-0165, Alpha MOS, Toulouse, France)센서를 사용하였다. 7가지 센서는 각각의 화학성분을 측정하는 것이 아닌 전체적인 맛을 센싱하여 각각의 센서 감응도를 0-12의 범위를 갖는 맛 스코어로 변환하였다. 센서마다 모든 데이터의 평균값(m)과 표준편차(σ)를 산출하고 각 시료 별 반복데이터 센서값의 평균값(X)을 토대로 X'=(X-m)/σ 을 산출하였다. 이 값으로 맛의 상대적인 스코어를 나타내어 사용하였다. 시료의 측정은 5회 반복하여 실시하였고 단일 시료의 분석 후에는 센서 행균 과정을 거쳤다. 통계 처리에는 Alpha MOS에서 제공된 소프트웨어(Alpha soft 14.1 version, Alpha MOS, Toulouse, France)를 사용하였다.

결과 및 고찰

전자코 분석

증류주 13종의 전자코 분석결과를 Fig. 1에 나타내었다. 수십 개의 ion fragment (m/z) 중에서 40 이하에서 나타난 ion fragment (m/z)는 대부분이 공기 중에 포함된 성분에 해당되어 이를 제외하고 40-100 범위에서 나타난 감응도 값을 대상으로 판별 함수 분석을 실시하였다. 시료 간의 차이를 구분 짓는 판정의 성공률을 r²값으로 나타내고 판정의 영향력을 F값으로 나타내었다. 그 결과 DF1과 DF2의 r²값은 각각 0.9996, 0.9983으로 높은 결정계수를 나타내었고 DF1의 F값이 5330.60이며 DF2의 F값은 1235.40으로 약 4배의 차이를 보여, 주로 DF1에 의하여 구분되어짐을 확인하였다. DF1값을 기준으로 냄새를 갖지 않는 공기를 대조구로 보았을 때 공기가 양의 방향에 위치하였고, 증류주의 시료가

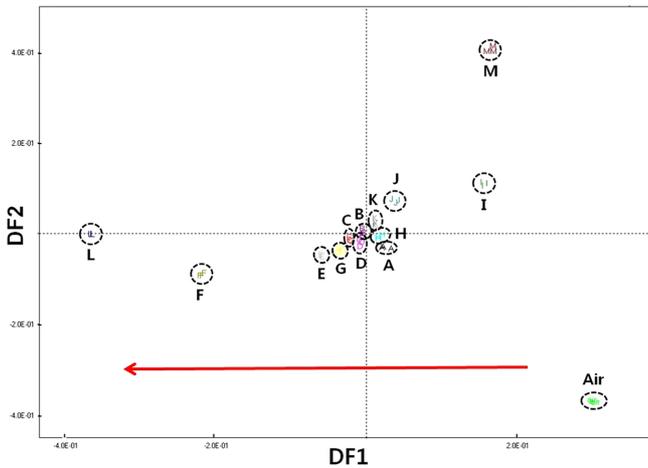


Fig. 1. Discriminant function analysis of the obtained data by mass spectrometry based on electronic nose of commercial Korean distilled spirits. DF1: $r^2=0.9996$, $F=5330.60$ /DF2: $r^2=0.9983$, $F=1235.40$

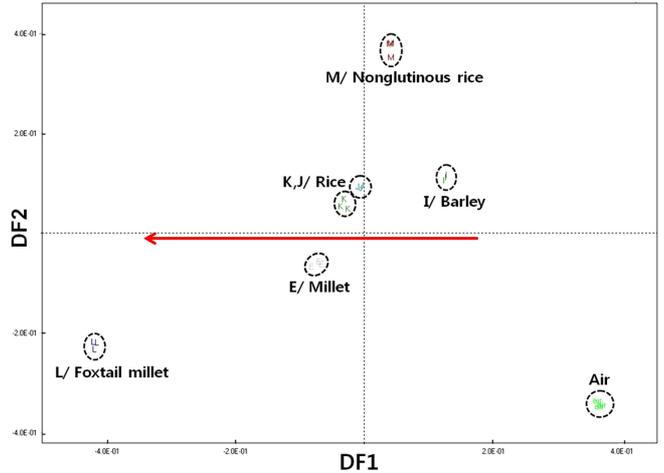


Fig. 2. Discriminant function analysis of the obtained data by mass spectrometry based on electronic nose for various ingredient types of commercial Korean distilled spirits. DF1: $r^2=0.9997$, $F=8446.40$ /DF2: $r^2=0.9990$, $F=2224.70$

