

GC-SAW(Surface Acoustic Wave) 전자코를 활용한 볶은 커피의 원산지 및 배합 커피의 상품별 분류

서한석 · 강희진 · 정은희 · 황인경
서울대학교 식품영양학과 · 생활과학연구소

Application of GC-SAW(Surface Acoustic Wave) Electronic Nose to Classification
of Origins and Blended Commercial Brands in Roasted Ground Coffee Beans

Han-Seok Seo, Hee-Jin Kang, Eun-Hee Jung, InKyeong Hwang
Department of Food and Nutrition, Research Institute of Human Ecology, Seoul National University

Abstract

The numerous varieties of coffee beans contain a wide range prices and qualities. While the varieties of green coffee beans can generally be distinguished by their appearance, this visual criterion is impossible after the roasting process. Therefore, we need to develop a classification method or device. In this study, the potential of a new type of electronic nose, fast gas chromatography based on a surface acoustic wave sensor(SAW), was evaluated for the classification of origins and blended commercial brands in roasted coffee beans. Eight blended commercial brands and the origins of four similarly roasted ground coffee beans(with no significant difference of color) were rapidly(90 sec/sample) classified. The reproductive results were easily understandable over the aroma image pattern by VaporPrint™. In conclusion, GC-SAW electronic nose can be applied to the classification of origins and commercial brands in roasted ground coffee beans and to the evaluation of the similarities and differences of volatile pattern between samples.

Key words : coffee, GC-SAW electronic nose, classification, origin, blended commercial brand

1. 서 론

석유에 이어 전 세계 무역량의 수위를 차지하고 있는 커피는 전 세계 인구의 약 70~80%가 음용하는 대중적인 음료이다(Schilter B 등 2001, Anderson KA와 Smith BW 2002). 커피 소비량은 나라마다 차이를 보이지만 평균 일인당 일 년에 약 5~10 kg의 커피를 소비하는 것으로 보고되고 있다(Nehlig A 1999). 이러한 커피는 '커피 벨트(coffee belt)'라고 불리는 북위 30°와

남위 30°간 지역의 해발 2,000 m 고지대에서 주로 자라며(Anderson KA 와 Smith BW 2002) 남아메리카(42%), 아프리카(20.4%), 아시아(18.5%) 등의 80여 개국에서 재배되고 있다(Martin MJ 등 2001, Marccone MF 2004). 아라비카(*Coffea arabica*)와 로부스타(*Coffea canephora*)의 두 개 품종으로 크게 구분되는 커피는(Martin MJ 등 2001) 품질, 맛, 그리고 농도감에 따라 가격에 차이가 나는데(Bicchi CP 등 1993) 가장 비싼 것은 \$35/pound(U.S. dollars)인데 반해 가장 싼 것은 \$1/pound에 지나지 않을 만큼 가격차이가 현저하다(Anderson KA 와 Smith BW 2002). 이러한 점 때문에 가격이 저렴하고 저 품질의 커피가 가격이 비싸고 고 품질의 커피로 둔갑할 수 있는 소지가 있을 수 있다(Anderson KA 와 Smith BW 2002). 또한 시중에 유통

Corresponding author : InKyeong Hwang, Department of Food and Nutrition, San 56-1, Shillim-Dong, Gwanak-ku, Seoul 151-742, Korea
Tel : 82-2-880-6837
Fax : 82-2-884-0305
E-mail : ikhwang@snu.ac.kr

되는 대부분의 커피원두는 맛과 향, 그리고 경제적인 면을 이유로 두 개 이상의 서로 다른 커피가 배합되어 판매되는데 이 역시 제품들 간에 품질과 가격 면에서 차이를 보인다(Pardo M 등 2000). 커피를 볶기 전의 생두인 경우에는 생두의 색과 외형을 보고 어느 정도 원산지 구별이 가능하지만 일단 볶거나 분쇄하는 과정을 거치게 되면 시각적인 기준으로 분별하는 것은 힘들게 된다(Kemsley EK 등 1995; González AG 등 2001). 따라서 커피 생산자 및 중개업자를 비롯한 커피업계에서는 커피원두의 원산지 및 상업용 브랜드 구별을 객관적으로 할 수 있는 방법에 대해 관심을 기울여왔다(Anderson KA 와 Smith BW 2002). 지금 까지 보고된 방법으로는 Fourier-transform infrared spectrometer (FT-IR)를 통한 패턴차이(Kemsley EK 등 1995), 휘발성 성분 차이(Bicchi CP 등 1997), 금속 함량 차이(Martín MJ 1998a), chlorogenic acid와 caffeine 함량 차이(Martín MJ 1998b), tocopherol과 triglycerides 함량 차이(González AG 등 2001), 지방산 조성 차이(Martín MJ 등 2001), 미량 원소 함량 차이(Anderson KA 와 Smith BW 2002) 등이 보고되었는데 이들 대부분은 화학성분을 기초로 한 분석을 통해 이루어졌다. 하지만 이러한 화학적 분석은 분석과정이 복잡하여 어려울 뿐만 아니라 시간과 노력이 많이 소요되는 단점을 지니고 있어(Kemsley EK 등 1995) 보다 신속하고 손쉽게 측정할 수 있는 방법을 개발하는 것이 절실히 필요한 실정이다.

