

포도주의 전자코(Electronic Nose)를 이용한 향기 패턴 분석

김지영¹ · 장지선¹ · 이주운² · 이기택^{1*}

¹충남대학교 식품공학과, ²한국원자력연구원 방사선과학연구소 방사선식품생명공학팀

Flavor Pattern Analysis of Imported Wines Using Electronic Nose System

Ji-Young Kim¹, Ji-Sun Jang¹, Ju-Woon Lee² and Ki-Teak Lee^{1*}

¹Dept. of Food Science and Technology, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

²Team for Radiation Food Science & Biotechnology, Advanced Radiation Technology Institute, Korea Atomic Research Institute, Jeongup 580-185, Korea

Abstract

Flavor is one of the most important factors for determining wine characteristics and quality. Flavor pattern of wines(brewed from America, France, Italy, Chile, and Australia) was analyzed by the electronic nose that is equipped with 12 metal oxide sensors. In the results, the flavor pattern of wines was discriminated according to their origins by the principal component analysis(PCA). Each proportion of the first principal component score in the PCA plot was 94.79%(America), 73.62%(France), 99.06%(Italy), 96.74%(Chile), and 96.53%(Australia), respectively. Consequently, the imported wines could be practically differentiated into one from the other origins by volatile properties, suggesting that electronic nose could be successfully used for easy screening and quality evaluation of wines.

Key words : Wine, flavor, electronic nose.

서 론

최근의 국제 포도주 시장은 전통적인 생산지였던 프랑스, 이탈리아, 스페인 등의 포도주 시장 점유율이 떨어지면서 칠레와 아르헨티나를 비롯하여 미국, 호주, 뉴질랜드, 남아프리카공화국 등이 포도주 생산지로서 새롭게 부각되고 있다. 유럽, 미국, 호주 등지에서는 포도 재배에서부터 포도주의 전 생산 과정뿐만 아니라 포도주의 향기 성분에 관한 연구가 광범위하고 깊이 있게 연구되어 왔으나(Bisson *et al* 2002, Boulton *et al* 1996, Ebeler SE 2001, Etievant PX 1991, Lozano *et al* 2005), 우리나라의 경우 1970년대부터 본격적으로 포도주 생산이 개발되면서 국내산 포도주 시장이 형성되기 시작하였기 때문에 근래에 들어서 본격적인 연구가 진행되고 있다. 국내외의 경우, Kim 등은 가당 및 효모 첨가가 캠벨을 이용하여 제조한 포도주 발효에 미치는 영향을 연구하였고(Kim *et al* 1999), Lee 등은 역삼투압 시스템으로 추출한 포도주의 향기 성분 변화를 분석하였다(Lee *et al* 1999). 그리고 Park 등은 우리나라 포도의 주 품종인 캠벨 포도 품종이 적포도주의 제조에 적합한지 여부를 확인하기 위하여 국내 포도 산지

별 그리고 수확시기에 따른 포도 성분의 변화를 분석하였다(Park *et al* 2002). 그 결과, 포도 품종, 발효균주 개발, 포도주 제조 방법 등을 연구한 자료는 점점 증가하고 있으나, 포도주의 관능적 특성을 전자코를 이용하여 심도 있게 연구한 자료는 아직 미비한 실정이다(Lee *et al* 2003).

우리나라는 포도 생산량의 93% 정도를 생과로 소비하고 나머지 7%만이 가공품으로 처리되고 있어(The annual report of food industry 2002) 포도 가공 비율이 매우 낮지만, 최근 포도주 소비 붐을 배경으로 국내산 포도주 개발에 대한 관심이 증대되고 있으며, 일부 업체에서 시판 중에 있다(Lee *et al* 2004). 국민 소득의 증가와 함께 생활수준이 향상되고, 건강에 대한 관심이 높아져 2000년부터는 20, 30대의 젊은 소비층이 알코올 도수가 낮은 포도주에 관심을 가지게 되어 포도주의 판매가 급증함에 따라(Bang & Jun 2005) 국내 포도주 시장의 성장 가능성은 높다고 할 수 있다. 하지만 최근 외국산 포도주의 수입 증가와 국내 포도주 산업의 부진으로 국내산 포도주의 시장 점유율은 점점 줄어들고 있어(KMAF 2001), 이러한 어려움을 극복하기 위해서 국내산 포도주의 품질 향상과 경쟁력 확보를 위한 연구와 개발이 활발히 진행되고 있다(Park *et al* 1969, Gong SJ 1973, Park YH 1975, Byun SS 1980, Yoo *et al* 1984, Koh & Chang 1998, Kim JS 1999).

* Corresponding author : Ki-Teak Lee, Tel : +82-42-821-6729, Fax : +82-42-822-6729, E-mail : ktleec@cnu.ac.kr

현재 향기나 맛을 측정하는 방법으로 관능검사와 GC/MS 분석법 등이 사용되고 있다. 관능검사의 경우, 사람의 코는 쉽게 피로를 느끼기 때문에 정확하고 많은 데이터를 얻기 힘들고, GC/MS 등에 의한 기기 분석법은 정밀하면서 객관적이기는 하지만, 결과가 그 식품의 가장 중요한 성분이 아닐 수 있다. 이러한 어려움을 해결하고자 전자코 시스템이 활용되었다(Alpha MOS 1998). 전자코 시스템이 사람의 후각 기능을 완벽하게 재현하기는 어렵지만, 주의 깊은 센서의 선택에 의해 사람과 유사하게 향에 반응할 수 있고, 오히려 사람이 감지할 수 없는 화학 물질에도 반응하는 장점을 가지고 있다(Neotronics scientific Ltd 1996).