음의 방향에 위치하는 것을 볼 수 있다. 따라서 DF1의 음의 방향(화살표 방향)으로 이동할수록 혹은 공기로부터 멀리 위치할수록 휘발성분이 증가한다고 볼 수 있다. 공기로부터 가장 멀리 떨어진 L이 향기 성분이 가장 많으며 다른 증류주들이 중앙에 뭉친 것에 비해 따로 구분된 것으로 보아 독특한 향기성분을 갖는 것으로 추측된다. 이는 L의 원재료가 좁쌀 53%, 쌀 4.7%로 원재료의 차이에서 오는 것으로 생각된다. 시료 L 다음으로 F가 공기로부터 멀리 떨어져 위치하였는데 이는 F가 오크통 10년 숙성 원액을 100% 사용한 제품으로 오크통 숙성에서 오는 향기성분 때문인 것으로 추측된다. 이는 오크통의 타닌성분이 술과 상호작용하는 것과 오크통의 토스팅 과정에서 발생하는 바닐린과 같은 특정 향미성분이 술로 이동되면서 증류주의 향기성분에 영향을 준 것으로 생각된다(14). 그래프 중앙에 뭉쳐서 위치하는 증류주들 중 G도 오크통 숙성제품이지만 이는 숙성원액의 20%를 블렌딩한 제품으로 100%원액을 사용한 F보다는 향기성분이 적은 것을 볼 수 있다. 또한 공기로부터 가장 가까이에 M과 I가 위치하여 다른 증류주와 구분되었는데 이는 M의 원재료가 멥쌀, I의 원재료가 쌀 51.12%, 보리를 함유하기 때문에 원재료의 차이에서 오는 것으로 보여진다.

따라서 원재료에 따른 향기패턴을 분석하기 위하여 원재료가 각기 다른 증류주를 선정하여 분석하였다. 원재료에 따른 시판 증류주를 전자코로 분석한 결과를 Fig. 2에 나타내었다. DF1의 F값이 8446.40이며 DF2의 F값은 2224.70으로 약 4배의 차이를 보임으로 DF2 보다는 DF1에 의하여 구분되어짐을 확인하였다. DF1 값에 따라 비교해 보았을 때 증류주의 원재료에 따라 뚜렷하게 구분되었으며 화살표의 방향으로 공기로부터 가장 멀리 떨어진 좁쌀로 만든 L이 향기성분이 가장 많았다. 다음으로 멥쌀, 쌀, 조가 포함된 수수쌀로 만든 증류주들이 위치하였으며 공기와 가장 가깝게는 보리가 포함된 쌀로 만든 I가 위치하였다. 따라서 원재료가 좁쌀인 증류주가 향기 성분이 가장 많으며 멥쌀, 쌀, 수수쌀로 만든 증류주가 그래프 중앙에 차이를 보이며 위치하였고 쌀의 함량이 적고 보리가 함유된 증류주가 향기성분이 가장 적음을 확인하였다.

이는 잡곡 별 발효주의 발효특성에 관한 연구(17)에서 쌀 증류주가 관능평가에서 수수, 보리 증류주보다 향과 맛에서 높은 관

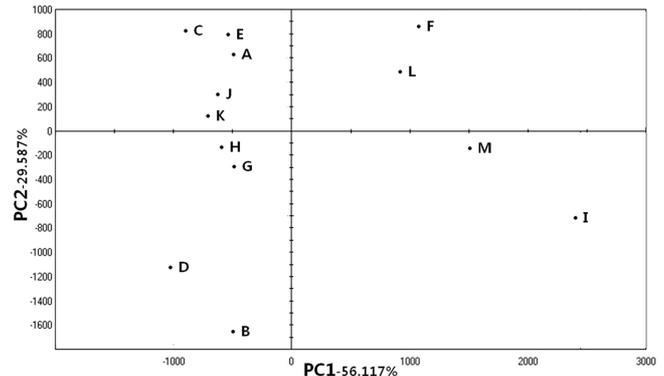


Fig. 3. Principal component analysis of changes in organoleptic characteristics of commercial Korean distilled spirits by electronic tongue.