생체 코의 기능과 구조의 이해를 기초로 한 전자코 시스템은 1982년 영국 Warwick 대학의 Piersaud와 Dodd에 의해 처음 소개된 이래로 식품, 자동차, 포장재, 화장품, 위생, 미생물, 환경, 의료, 검역 등의 여러 분야에서 널리 활용되고 있다(Schaller E 등 1998; Noh BS 2005). 전자코는 사람 코의 후각 세포에 해당하는 가스 센서의 배열과 다차원의 배열 신호를 패턴화하여 처리하는 패턴 인식 신호 처리 기술로서 사람의 후각 인지 시스템을 모방한 냄새 감별 전자처리장치라고 할 수 있다(Noh BS 2005). 이러한 전자코에서 가장 중요한 역할을 담당하는 부분은 향기 성분과 반응하여 응답성을 제시하는 센서 부분으로(Noh BS 2005) metal oxide semiconductor(MOS), metal oxide semiconductor field effect transistors(MOSFET), conducting organic polymers(CP), bulk acoustic wave(BAW), surface acoustic wave(SAW) 등이 상업화되어 있는데 그 중에서 MOS,

CP, SAW 센서가 가장 많이 활용되고 있다(Schaller E 등 1998; Noh BS 2005). 하지만 MOS나 CP를 이용한 제1세대 전자코에서는 정량적인 분석을 수행하는 데에 제한이 있고 감도와 선택성에 한계를 지니고 있다(Noh BS 2005). 이러한 단점을 극복한 GC-SAW 전자코는 GC(gas chromatography)와 SAW 센서의 장점을 이용한 방법으로 온도 프로그래밍에 의한 분류를 통하여 휘발성분의 선택성을 높이고 SAW 센서의 고감도를 활용하여 ppb 수준까지 신속하게 측정할 수 있는 장치이다(Noh BS 2005). 하지만 이 GC-SAW 전자코는 MOS 센서 등의 다른 전자코에 비해 아직까지는 보편화되지 않아 관련 연구가 그리 많지는 않은 실정이다. 현재까지 GC-SAW 전자코를 활용한 연구를 살펴보면, 와인에서의 이취 검출(Staples EJ 2000), 저장 중 김의 품질 평가(Cho YS 와 Noh BS 2002), 홍차 향기 성분의 평가(Staples EJ 2002), 식물의 휘발성 성분 분석(Kunert M 등 2002), 국내산과 수입산 당귀(Noh BS 등 2003) 및 천궁(Oh SY 과 Noh BS 2003)의 향기 패턴분석, 여러 가지 꿀과 당분 분류(Lammertyn J 등 2004) 및 검출(Veraverbeke EA 등 2005), 쇠고기의 신선도 변화에 따른 냄새 분석(Kim G 등 2004), 유채유의 산패도 예측(Youn AR 등 2005), 살모넬라 식중독균 판정(Kim G 등 2005) 등이 보고되었다.

커피에 전자코를 적용한 연구로는 아라비카종 커피, 로부스타종 커피, 동결건조 커피, 분무건조 커피간의 향기성분 차이 분석(Aishima T 1991), 볶음시간을 달리한 커피 분류(Gardner JW 등 1992), 에스프레소 커피의 브랜드 구별(Pardo M 2000), 커피의 품질 분별(Shilbayeh NF 와 Iskandarani MZ 2004) 등이 수행되어져왔다. 하지만 이들 연구들은 모두 MOS나 CP 센서를 이용한 소위 제1세대 전자코를 통하여 행해졌다. 또한 원산지를 구별하는 연구에 있어서 향기패턴의 차이에 영향을 미칠 수 있는 요소, 예를 들면 볶음 정도나 수확시기 등을 고려하지 않아 결과상으로 나오는 차이가 전적으로 원산지 차이에 기인하는 것인가에 대해 의구심을 불러 일으킬만한 소지가 있다. 따라서 본 연구에서는 수확년도가 동일한 커피생두를 동일한 볶음 및 분쇄 조건하에서 처리한 후 GC-SAW 전자코를 이용하여 시료간의 차이를 보고자 한다. 또한 제품화된 여덟 종의 배합 커피 브랜드(blended coffee brand)에 적용해 볶으로써 GC-SAW 전자코의 커피 브랜드 구별 가능성 여