일반적으로 사람들은 향기를 맡게 되면 후각 수용체에서 이 향기를 감지하여 신경 신호로 바꾸게 되고, 이것은 뇌의 후각 영역에 전달되어 각 향기의 독자적인 특성을 식별하게 된다. 전자코의 측정 원리 또한, 사람이 향기를 인식하는 원리와 비슷하다. 특정 향기 또는 냄새 성분을 Sensor Array System을 이용하여 화학적 신호를 전기적 신호로 나타낸 뒤, 뇌의 후각 정보 처리 방식을 모방한 패턴 인식 소프트웨어를 이용하여 분석할 수 있는 시스템이다. 또한 전자코는 최근 관심을 받고 있는 향기 분석 방법으로 신속하고 편리하게 향의 분석이 이루어질 수 있으며, metal oxide sensor(MOS) 유형의 전자코는 특정향기 또는 냄새 성분이 각각의 센서에서 전기 화학적 반응을 일으켜 전기적인 신호로 변환되는 원리로서 사람의 후각 인지 체계를 모방한 판별 분석(discriminated analysis), 주성분 분석(principal component analysis) 등의 패턴 인식 소프트웨어를 사용하여 향기를 감별하고 시료간의 분별을 가능하게 한다(Schaller *et al* 1998). GC/MS가 향기 성분을 하나씩 분리 동정하는데 반하여 전자코는 신속하고 편리한 비파괴적 방법으로 시료 전체의 향을 감지하는 특성을 가지고 있어 농산물의 산지판별(Noh & Ko 1997), 혼합 참기름의 판별 연구(Shin & Lee 2003), 홍삼 분말의 저장 중 향기 패턴(Shin *et al* 2003), 배추김치의 숙성도 예측(Shin *et al* 2005) 등 식품의 품질 평가 및 분석에 널리 사용될 수 있을 것으로 기대하고 있다. 본 연구에서는 시중에서 유통, 판매되고 있는 포도주 중 5개국(미국, 프랑스, 이탈리아, 칠레, 호주)의 포도주를 브랜드별로 선택하여 전자코를 이용하여 향기 패턴을 분석하였다.

재료 및 방법

1. 재료

본 연구에서 사용된 포도주는 시중(할인점 C사, 대전, 유성)에 유통되고 있는 것으로 2005년 10월부터 11월에 걸쳐 국가별로 총 32종[미국산 8종(1군), 프랑스산 9종(2군), 칠레

산 5종(3군), 이탈리아산 5종(4군), 호주산 5종(5군)]의 포도주를 수집한 뒤, 냉장 보관하여 분석에 사용하였다.

2. Metal Oxide Sensor로 구성된 전자코에 의한 향기 패턴 분석

본 연구의 향기 패턴 분석에 이용된 전자코는 α -FOX 3000 Electronic Nose System(Alpha MOS Toubuse France)으로 센서들은 12개의 metal oxide sensor(MOS)들로 구성되어 있다. 특히 이번 실험에서 사용된 전자코는 multi-sensor array 기술을 이용하여 특정 향기 성분이 각각의 센서에서 전기 화학적 반응을 일으켜 전기적인 신호로 변환되는 원리를 이용하는 것이다. 12개의 센서들로부터 얻어진 감응값은 사람의 후각 인지 체계를 모방한 판별 분석, 주성분 분석 등의 분석을 통해 패턴이 지어져 향기를 구분하게 된다. 분석 조건은 air conditioning unit를 활용하여 dry air/humid air의 비율이 20%가 되도록 온도는 36°C, 압력 5 psi, air 흐름은 150 mL/min으로 설정하였다. 포도주는 각각 20 mL vial에 3 mL를 취하여 incubation을 실시하였다. Incubation시간은 5분, incubation 온도는 35°C, 진탕은 500 rpm으로 하여 headspace로부터 포집하였다. 이와 같은 과정으로 얻어진 향기 성분 2.5 mL의 volume을 주사기에 취하여 0.5 mL/sec의 속도로 injection port에 주입하였다. 분석 간격은 5분으로 설정하여 센서가 충분히 안정된 후, 다음 분석을 실행하였다.

3. 통계 처리

Principal component analysis(PCA)는 일반적으로 데이터를 처리할 때 가장 먼저 사용되는 방법으로, 각각의 성분들이 얼마나 분리가 되었는지 Discrimination Index를 사용하여 나타낸다. 전자코를 이용한 포도주의 향기 패턴 분석 결과, 얻은 각 센서의 감응도($\Delta R_{gas}/R_{air}$) 즉, 공기 저항값(R_{air})에 대한 시료 휘발성 성분의 저항값(R_{gas})의 변화율로 주성분 분석(principal component analysis; PCA)을 실행하여 제1주성분 값 및 제2주성분 값을 구하였고, 각 12개의 센서 감응값들은 2000 Statistical Analysis System S/W Package(SAS Institute Inc. NC USA)를 이용하여 95% 신뢰 구간에서 multivariate analysis of variance(MANOVA) 통계치리로 각 12개의 센서별 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

1. 전자코에 의한 포도주의 향기 패턴 분석

일반적으로 전자코의 센서 유형에는 metal oxide sensor(MOS), conducting polymer sensor(CP) 및 quartz crystal micro-balance(QCM) 등이 이용되고 있다. 이번 실험에서 사용된 센

서는 MOS type으로 세라믹 지지체와 이를 통과하는 열선, 그리고 지지체를 덮고 있는 반전도성 필름(SnO₂)으로 구성되어 있다. MOS는 사람의 코와 가장 비슷하며 높은 감도와 안정성, 선택성을 나타내어 가장 널리 사용된다. 이 센서의 원리는 기기가 작동되면 센서에 산소가 접촉하여 전자를 빼앗아 전기 전도도가 상승하는데, 이때 향기 성분을 포함한 가스에 환원성 물질 등이 존재하면 전기 전도도의 상승이 감소한다. 이 센서의 감응도를 측정하여 식품 전체의 향을 감지하는 것이다. 분석 시 각 센서의 유형에 따라 정확성, 재현성, 감도, 안정성에 대한 만족도가 다르므로 사용 용도에 따라 사용자의 요구에 맞게 활용되어야 할 것이다. 본 실험에서는 신속하고 편리하면서 비파괴적 분석 방법인 MOS가 장착된 전자코를 활용하여 각 국가별 포도주의 향기 패턴을 구별할 수 있었다.