능점수를 얻었다는 결과와 일치한다. 쌀 증류주가 다른 잡곡 증류주에 비해 알코올 함량이 높기 때문에 증류 시 비점이 낮아져 푸르푸랄과 같은 자극적인 향이 적게 증류되면서 다양한 향기성분과 퓨젤알코올이 얻어 질 수 있다(18). 또한 첨가원료 증류에 따른 발효주의 관능적 특성에 관한 연구(19)에 따르면 맥아의 경우 향과 맛에서 가장 낮은 점수를 얻었고 멥쌀은 전반적인 관능 특성에서 단 향, 과일 향, 상쾌한 향이 높은 특성을 나타내었다. 따라서 원재료의 차이에 따른 특성이 증류식 소주의 향기성분 패턴에 큰 영향을 미치는 것으로 생각된다.

전자혀 분석

시판 증류주의 전자혀 분석결과를 주성분 분석하여 그 결과를 Fig. 3에 나타내었다. 제1주성분이 56.117%로 시판 증류주의 맛 패턴이 PC1의 방향으로 구분되었다. 제1주성분의 양의 방향에 원재료가 쌀이 아닌 L, M, I가 위치했으며 오크통 숙성원액 100%인 F가 위치하였다. 제1주성분의 음의 방향에는 원재료가 쌀인 증류주가 모두 위치하였으며 오크통 숙성원액의 20%를 블렌딩한 G와 수수가 원재료인 E가 위치하였다. 따라서 맛 패턴의 경우 원재료에 의한 영향도 있지만 숙성용기 또한 맛 패턴에 크게 영향을 주는 것으로 생각된다. 전자혀로 분석한 시판 증류주의

Table 2. Values of commercial Korean distilled spirits by seven sensors of the electronic tongue

Sample code	Sensors ^{a)}						
	SRS	GPS	STS	UMS	SPS	SWS	BRS
A	1305.30	1929.34	-344.72	2070.83	-52.26	1867.33	1840.41
B	1091.68	1561.72	15.36	1594.35	-22.50	1672.35	1877.28
C	1318.70	1741.26	-448.57	2093.16	-26.53	1826.33	1738.91
D	1310.70	1722.20	-714.81	1797.56	-202.25	1748.54	1722.64
E	1179.71	1557.29	-323.90	1775.65	124.93	1720.65	1809.26
F	1074.75	1522.62	-329.14	1895.80	1506.79	1731.17	1768.68
G	1265.89	1600.12	-489.37	2034.33	125.00	1770.55	1783.48
H	1211.94	1499.55	-522.69	1954.40	208.64	1700.18	1775.30
I	1329.36	2141.48	-369.84	2126.37	1743.44	2006.13	1879.76
J	1282.58	1575.94	-481.13	1947.64	14.09	1717.99	1799.38
K	1307.3	1617.07	-638.12	1916.25	-3.39	1731.22	1867.94
L	1012.86	1392.74	-447.04	1831.09	1464.39	1593.73	1765.92
M	1067.28	1314.31	-467.73	1732.01	1533.49	1541.41	1729.47

^{a)}SRS; sensor for sourness, astringency and bitterness, GPS; sensor for standard, STS; sensor for saltiness, spiciness and metallic, UMS; sensor for umami, saltiness and astringency, SPS; sensor for standard, SWS; sensor for sweetness and sourness, BRS; sensor for bitterness and astringency.

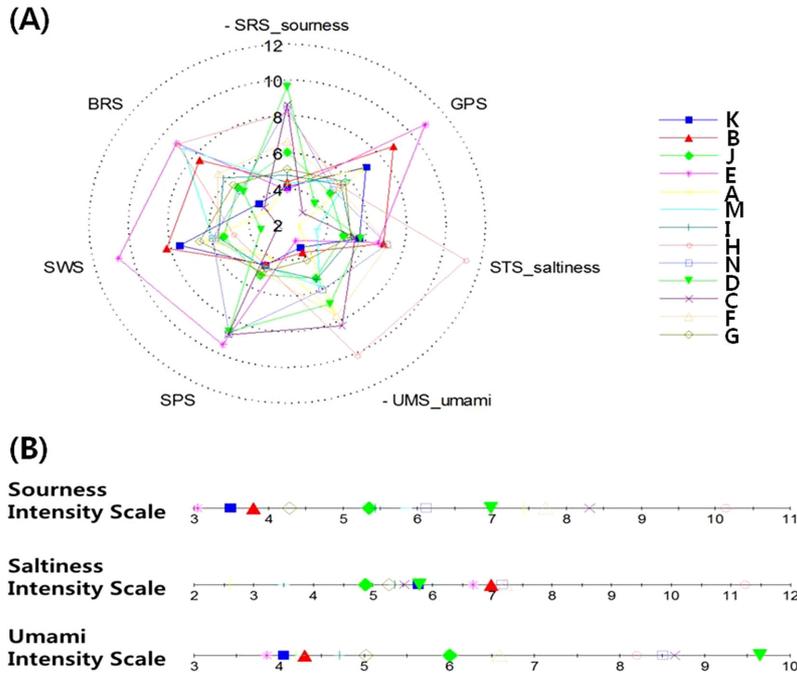


Fig. 4. Changes in organoleptic characteristics of commercial Korean distilled spirits by electronic tongue (A), Changes of intensity scale in organoleptic characteristics of commercial Korean distilled spirits by electronic tongue (B).