부를 탐색하고 이를 통해 추후 커피 원산지 및 브랜드 분류 방법 개발에 있어서 기초 자료로 활용하고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 재료

본 연구에서 원산지 분류를 위해 사용한 커피생두는 독일 InterAmerican Coffee Inc.에서 수입한 2005년도 산 *Coffea arabica* 종으로 Brazil Santos NY 2 Scr. 18, Indonesia Sumatra Mandheling, Ethiopia Harrar Longberry, Yemen Mocha Matari 등의 네 종류이었다. 또한 상업용 배합 커피의 브랜드 분류를 위해 사용한 여덟 종의 커피는 서울 시내 인근 백화점 및 커피 전문점에서 구입하였다.

2. 커피 볶음과 분쇄

커피생두는 간접열풍방식 로스터인 Gene Café 로스터 (Genesis Co., Ltd., Hwasung, Korea)를 이용하여 동일한 조건 하에서 볶았다. 커피생두 100 g을 200~250℃의 온도에서 볶았으며 볶음 조건을 동일하게 하기 위하여 커피원두의 색과 2차 균열(crack) 시작 시점을 기준으로 볶는 시간을 각 원두별로 조절하였다. 즉, Brazil인 경우에는 평균 1,084초, Sumatra는 1,070초, Yemen은 1,058초, Ethiopia는 1,075초로 원두마다 약간의 차이를 보였다. 또한 볶은 커피의 색도와 향 패턴분석을 위하여 분석 바로 전에 커피 분쇄기(Myung-Ji Electronic, Seoul, Korea)를 사용하여 1.18 mm(표준체 No. 16) 이하의 크기가 되도록 분쇄하여 사용하였다.

3. 색도

원산지가 다른 네 종류의 볶은 커피 간 색도를 비교하기 위하여 색차계(Minolta Camera Co., Ltd., Osaka, Japan)를 이용하여 5회 반복 측정하여 그 평균값을 Hunter Lab scale에 의한 명도(L), 적색도(a), 황색도(b) 값으로 나타내었다. 이때 사용된 표준 백판의 L값은 95.99, a값은 -0.14, b값은 -0.24이었다.

4. GC-SAW 전자코 측정

볶은 커피의 원산지 및 상업용 커피의 브랜드 분류를 위해 본 연구에서는 SAW 센서를 활용한 ultra-fast GC analyzer인 zNose™(4200 vapor analysis system,

Electronic Sensor Technology, CA, USA)를 사용하였다. 분쇄한 볶은 커피 및 상품화된 브랜드 커피 4 g을 40 mL vial에 각각 넣고 테프론으로 코팅된 septa로 봉한 후 향온기(DB 17610-26, Barnstead International, Iowa, USA)에서 30℃의 온도로 30초간 가열한 후 전자코에 30초간 주입하였다. 주입된 시료의 휘발성 성분은 트랩(trap)에 저장되어 있다가 운반기체(고순도 헬륨; 99.9995%)에 의해 3.00 cm³/min의 유속으로 DB-624 capillary column(0.33 μm, 0.25 mm × 1 m, Supelco, Bellefonte, PA, USA)으로 이동되어 온도 프로그램을 통해 휘발성 성분의 물질 분리가 일어난 후 SAW 센서에 의해 검출되어졌다. 기기의 각 구성요소별 온도조건은 Table 1과 같으며 전체적인 실험 조건은 Fig. 1과 같다. 바로 앞 커피 시료의 영향을 고려하여 한 개의 시료 측정 후에는 고온으로 column과 trap내에 잔존해 있는 향기성분을 휘발시켜 버린 후에 다음 시료를 측정하였다. 또한 동일한 실내 온도(22℃) 및 습도(33%) 조건 하에서 분석을 수행하였다.