이번 실험에 활용된 12개의 MOS가 장착된 전자코는 각 센서마다 적용할 수 있는 휘발 성분들이 다르다. 12개의 센서들 중 PA2, T30/1, SY/gCT1 센서들은 주로 organic solvent를 감지하고, P10/1, P10/2, SY/AA, SY/gCT 센서는 주로 non-polar volatiles를 감지한다. SY/G 센서는 주로 ammonia와 sulfur 화합물을, SY/Gh 센서는 주로 alcohol과 aromatic 화합물을 감지한다. T70/2 센서는 식품 향기와 휘발성 성분들을 감지하며, P40/1, SY/LG 센서들은 주로 fluoride와 chloride 화합

물을 감지한다(Intelligent Electronic Nose 1998). 이들 센서의 감응도를 이용하여 포도주의 향기 패턴에 대한 기여율(proportion)을 구하였다.

전자코의 각 센서가 보인 감응도를 MANOVA(Multivariate analysis of variance) 통계 처리한 결과($p < 0.05$)를 Table 1~5에 나타내었다. 실험에 수집된 8종의 미국산 포도주 중 2종(1-6, 1-7)은 SY/LG, SY/G를 비롯한 12개 모든 센서에서 유의적으로 차이가 없는 감응도를 보였으나, 이를 제외한 나머지 시료에서는 12개 센서 대부분에서 서로 다른 감응도를 나타내었다(Table 1). 이는 같은 미국산 포도주라 하더라도 브랜드에 따라 향기 패턴의 차이가 있음을 의미한다. 포도주의 품질은 포도의 품종, 재배기술, 기후, 토양 등에 의해 영향을 받게 되는데, 재배 조건에 따라 같은 산지의 포도주라 하더라도 향기의 차이가 나타나게 되는 것이다. 프랑스산 포도주의 분석 결과, 12개의 센서별로 각기 다른 감응도를 나타냄으로써(Table 2), 수집된 포도주 9종의 센서 감응도가 유의적인 차이를 보임을 확인할 수 있었다. 칠레산 포도주에서는 센서별로 서로 다른 감응도를 나타내었는데(Table 3), 그 중 특히 3-1과 3-3 사이의 센서 감응도가 확연한 차이를 보임을 알 수 있었다. Table 4에서 확인할 수 있는 이탈리아산 포도주 5종도 다른 나라의 포도주와 마찬가지로 12개의 센서별로 서로 다른 감응도를 나타내었다. 반면, 호주산 포도주 5종

Table 1. Aroma intensities ($\Delta R/R_0$)¹⁾ of sensors from American wine using electronic nose

Sensors	Response of each sensor on U.S.A wine							
	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	1-7	1-8
SY/LG	0.090±0.001 ^{c2)}	0.102±0.002 ^a	0.088±0.001 ^d	0.104±0.002 ^a	0.102±0.001 ^a	0.104±0.002 ^a	0.104±0.002 ^a	0.099±0.001 ^b
SY/G	-0.642±0.007 ^a	-0.751±0.009 ^b	-0.641±0.007 ^a	-0.797±0.018 ^c	-0.801±0.004 ^c	-0.831±0.015 ^d	-0.845±0.016 ^d	-0.646±0.028 ^a
SY/AA	-0.016±0.001 ^a	-0.019±0.001 ^b	-0.015±0.001 ^a	-0.018±0.001 ^b	-0.018±0.002 ^b	-0.019±0.001 ^b	-0.019±0.001 ^b	-0.020±0.001 ^b
SY/Gh	-0.280±0.003 ^a	-0.348±0.008 ^c	-0.273±0.003 ^a	-0.373±0.009 ^d	-0.370±0.003 ^d	-0.389±0.012 ^e	-0.395±0.010 ^e	-0.307±0.007 ^b
SY/gCT1	-0.142±0.001 ^b	-0.173±0.005 ^d	-0.132±0.002 ^a	-0.181±0.006 ^e	-0.174±0.002 ^d	-0.182±0.007 ^e	-0.185±0.004 ^e	-0.159±0.002 ^c
SY/gCT	-0.258±0.002 ^b	-0.298±0.007 ^{de}	-0.233±0.002 ^a	-0.300±0.004 ^e	-0.285±0.003 ^c	-0.290±0.009 ^{cd}	-0.289±0.006 ^{cd}	-0.280±0.003 ^c
T30/1	0.947±0.001 ^c	0.954±0.001 ^{ab}	0.945±0.002 ^d	0.955±0.001 ^a	0.954±0.000 ^{ab}	0.955±0.001 ^{ab}	0.955±0.001 ^a	0.954±0.001 ^b
P10/1	0.862±0.002 ^b	0.886±0.002 ^a	0.854±0.002 ^c	0.888±0.003 ^a	0.884±0.002 ^a	0.885±0.004 ^a	0.885±0.003 ^a	0.883±0.003 ^a
P10/2	0.626±0.003 ^b	0.659±0.003 ^a	0.678±0.004 ^c	0.662±0.003 ^a	0.654±0.003 ^a	0.654±0.006 ^a	0.654±0.004 ^a	0.655±0.003 ^a
P40/1	0.832±0.002 ^b	0.859±0.002 ^a	0.824±0.002 ^c	0.862±0.003 ^a	0.857±0.002 ^a	0.858±0.005 ^a	0.858±0.003 ^a	0.856±0.004 ^a
T70/2	0.955±0.001 ^b	0.961±0.001 ^a	0.953±0.001 ^c	0.962±0.001 ^a	0.961±0.000 ^a	0.962±0.001 ^a	0.962±0.001 ^a	0.961±0.000 ^a
PA2	0.973±0.000 ^b	0.978±0.000 ^a	0.971±0.001 ^c	0.979±0.000 ^a	0.978±0.000 ^a	0.979±0.001 ^a	0.979±0.000 ^a	0.978±0.001 ^a

¹⁾ $\Delta R/R_0$ is the sensor response change.