센서 응답값을 Table 2에 나타내었으며 이를 맛 스코어로 변환하여 레이더로 나타낸 결과를 Fig. 4(A)에 나타내었다. 단맛은 E, B, K순으로 나타났으며 쓴맛은 E, H, M순으로 나타났다. 특히 시료간에 차이를 많이 보인 신맛, 짠맛, 감칠맛의 강도를 살펴본 결과(Fig. 4(B)), 신맛은 H가 유의적으로 가장 강도가 높았으며 H를 제외한 증류주의 신맛은 다양하게 분포되어있음을 확인하였다. 감칠맛의 경우 D, C, M, H가 유의적으로 강도가 가장 높았고 짠맛의 경우 H가 유의적으로 가장 강도가 높았고, A와 L이 유의적으로 가장 낮은 강도를 나타냈으며 이외의 증류주들은 유의적인 차이 없이 가운데에 위치하였다. 시판 증류식 소주의 관능특성을 분석한 연구(16)의 결과와 비교해 볼 때 묘사분석으로

는 단맛과 신맛의 차이를 구분하지 못한 것에 비해 전자혀를 사용하면 단맛과 신맛의 강도 구분이 가능하였다.

센서의 감도에 따른 증류주의 맛 패턴이 원재료에 의해 뚜렷하게 구분되지 않은 것으로 보아 증류주의 맛은 원재료도 영향을 미치지만 이를 제외한 증류조건, 숙성방법, 숙성기간 등에 의해 더 큰 영향을 받을 것으로 생각된다. 증류조건에 따른 증류주의 성분변화에 대한 연구(20)에 따르면 상압증류보다 강압증류에서 누룩맛은 감소하고 시원한 맛, 짭은 맛, 아린 맛이 증가했으며 단맛과 쓴맛은 거의 강도의 차이를 나타내지 않는다고 보고하였다. 또한 동일한 원재료를 사용하여 제조한 증류주를 숙성용기와 숙성기간을 다르게 하여 증류주의 특성을 분석한 연구(21)

를 보면 향기 성분의 경우, 스테인리스강 숙성보다 항아리 숙성에서 증류 직후보다 6개월에서 다양한 향기성분이 측정되어 숙성방법과 숙성기간에 따른 차이를 확인한 바 있다.

본 실험에서는 원재료에 의해 증류주의 향기성분이 크게 영향을 받는 것을 확인할 수 있었고 향후 증류조건, 숙성방법, 숙성기간 등의 차이에 대한 향기 패턴과 맛 패턴에 관련된 연구가 필요할 것으로 생각된다.

요 약

시판 증류주 13종을 선정하여 전자코, 전자혀를 이용한 향기패턴과 맛패턴을 분석하였다. 전자코 분석 결과, 원재료에 따라 증류주의 향기성분이 구분됨을 확인하였다. 원재료가 좁쌀인 증류주가 향기 성분이 가장 많으며 쌀의 함량이 적고 보리가 함유된 증류주가 향기성분이 가장 적었다. 또한 오크통에서 숙성시킨 원액을 100% 사용한 경우 향기성분이 뚜렷하게 구분됨을 보였다. 따라서 숙성재에 의해 증류주의 향기성분이 구분될 것으로 예측된다. 시판 증류주를 전자혀로 분석한 결과, 증류주는 단맛과 쓴맛 보다는 신맛, 감칠맛, 짠맛으로 시료간의 차이가 구분되었다. 본 연구를 통하여 전자코와 전자혀가 증류주 모니터링에 활용이 가능한지 여부를 확인하고 분석한 시판 증류주의 향미특성 결과를 추후 증류주 개발 및 품질관리에 이용하고자 한다.

감사의 글

본 연구는 농림축산식품부 고부가식품개발사업(312011-05-4-WT012)의 지원으로 수행한 연구결과와 일부로서 이에 감사드립니다. 전자혀 분석을 도와주신 센텀테크 이종걸 대표님과 남슬기 주임님께 감사드립니다.