GC-SAW를 바탕으로 한 전자코를 통하여 얻어진 자료는 진동수의 차이를 머무름 시간(retention time)에 따라 표현한 frequency 형태를 미분하여 얻은 크로마토그램과 이를 VaporPrint™ 프로그램을 이용하여 초기 머

Table 1. Temperature of each component in GC-SAW electronic nose for coffee aroma analysis

Component	Sensor	Column	Valve	Inlet	Trap
Temperature(℃)	25	30	80	80	300

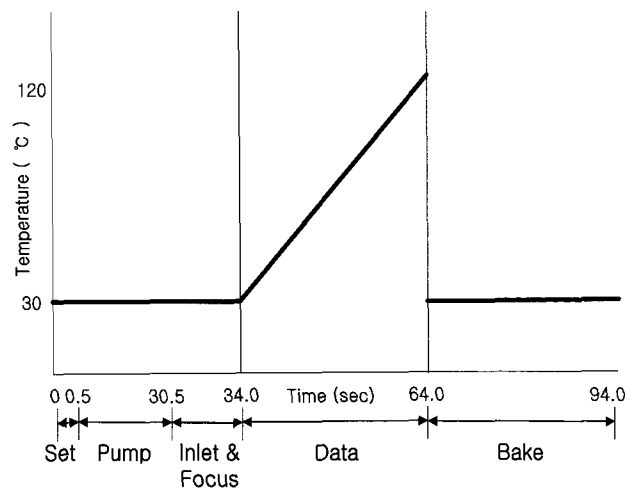


Fig. 1. Experimental scheme of GC-SAW electronic nose for coffee aroma analysis

무름 시간으로부터 마지막 성분이 검출된 머무름 시간 까지, 즉 분석시간 30초를 360° 각도의 원 형태로 이미지화한 향기패턴 그래프로 나타내었다.

5. 통계처리

볶은 커피 간 색도를 비교하기 위하여 95% 유의 수준 하에서 분산분석 하였다. 또한 상업용 배합 커피 각각의 머무름 시간에 따른 피크 derivative 값을 바탕으로 평균결합방식(average linkage)을 이용한 계층적 군집 분석(hierarchical cluster analysis)을 하였고 이를 통해 상업용 배합 커피의 분류를 확인하였다. 상기 통계처리는 SPSS package(SPSS Institute Inc., IL, U.S.A.) ver. 12.0 을 이용하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 볶은 커피의 원산지 분류

커피 생두는 200℃ 이상의 고온에서 가열하는 ‘로스 팅(roasting)’이라는 볶는 과정을 거치면서 마이알 반응, Strecker 붕괴, 열분해 및 다른 화학 반응 등을 통하여 여러 가지 다양한 기능기를 지닌 휘발성 성분들을 배출하게 되는데 지금까지 알려진 휘발성 성분들만 해도 800 여개에 이를 만큼 커피의 향기 성분은 복잡하다(Flament I 1989, Nijssen LM 등 1996, Schenker S 등 2000, Schenker S 등 2002). 볶는 과정은 커피의 물리적인 측면뿐만 아니라 향 생성에 있어서도 매우 중요한 요소로, 같은 생두라 할지라도 볶는 정도에 따라서 향을 이루는 구성성분들이 달라질 수 있다(Mayer F 등 1999, Schenker S 등 2000, Schenker S 등 2002). 커피에 있어서 대다수의 휘발성 성분은 중간 정도의 볶음 단계에서 가장 많이 생성되기 때문에 본 연구에서는 이에 맞추기 위해 각 커피 원두의 2차 균열 시

작 시점에서 볶는 과정을 커피의 원산지 및 생두 조건에 따라 조절하였고 그 결과 Table 2에서와 같이 원두의 외부 표면색은 원산지 간에 유의적인 차이를 보이지 않았다.