²⁾ Values are the means of 4 replicates with \pm SD.

^{a-e} Means in the same row with different letters are significantly different.

에서는 SY/gCT를 제외한 11개의 센서들에서 서로 유사한 센서 감응도를 보였는데(Table 5), 이는 분석 시 수집된 호주

산 포도주는 다른 나라의 포도주와는 달리 5종이 거의 비슷한 향기 패턴을 가지는 것으로 생각할 수 있다.

Table 2. Aroma intensities ($\Delta R/R_0$)¹⁾ of sensors for French wine using electronic nose

Sensors	Response of each sensor on France wine								
	2-1	2-2	2-3	2-4	2-5	2-6	2-7	2-8	2-9
SY/LG	0.094±0.004 ^{a2)}	0.087±0.001 ^b	0.088±0.001 ^b	0.089±0.002 ^{ab}	0.083±0.004 ^c	0.088±0.002 ^b	0.089±0.001 ^{ab}	0.091±0.002 ^{ab}	0.089±0.001 ^{ab}
SY/G	-0.600±0.012 ^a	-0.613±0.009 ^{ab}	-0.643±0.016 ^c	-0.674±0.017 ^d	-0.629±0.030 ^{bc}	-0.682±0.012 ^d	-0.699±0.007 ^{de}	-0.726±0.012 ^e	-0.723±0.006 ^e
SY/AA	-0.018±0.002 ^b	-0.015±0.001 ^a	-0.016±0.000 ^{ab}	-0.017±0.001 ^{ab}	-0.015±0.001 ^a	-0.016±0.001 ^{ab}	-0.016±0.001 ^{ab}	-0.016±0.001 ^{ab}	-0.015±0.001 ^a
SY/Gh	-0.281±0.014 ^{abc}	-0.264±0.003 ^a	-0.277±0.009 ^{ab}	-0.291±0.009 ^{bcd}	-0.261±0.021 ^a	-0.290±0.007 ^{bcd}	-0.300±0.006 ^{cde}	-0.316±0.005 ^{de}	-0.308±0.004 ^e
SY/gCTI	-0.149±0.011 ^c	-0.133±0.002 ^b	-0.135±0.003 ^b	-0.140±0.005 ^{bc}	-0.122±0.009 ^a	-0.137±0.002 ^b	-0.139±0.003 ^{bc}	-0.143±0.003 ^{bc}	-0.140±0.002 ^{bc}
SY/gCT	-0.282±0.021 ^c	-0.247±0.004 ^b	-0.248±0.009 ^b	-0.247±0.007 ^b	-0.213±0.016 ^a	-0.232±0.002 ^b	-0.233±0.004 ^b	-0.237±0.004 ^b	-0.229±0.001 ^b
T30/1	0.950±0.003 ^a	0.945±0.000 ^b	0.946±0.001 ^b	0.947±0.001 ^{ab}	0.941±0.004 ^c	0.946±0.000 ^b	0.946±0.001 ^b	0.948±0.001 ^{ab}	0.947±0.000 ^{ab}
P10/1	0.886±0.010 ^a	0.866±0.001 ^b	0.869±0.003 ^b	0.871±0.004 ^b	0.859±0.011 ^b	0.866±0.001 ^b	0.867±0.002 ^b	0.871±0.002 ^b	0.868±0.001 ^b
P10/2	0.658±0.017 ^a	0.627±0.001 ^{bc}	0.630±0.004 ^{bc}	0.640±0.007 ^b	0.618±0.016 ^c	0.625±0.002 ^{bc}	0.626±0.003 ^{bc}	0.630±0.003 ^{bc}	0.627±0.001 ^{bc}
P40/1	0.858±0.011 ^a	0.835±0.001 ^b	0.838±0.004 ^b	0.840±0.005 ^b	0.827±0.012 ^b	0.835±0.001 ^b	0.836±0.003 ^b	0.840±0.002 ^b	0.837±0.001 ^b
T70/2	0.958±0.002 ^a	0.954±0.001 ^b	0.954±0.001 ^b	0.955±0.001 ^{ab}	0.950±0.003 ^c	0.954±0.000 ^b	0.954±0.001 ^b	0.956±0.001 ^{ab}	0.955±0.000 ^{ab}
PA2	0.976±0.000 ^a	0.972±0.000 ^b	0.973±0.001 ^{ab}	0.976±0.001 ^a	0.970±0.002 ^c	0.973±0.000 ^b	0.973±0.001 ^{ab}	0.974±0.001 ^{ab}	0.974±0.000 ^{ab}

¹⁾ $\Delta R/R_0$ is the sensor response change.

²⁾ Values are the means of 4 replicates with \pm SD.

^{a-c} Means in the same row with different letters are significantly different.