References

- In HY, Lee TS, Lee DS, Noh BS. Quality characteristics of soju mashes brewed by Korean traditional method. *Korean J. Food Sci. Technol.* 27: 134-140 (1995)
- Guy C, Piggott JR, Marie S. Consumer profiling of scotch whisky. *Food Qual. Prefer.* 1: 69-73 (1989)
- Caldeira I, Belchior AP, Climaco MC, Sousa RB. Aroma profile of portuguese brandies aged in chestnut and oak woods. *Anal. Chim. Acta.* 458: 55-62 (2002)
- Caldeira I, Mateus Am, Belchior AP. Flavour and odour profile modifications during the first five years of lourinha brandy maturation on different wooden barrels. *Anal. Chim. Acta.* 563: 264-273 (2006)
- McDonnell E, Hulin-beraud S, Sheehan EM, Delahunty CM. Development and learning process of a sensory vocabulary the odor of selected distilled beverages using descriptive analysis. *J. Sens. Stud.* 16: 425-445 (2001)
- Hodgins D, Simmonds D. Sensory technology for flavor analysis. *Cereal Food World.* 40: 186-191 (1995)
- Wilkens WF, Lin FM. Gas chromatographic and mass spectral analyses of soybean milk volatiles. *J. Agr. Food Chem.* 18: 333-336 (1970)
- Vincent D. Electronic nose: Principal and application. *Nature* 402: 351-352 (1999)
- Hong EJ, Kim KH, Park IS, Park SY, Kim SG, Yang HD, Noh BS. Analysis of flavor pattern from different categories of cheeses using electronic nose. *Korean J. Food Sci. An.* 32: 669-677 (2012)
- Kim KH, Park SJ, Kim JE, Dong HM, Park IS, Lee JH, Hyun SY, Noh BS. Assessment of physicochemical characteristics among different types of pale ale beer. *Korean J. Food Sci. Technol.* 45: 142-147 (2013)
- Choi SI, Kang SA, Cheong C. Yeast selection for quality optimization of distilled spirits. *J. Korea Acad. Ind. Coop. Soc.* 14: 3887-3896 (2013)
- Lvova L, Kim SS, Legin A, Vlasov Y, Yang JS, Cha GS, Nam HH. All-solid-state electronic tongue and its application for beverage analysis. *Anal. Chim. Acta.* 468: 303-314 (2002)
- Rudnitskaya A, Delgadillo I, Legin A, Rocha SM, Costa AM, Simoes T. Prediction of the port wine age using an electronic tongue. *Chemometr. Intell. Lab.* 88: 125-131 (2007)
- Parra V, Arrieta AA, Fernandez-Escudero JA, Iniguez M, Saja JA, Rodriguez-Mendez ML. Monitoring of the ageing of red wines in oak barrels by means of a hybrid electronic tongue. *Anal. Chim. Acta.* 563: 229-237 (2006)
- Jee JH, Lee HS, Lee JW, Suh DS, Kim HS, Kim KO. Sensory characteristics and consumer liking of commercial soju marketed in Korea. *Korean J. Food Sci. Technol.* 40: 160-165 (2008)
- Lee SJ, Park CS, Kim HK. Sensory profiling of commercial Korean distilled soju. *Korean J. Food Sci. Technol.* 44: 648-652 (2012)
- Lee DH, Jung JW, Lee YS, Seo JS, Park IT. Fermentation characteristics for preparation of distilled liquor made of mixed grains. *Korean J. Food Sci. Technol.* 46: 446-455 (2014)
- Bae SM. Jeungryesik Soju Jeogisool. Woogok Publisher Co., Seoul, Korea. pp. 166-306 (2001)
- Kim HR, Jo SJ, Lee SJ, Ahn BH. Physicochemical and sensory characterization of a Korean traditional rice wine prepared from different ingredients. *Korean J. Food Sci. Technol.* 40: 551-557 (2008)
- Min YK, Yun HS, Jeong HS, Jang YS. Changes in compositions of liquor fractions distilled from samil-ju with various distillation conditions. *Korean J. Food Sci. Technol.* 24: 440-446 (1992)
- Lee DH, Park IT, Lee YS, Seo JS, Jung JW, Kim TW, Kim JH, Ahn BH. Quality characteristics of fermented wine using nuruk by aging container and period of distilled liquor. *Korean J. Soc. Food Sci. Nutr.* 43: 1579-1587 (2014)