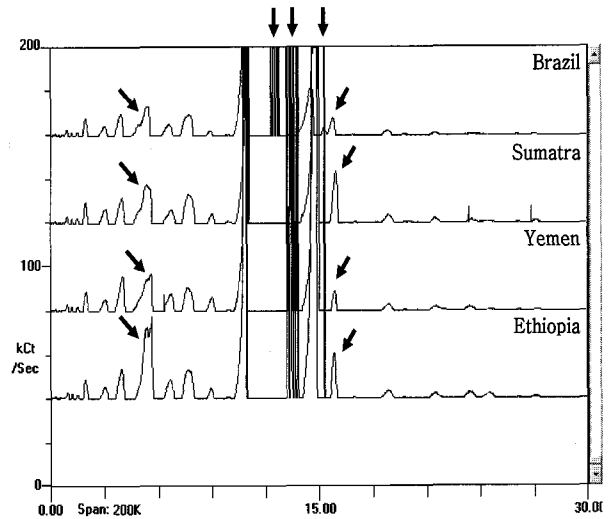
이와 같이 볶은 네 종류의 커피를 GC-SAW 전자코를 이용하여 분석한 결과 Fig. 2와 같이 피크의 양상이 다소 다른 크로마토그램을 보였다. 이 크로마토그램에 나타난 화살표는 각 원산지마다 특이한 형태 및 양을 보인 피크에 표시한 것이다. 이러한 크로마토그램을 통해서 원산지가 다른 커피를 분류할 수도 있지만 VaporPrint™ 프로그램을 사용하여 휘발성분의 조합비율을 이미지화하면 Fig. 3에서처럼 각 원산지간의 향기 패턴 차이를 한눈에 확연히 구분할 수 있어서 앞선 크로마토그램보다 용이하게 패턴 차이에 따른 분류를 할 수 있다. 또한 GC-SAW 전자코를 이용한 분석 방법의 반복양상을 알아보기 위해 Brazil Santos 커피로 상기 실험을 5번 반복실험 수행한 결과 유사한 크로마토그램을 얻을 수 있었다(Fig. 4). 현재까지 원산지 판별에 사용된 상업용 전자코는 E-nose 4000 및 5000과 GC-SAW 전자코가 주로 이용되었는데 MOS 센서와 CP 센서로 구성된 E-nose의 경우 주성분 분석을 비롯한 다변량 통계분석을 통하여 원산지를 구별하기 때문에 통계에 대한 지식이 없는 경우에는 결과 해석상에

Table 2. Comparison of Hunter's Lab scale among roasted ground coffee beans from four different origins

Variety	L value	a value	b value
Brazil	16.28±0.12	4.59±0.15	3.74±0.11
Sumatra	16.04±0.15	4.42±0.07	3.73±0.03
Yemen	16.10±0.19	4.58±0.13	3.84±0.10
Ethiopia	15.98±0.28 ¹⁾	4.44±0.14	3.73±0.09
F-value	2.14 ^{N.S.2)}	2.32 ^{N.S.}	1.62 ^{N.S.}

¹⁾ mean ± standard deviation

²⁾ N.S. : not significant



↑ : distinctive peak pattern

Fig. 2. Comparison of derivative peaks among roasted ground coffee beans from four different origins by GC-SAW electronic nose

있어서 적지 않은 문제를 불러 일으킬만한 소지도 가지고 있다. 하지만 GC-SAW 전자코의 경우에는 Fig. 3에서와 같이 시료의 향기패턴을 이미지화하여 나타낼 수 있으므로 원산지가 다른 시료간의 차이를 통계에 대한 지식이 없는 비숙련자도 용이하게 구분할 수 있다는 장점을 지니고 있다(Noh BS 등 2003; Oh SY와 Noh BS 등 2003; Noh BS 2005).

2. 상업용 커피의 브랜드 분류

시중에 파는 볶은 커피의 경우 ‘케냐’나 ‘콜롬비아’ 등의 단일(straight) 품종을 판매하는 경우도 있지만 대부분의 경우에는 관능적인 면과 경제적인 측면을 함께 고려하여 여러 품종의 커피를 배합하여 판매하는 경우가 많다(Illy A 와 Viani R 1995). 또한 많은 커피 업체에서는 업체 고유의 배합 커피원두를 개발하여 브랜드화해서 판매하는 경우가 많다. 따라서 본 연구에서는 시중에 유통되는 여덟 종류의 배합 커피 브랜드를 선정하여 GC-SAW 전자코로 상업용 커피의 브랜드를 분류하여 보았다. 분석 결과 Fig. 5에서와 같이 여덟 종의 커피원두 브랜드는 서로 다른 향기 패턴을 나타내었고

이러한 차이를 시각적으로 쉽게 인지할 수 있었다. 그 중에서도 커피 시료 D와 E는 다른 커피 시료와는 다르게 특이한 패턴을 보인 반면 시료 F와 H는 유사한 이미지를 보였다. 그리고 대부분의 시료는 머무름 시간 24초 이후에는 커다란 패턴 차이를 보이지 않아 분석 시간을 조금 줄여도 큰 지장은 없을 것으로 사료된다.