Table 3. Aroma intensities ($\Delta R/R_0$)¹⁾ of sensors for Chilean wine using electronic nose

Sensors	Response of each sensor on Chile wine				
	3-1	3-2	3-3	3-4	3-5
SY/LG	0.088±0.002 ^{b2)}	0.093±0.001 ^a	0.094±0.002 ^a	0.090±0.001 ^{ab}	0.092±0.002 ^{ab}
SY/G	-0.703±0.025 ^a	-0.813±0.023 ^b	-0.877±0.017 ^c	-0.851±0.004 ^c	-0.889±0.013 ^c
SY/AA	-0.018±0.001 ^a	-0.020±0.001 ^a	-0.020±0.001 ^a	-0.019±0.001 ^a	-0.018±0.000 ^a
SY/Gh	-0.319±0.009 ^a	-0.367±0.014 ^b	-0.401±0.011 ^c	-0.379±0.003 ^b	-0.402±0.012 ^c
SY/gCTI	-0.145±0.006 ^a	-0.158±0.004 ^b	-0.170±0.005 ^c	-0.157±0.001 ^b	-0.164±0.007 ^{bc}
SY/gCT	-0.168±0.008 ^a	-0.180±0.003 ^{ab}	-0.186±0.005 ^b	-0.172±0.001 ^a	-0.177±0.007 ^{ab}
T30/1	0.957±0.001 ^c	0.960±0.000 ^{ab}	0.961±0.001 ^a	0.958±0.000 ^{bc}	0.959±0.001 ^{ab}
P10/1	0.904±0.004 ^b	0.910±0.001 ^a	0.911±0.003 ^a	0.902±0.000 ^b	0.906±0.004 ^{ab}
P10/2	0.691±0.009 ^{ab}	0.698±0.003 ^a	0.698±0.005 ^a	0.680±0.001 ^b	0.687±0.006 ^{ab}
P40/1	0.886±0.004 ^b	0.893±0.001 ^a	0.894±0.003 ^a	0.884±0.001 ^b	0.888±0.004 ^{ab}
T70/2	0.961±0.001 ^c	0.963±0.000 ^{ab}	0.965±0.001 ^a	0.962±0.000 ^b	0.963±0.001 ^{ab}
PA2	0.979±0.001 ^c	0.981±0.000 ^{ab}	0.982±0.000 ^a	0.980±0.000 ^b	0.981±0.000 ^{ab}

¹⁾ $\Delta R/R_0$ is the sensor response change.

²⁾ Values are the means of 4 replicates with \pm SD.

^{a-c} Means in the same row with different letters are significantly different.

한편, Fig. 1부터 Fig. 5까지에서 보여지는 바와 같이 각 국가별 제1주성분 값의 기여율은 미국 94.79%, 프랑스 73.62%,

Table 4. Aroma intensities ($\Delta R/R_0$)¹⁾ of sensors for Italian wine using electronic nose

Sensors	Response of each sensor on Italy wine				
	4-1	4-2	4-3	4-4	4-5
SY/LG	0.075±0.001 ^{d2)}	0.085±0.001 ^c	0.094±0.001 ^a	0.076±0.001 ^d	0.089±0.002 ^b
SY/G	-0.729±0.004 ^a	-0.827±0.006 ^b	-0.916±0.010 ^d	-0.744±0.012 ^a	-0.861±0.018 ^c
SY/AA	-0.015±0.001 ^a	-0.016±0.001 ^a	-0.018±0.001 ^b	-0.014±0.001 ^a	-0.018±0.001 ^b
SY/Gh	-0.287±0.001 ^a	-0.354±0.003 ^b	-0.412±0.005 ^d	-0.291±0.007 ^a	-0.369±0.010 ^c
SY/gCTI	-0.114±0.001 ^a	-0.142±0.001 ^b	-0.167±0.002 ^d	-0.114±0.004 ^a	-0.147±0.003 ^c
SY/gCT	-0.129±0.002 ^a	-0.152±0.003 ^b	-0.174±0.002 ^c	-0.126±0.003 ^a	-0.153±0.005 ^b
T30/1	0.949±0.000 ^c	0.956±0.000 ^b	0.960±0.001 ^a	0.948±0.001 ^c	0.956±0.001 ^b
P10/1	0.872±0.000 ^d	0.892±0.001 ^c	0.903±0.002 ^a	0.867±0.002 ^e	0.895±0.002 ^b
P10/2	0.633±0.002 ^c	0.667±0.002 ^b	0.680±0.004 ^a	0.625±0.002 ^d	0.666±0.004 ^b
P40/1	0.851±0.001 ^c	0.873±0.001 ^b	0.885±0.002 ^a	0.846±0.002 ^d	0.875±0.002 ^b
T70/2	0.954±0.000 ^c	0.960±0.000 ^b	0.964±0.000 ^a	0.954±0.001 ^d	0.961±0.001 ^b
PA2	0.973±0.000 ^c	0.978±0.000 ^b	0.980±0.000 ^a	0.972±0.000 ^d	0.978±0.001 ^b

¹⁾ $\Delta R/R_0$ is the sensor response change.

²⁾ Values are the means of 4 replicates with \pm SD.

^{a~e} Means in the same row with different letters are significantly different.

Table 5. Aroma intensities ($\Delta R/R_0$)¹⁾ of sensors for Australian wine using electronic nose

Sensors	Response of each sensor on Australia wine				
	5-1	5-2	5-3	5-4	5-5
SY/LG	0.099±0.002 ^{a2)}	0.095±0.002 ^a	0.092±0.006 ^a	0.092±0.001 ^a	0.094±0.002 ^a
SY/G	-0.966±0.020 ^a	-0.950±0.013 ^a	-0.944±0.030 ^a	-0.916±0.011 ^a	-0.943±0.029 ^a
SY/AA	-0.020±0.001 ^a	-0.019±0.001 ^a	-0.019±0.001 ^a	-0.018±0.001 ^a	-0.018±0.002 ^a
SY/Gh	-0.448±0.015 ^b	-0.430±0.009 ^{ab}	-0.423±0.022 ^{ab}	-0.401±0.009 ^a	-0.422±0.021 ^{ab}
SY/gCTI	-0.182±0.009 ^b	-0.171±0.004 ^{ab}	-0.170±0.008 ^{ab}	-0.159±0.004 ^a	-0.166±0.008 ^a
SY/gCT	-0.183±0.007 ^c	-0.174±0.006 ^{bc}	-0.173±0.005 ^{bc}	-0.160±0.004 ^a	-0.167±0.006 ^{ab}
T30/1	0.961±0.001 ^a	0.960±0.001 ^a	0.958±0.003 ^a	0.958±0.001 ^a	0.959±0.002 ^a
P10/1	0.910±0.003 ^a	0.907±0.002 ^a	0.907±0.003 ^a	0.904±0.001 ^a	0.911±0.004 ^a
P10/2	0.691±0.006 ^a	0.682±0.004 ^{ab}	0.683±0.005 ^{ab}	0.678±0.002 ^b	0.687±0.007 ^{ab}
P40/1	0.892±0.004 ^a	0.888±0.002 ^a	0.890±0.002 ^a	0.886±0.001 ^a	0.892±0.005 ^a
T70/2	0.966±0.001 ^a	0.964±0.001 ^a	0.963±0.003 ^a	0.962±0.001 ^a	0.964±0.001 ^a
PA2	0.982±0.001 ^a	0.980±0.001 ^a	0.979±0.003 ^a	0.979±0.000 ^a	0.980±0.001 ^a

¹⁾ $\Delta R/R_0$ is the sensor response change.

²⁾ Values are the means of 4 replicates with \pm SD.

^{a~e} Means in the same row with different letters are significantly different.

칠레 96.74%, 이탈리아 99.06%, 호주 96.53%로 나타남에 따라 프랑스산 포도주를 제외하고, 제1주성분 값이 향기 패턴 구분에 크게 영향을 미침을 확인할 수 있었다. 제1주성분 값 만으로도 향기 패턴 구분에 충분한 정보가 될 수 있으므로 PCA 상(Fig. 1~Fig. 5)에서 각 시료간의 거리가 가까울수록 서로 비슷한 향기 패턴을 갖고, 멀어질수록 다른 향기 패턴을 가짐을 알 수 있었다. 미국산 포도주의 경우 5종(1-2, 1-4, 1-5, 1-6, 1-7)의 제1주성분 값이 -0.14에서 0.00에 분포하고 3종(1-1, 1-3, 1-8)이 0.06에서 0.14에 분포함에 따라 각각 두 개의 그룹으로 향기 패턴이 나뉘짐을 확인할 수 있었다(Fig. 1). 또한, Fig. 2에서 볼 수 있는 바와 같이 프랑스산 포도주는 9종 모두가 제1주성분 값 -0.08에서 0.08까지 고르게 분포되어 있음을 알 수 있었다. 칠레산 포도주의 경우 4종(3-2~3-5)은 제1주성분 값 -0.09와 0.04 사이에, 나머지 1종(3-1)은 0.10과 0.15 사이에 나타나 크게 두 가지의 향기 패턴으로 나뉘짐을 확인할 수 있었고(Fig. 3), 이탈리아산 포도주는 3종(4-2,

4-3, 4-5)이 -0.16에서 0.07, 2종(4-1, 4-4)이 0.03에서 0.10에 위치하고 있어 각각 두 가지의 향기 패턴으로 나뉘짐을 알 수 있었다(Fig. 4). 마지막으로 호주산 포도주의 경우에는 5종 모두 제1주성분 값 -0.07과 0.06 사이에 고르게 분포되어 있어 뚜렷하게 향기 패턴이 나뉘지지 않고 서로 비슷한 향기 패턴을 가짐을 확인할 수 있었다(Fig. 5).

한편, 미국, 프랑스, 칠레, 이탈리아, 호주산 포도주 전체의 향기 패턴에 대한 기여율을 구한 결과, 제1주성분이 84.09%로 나타났으며 제2주성분이 12.88%로 나타나서 제1, 제2주성분 값이 향의 구분에 영향을 미침을 알 수 있었다(Fig. 6). 전자코 분석 결과, 각 국가별로 군을 이루어 향기 패턴이 구분되어짐을 Fig. 6에서 확인할 수 있는데, 미국산 포도주 8종 중 5종(1-2, 1-4, 1-5, 1-6, 1-7)이 제1주성분 값 -0.10에서 0.03 사이에서 분포하고 있으며, 나머지 3종(1-1, 1-3, 1-8)은 프랑스산 포도주가 분포되어 있는 부근에서 나타났다. 프랑스산

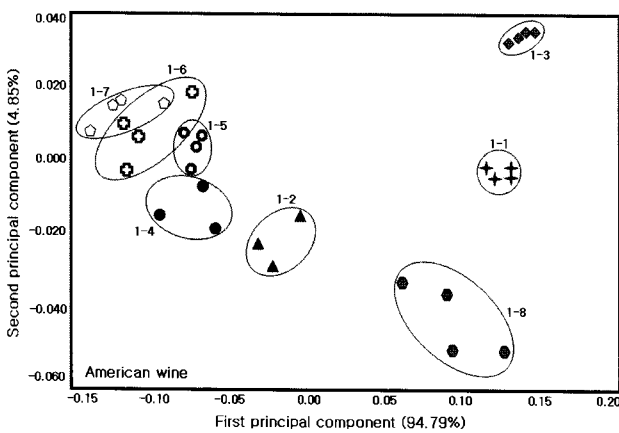


Fig. 1. Principal component analysis(PCA) plot of flavors from the American wines using the electric nose.

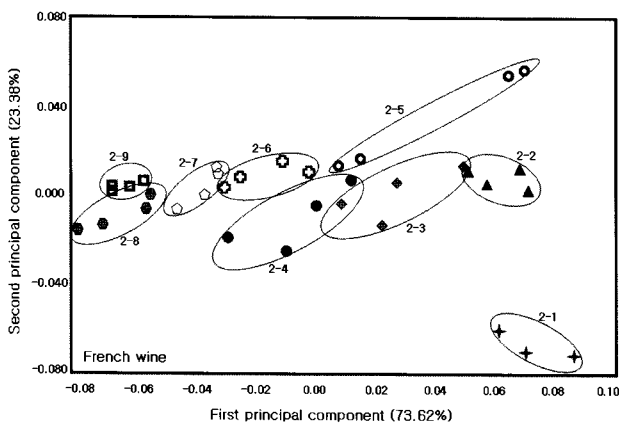


Fig. 2. Principal component analysis(PCA) plot of flavors from the French wines using the electric nose.