또한 주성분 분석, 선형 판별분석, 집락 분석방법 등의 다변량 통계분석을 전자코 결과와 병행할 경우 향기패턴이 유사한 시료를 보다 확실하게 구분할 수 있으며(Noh BS 2005) 시료 간의 유사함과 상이함을 통계학적인 측면에서 접근할 수 있다. 따라서 시료간의 유사성을 알아보기 위해 각 시료 크로마토그램 상의 피크 derivatives 수치를 평균결합방식을 이용한 계층적 군집 분석을 한 결과 Fig. 6에서와 같이 커피 시료의 군집을 나타내는 덴드로그램(dendrogram)을 얻을 수 있었다. 여덟 종의 커피 중 시료 A와 H, 시료 F와 G가 향기패턴이 유사한 것으로 나타났으며 이 네 종의 시료를 전체적으로는 유사한 집단으로 그룹화 할 수 있었다. 또한 시료 B와 C를 유사한 집단으로 분류할 수 있었으며 시료 D와 E는 가장 확연하게 차이를 보였다. 이러한 분류는 향기패턴을 이미지화해서 나타내었던 Fig. 5의 분류 결과와 유사하였다. 향기패턴의 이미지화로는 시료간의 유사성 및 상이성을 구분하기 힘들 경우 상기 군집분석 등의 통계적 기법을 도입하면 보다 정확하게 분류할 수 있을 것으로 사료된다. 또한 이러한 통계 방법은 시료간의 유사성 및 품질관리에도 적용시킬 수 있다.

원산지 구분이나 품질관리를 위한 방법을 고안할 때는

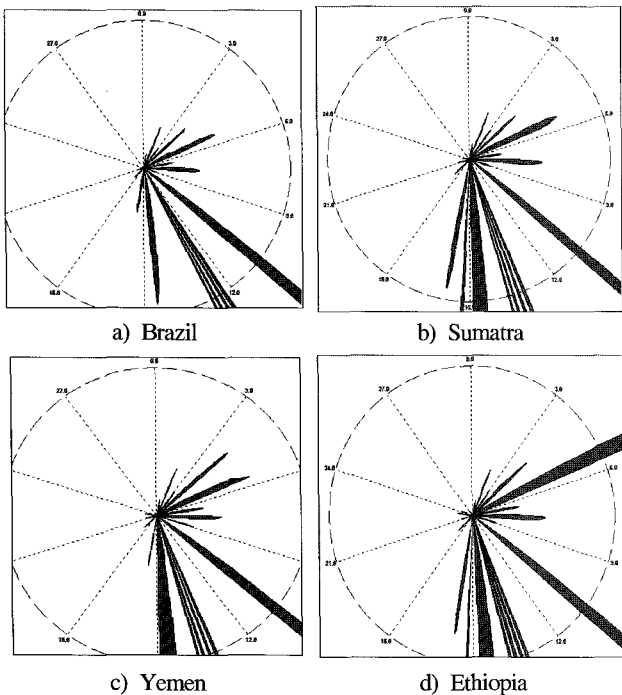


Fig. 3. Derivative peak patterns of roasted ground coffee beans from four different origins by VaporPrint™ image program

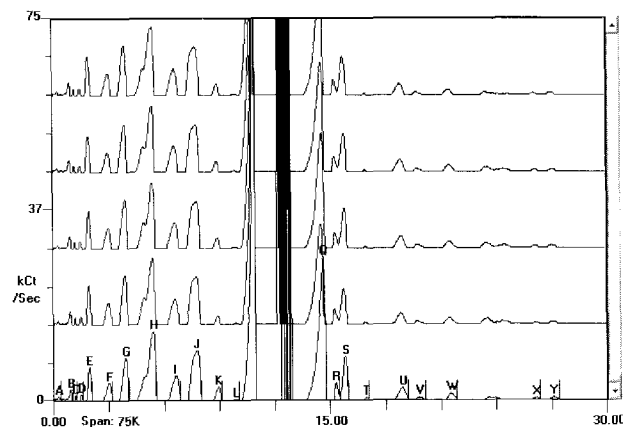


Fig. 4. Five repetitions of roasted ground coffee bean (Brazil Santos) by GC-SAW electronic nose

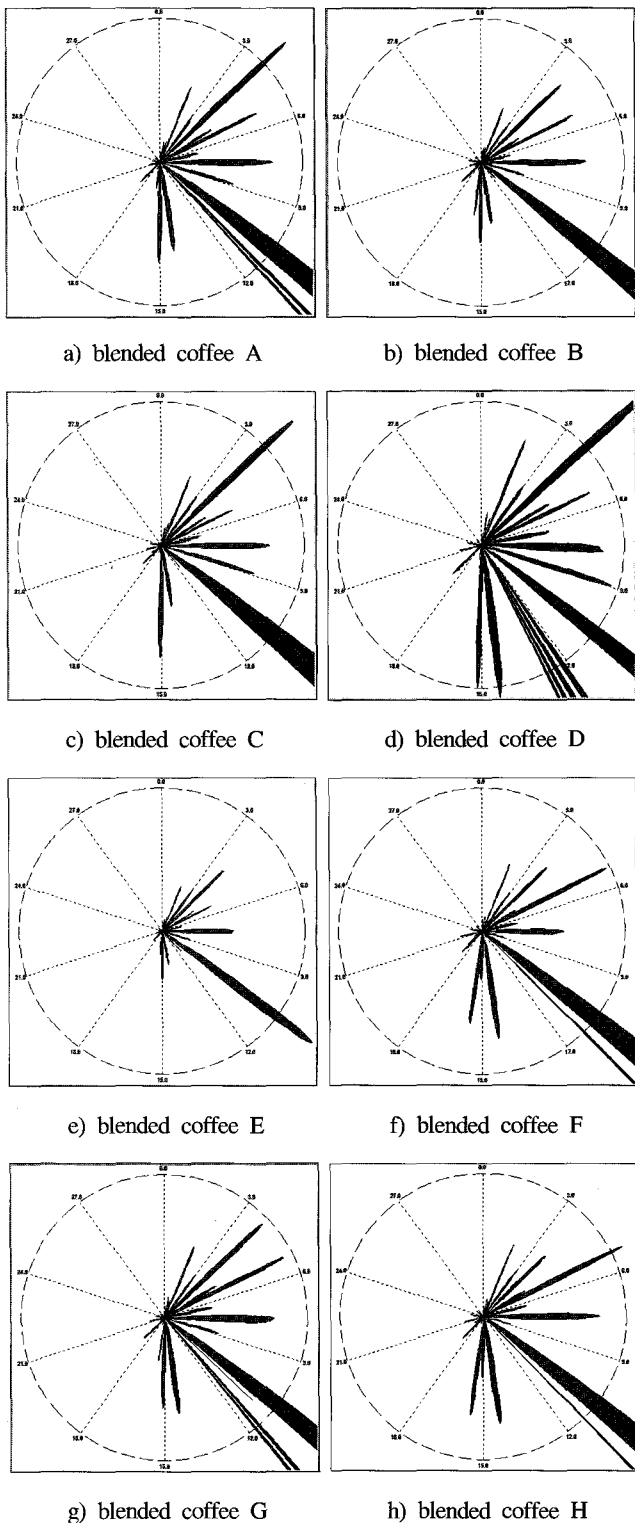


Fig. 5. Derivative peak patterns of roasted ground coffee beans from eight commercial brands by VaporPrint™ image program

(1) 분류 능력, (2) 신속성, (3) 재현성 및 (4) 편의성이 중요한 요소라고 생각하였고, GC-SAW 전자코는 본 연구 결과에서 보면 알 수 있듯이 이러한 모든 요소들을 충족시키는 것으로 보인다. 즉, 커피의 원산지 및 브랜드를 분류하여 나타내었으며(Fig. 2, 3, 5, 6) 시료 1개의 분석시간이 94초 정도로 빠르게 분석할 수 있었다(Fig. 1). 측정기기의 재현성 또한 뛰어났으며(Fig. 4), 마지막으로 초보자도 쉽게 기기를 다룰 수 있고 향기패턴의 이미지화를 통해 손쉽게 결과를 해석할 수 있는 편의성을 갖추고 있었다(Fig. 3, 5).

한 개의 휘발성 마커 성분을 통하여 원산지 구분이나 품질 관리를 할 수도 있지만 800 여종의 휘발성 성분으로 구성된 커피의 경우에는 그러한 성분을 찾아내는 것이 쉽지 않을 뿐만 아니라 설령 찾아낸다고 해도 실제로 적용하는 데에는 적지 않은 어려움이 뒤따른다. 또한 기기에 대한 훈련이나 결과의 해석을 위해 분석자를 교육시키는데 적은 시간과 돈이 소요되며 숙련자의 갑작스런 업무중단 시 재빠르게 대처할 수 있다. 물론 장비의 높은 가격은 초기 비용에 대한 부담을 가중시킬 수 있으나 운영경비를 고려할 경우에는 이에 대한 문제가 어느 정도 해소되며 커피와 같이 유통량이 많고 전량 수입품에 의존하는 식품인 경우에는 무역 분쟁 및 갈등으로 인한 피해를 사전에 방지할 수 있다는 점에서 어느 정도 의의를 찾아볼 수 있다.