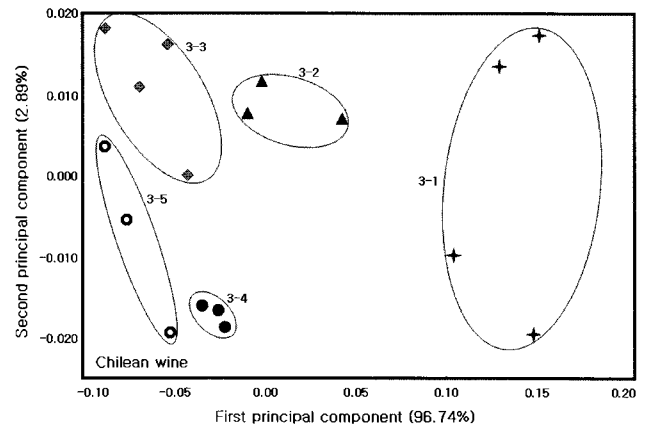


Fig. 3. Principal component analysis(PCA) plot of flavors from the Chilean wines using the electric nose.

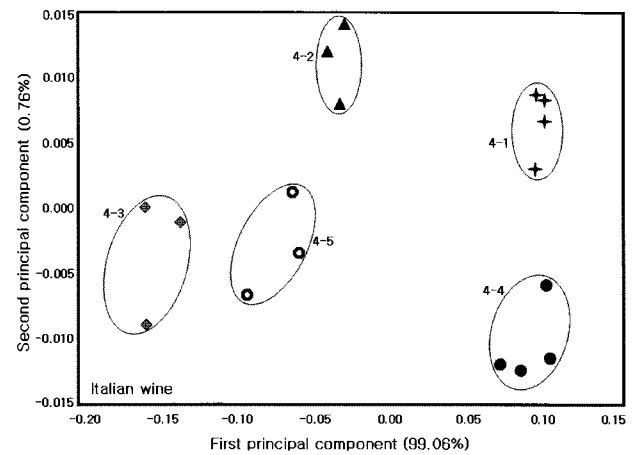


Fig. 4. Principal component analysis(PCA) plot of flavors from the Italian wines using the electric nose.

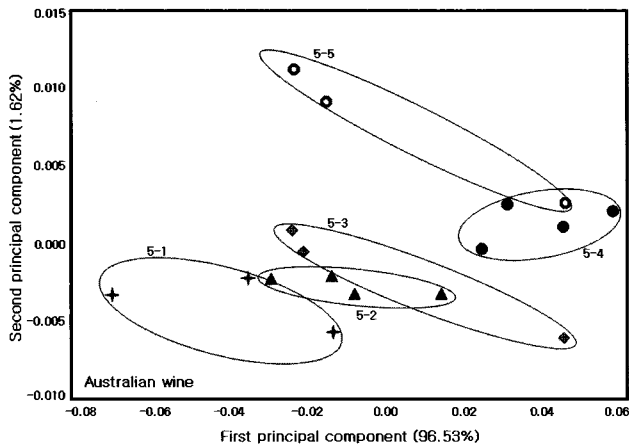


Fig. 5. Principal component analysis(PCA) plot of flavors from the Australian wines using the electric nose.

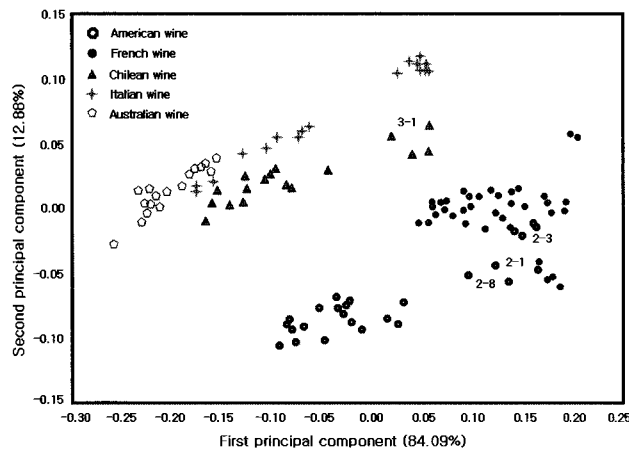


Fig. 6. Principal component analysis(PCA) plot of flavors from the all imported wines using the electric nose.

포도주는 제1주성분 값 0.05과 0.21 사이에 전 9종 모두 한 군을 이루어 집중 분포되어 있었고, 칠레산 포도주는 제1주성분 값 -0.16과 -0.06 사이에 5종 중 3-1을 제외한 4종(3-2~3-5)이 분포하고 있었다. 이탈리아산 포도주는 칠레산과 제1주성분 값은 거의 유사하게 나타났으나, 제2주성분 값에서 칠레산 포도주는 -0.02와 0.06 사이에서 나타났고, 이탈리아산 포도주는 0.01과 0.12 사이에 나타남에 따라 두 나라 향기 패턴의 차이가 나타났다. 호주산 포도주 역시 이탈리아산 포도주와 비슷한 제2주성분 값을 보였으나, 제1주성분 값은 -0.26에서 -0.15 사이에 5종 모두가 위치하고 있음을 알 수 있었다.

본 실험에서는 각 나라별 포도주의 향기 패턴을 전자코를 활용하여 구별 및 비교할 수 있었다. 그 결과, 생산지에 따른 포도주의 향기 패턴이 차별적인 결과를 나타냄에 따라, 전자코에 의해 측정하여 얻어진 자료를 활용하여 포도주의 향기

패턴 구별 및 비교분석에 이용할 수 있을 것으로 사료된다.

요약 및 결론

시중에 유통 중인 포도주 중 미국, 프랑스, 칠레, 이탈리아, 호주산을 각각 수집하여 전자코를 이용한 향기 패턴 분석을 실시하였다. 수집된 나라 별 포도주의 향기 패턴 분석 결과, 총 12개의 센서들에서 유의적인 차이를 보이며 서로 다른 향기 패턴을 나타내었는데, 이는 같은 원산지의 포도주라 할지라도 브랜드에 따라 향기 패턴의 차이가 있음을 의미한다.

전자코를 이용한 전체 포도주 향기 패턴 분석 결과, 제1, 제2주성분 값의 기여율은 각각 84.09%, 12.88%로 나타났다. 수집된 미국, 프랑스, 칠레, 이탈리아, 호주산 포도주는 제1주성분 값과 제2주성분 값의 차이에 따라 각 나라별로 군을 이루어 서로 다른 위치를 점하고 있어 포도주의 각 나라별 향기 패턴의 차이가 있음을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부와 한국원자력연구원 기관고유사업인 2007년도 Top Brand Project의 지원을 받아 수행되었으며, 그 지원에 감사드립니다.

문헌

Bang JS, Jun JH (2005) A study on wine by consumer classification. *Korean J Food Cookery Sci* 11: 1-16.

Bisson LF, Waterhouse AL, Ebeler SE, Walker MA, Lapsley JL (2002) The present and future of the international wine industry. *Nature* 418: 696-699.

Boulton RB, Singleton VL, Bisson LF, Kunkee RE (1996) Principles and practices of wine making. Aspen Publishers, Inc. Gaithersburg MD USA.

Byun SS (1980) A comparative study on the manufacturing processed of red wine. *Korean J Nutr* 13:139.

Ebeler SE (2001) Analytical chemistry: Unlocking the secret of wine flavor. *Food Rev Int* 17: 45-64.

Etievant PX (1991) Volatile compounds of food and beverages (Maarse H, ed). Marcel Dekker, New York, USA, 483-546.

Gong SJ, Hong SB, Lee DK (1973) Investigations on grape varieties for winery. *Technical Bulletin of National Institute of Technology and Quality* 15:19.

Intelligent Electronic Nose (1998) Fox user manual. 2nd ed. Alpha MOS. Toubuse France.

- Kim JS, Kim SH, Han JS, Toon BT, Yook C (1999) Effects of sugar and yeast addition on red wine fermentation using Campbell Early. *Korean J Food Sci Technol* 31:516.
- Kim JS, Kim SH, Han JS, Yoon BT, Yook C (1999) Effects of sugar and yeast addition on red wine fermentation using Campbell Early. *Korean J Food Sci Technol* 31: 516-521.
- KMAF (2001) Agricultural and forestry statistical yearbook. Korean Ministry of Agricultural and Forestry. Seoul Korea.
- Koh KH, Chang WY (1998) Changes of chemical components during *Seibel* white grape must fermentation by different yeast strains. *Korean J Food Sci Technol* 30:487.
- Lee JE, Hong HD, Choe HD, Sin YS, Won YD, Kim SS, Go GH (2003) A study on the sensory characteristics of Korean red wine. *Korean J Food Sci Technol* 35: 841-848.
- Lee SJ, Lee JE, Kim SS (2004) Development of Korean red wines using various grape varieties and preference measurement. *Korean J Food Sci Technol* 36: 911-918.
- Lee SY, Kang HA, Chang YI, Chang KS (1999) The changes of physicochemical composition of wine by reverse osmosis system. *Korean J Food Eng Prog* 3: 1-7.
- Lozano J, Santos JP, Horrillo MC (2005) Classification of white wine aromas with an electronic nose. *Talanta* 67: 610-616.
- Neotronics Scientific Ltd (1996) An introduction to electronic nose technology. Essex. UK.
- Noh BS, Ko JW (1997) Discrimination of the habitat for agricultural products by using electronic nose. *Food Engineering Process* 1: 103-106.
- Park KL, Nah SS, Yoo YJ, Hong SC (1969) Studies on the red wine production. *Technical Bulletin of National Institute of Technology and Quality* 19:107.
- Park WM, Park HG, Rhee SJ, Lee CH, Yoon KE (2002) Suitability of domestic grape, cultivar Campbell Early, for production of red wine. *Korean J Food Sci Technol* 34: 590-596.
- Park YH (1975) Studies on the grape variety and the selection of yeast strain for wine-making in Korea. *Korean J Agric Chem Soc* 18:219.
- SAS (2000) SAS user's guide. Statistical Analysis Systems Institute Inc. Cary NC USA.
- Schaller E, Bosset JO, Escher F (1998) 'Electronic noses' and their application to food. *Lebensm Wiss U Technol* 31: 305-316.
- Shin JA, Choi SW, Lee KT (2005) Prediction of Kimchi aging using electronic nose system. *Korean J Food Preserv* 6: 613-616.
- Shin JA, Kwon JH, Lee KT (2003) Aroma analysis by the electronic nose on red ginseng powder treated with gamma radiation, methyl bromide and phosphine. *Korean J Food Sci Technol* 35: 825-829.
- Shin JA, Lee KT (2003) The identification of blended sesame oils by electronic nose. *Korean J Food Sci Technol* 35: 648-652.
- The Annual Report of Food Industry (2002) The AF news press, Seoul Korea. 200-205.
- Yoo JY, Seog HM, Shin DH, Min BY (1984) Enological characteristics of Korean grapes and quality evaluation of their wine. *Korean J Appl Microbiol Bioeng* 12:185.

(2007년 10월 16일 접수, 2008년 1월 29일 채택)