N. 요약 및 결론

본 연구에서는 동일한 볶음 및 분쇄 조건하에서 처리한 네 종류의 커피 원두 및 여덟 종류의 상업용 배합 커피를 가지고 커피 원산지 및 상업용 브랜드 분류에 있어서 GC-SAW 전자코의 적용 가능성을 탐색

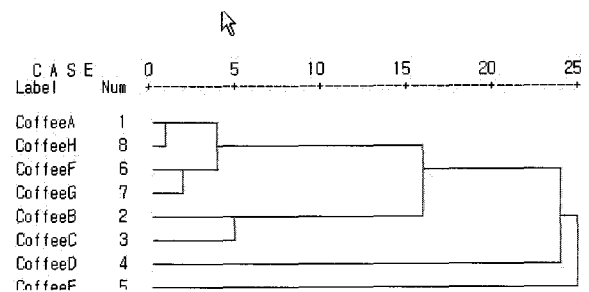


Fig. 6. Dendrogram of cluster analysis for eight commercial coffee brands based on GC-SAW electronic nose peaks.

해 보았다.

커피의 원산지 구분이나 품질관리를 위한 방법을 고안할 때는 (1) 분류 능력, (2) 신속성, (3) 재현성, (4) 편의성의 네 가지 요소가 중요하다고 생각하였고 이를 중심으로 검토한 결과, GC-SAW 전자코는 1분 30여초의 짧은 분석시간으로 볶은 커피의 원산지 및 배합된 커피의 브랜드를 명확하고 재현성 있게 분류하였다. 또한 분석 수행 절차는 특별한 전처리가 필요 없이 간단하였으며 분석 결과는 VaporPrint™ 프로그램을 이용하여 향기를 패턴화하여 시각적으로 쉽게 구분할 수 있었다. 또한 군집분석과 같은 다변량 통계분석을 통하여 커피 시료간의 유의성 여부를 보다 명확하게 알아볼 수 있었다.

이상의 결과를 종합해 볼 때 GC-SAW 전자코는 볶은 커피의 원산지 및 배합 커피 제품의 브랜드 분류 및 유사성과 차이성을 조사할 때 유용하게 활용될 수 있을 것으로 사료되며 향기가 중요한 다른 식품의 품질관리 및 연구에 대한 적용 가능성을 조심스럽게 전망해본다.

감사의 글

본 연구에 기기 사용을 비롯한 많은 도움을 주신 코스모 과학의 고재원 사장님께 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

- Aishima T. 1991. Aroma discrimination by pattern recognition analysis of responses from semiconductor gas sensor array. *J. Agric. Food Chem* 39 : 752-756
- Anderson KA, Smith BW. 2002. Chemical profiling to differentiate geographic growing origins of coffee. *J. Agric. Food Chem* 50 : 2068-2075
- Bicchi CP, Binello AE, Legovich MM, Pellegrino GM, Vanni AC. 1993. Characterization of roasted coffee by S-HSGC and HPLC-UV and principal component analysis. *J. Agric. Food Chem* 41 : 2324-2328
- Bicchi CP, Ombretta MP, Pellegrino G, Vanni AC. 1997. Characterization of roasted coffee and coffee beverage by solid phase microextraction-gas chromatography and principal component analysis. *J. Agric. Food Chem* 45 : 4680-4686
- Cho YS, Noh BS. 2002. Quality evaluation of dried laver (*Porphyra yezoensis* Ueda) using electronic nose based on metal oxide sensor or GC with SAW sensor during storage. *Korean J. Food Sci. Technol* 34(6) : 947-953
- Flament I. 1989. Coffee, cacao, and tea. *Food Rev. Int* 5 : 317-414
- Gardner JW, Shurmer HV, Tan TT. 1992. Application of an electronic nose to the discrimination of coffees. *Sensors and Actuators B* 6 : 71-75
- González AG, Pablos F, Martín MJ, León-Camacho M, Valdenebro MS. 2001. HPLC analysis of tocopherols and triglycerides in coffee and their use as authentication parameters. *Food Chemistry* 73 : 93-101
- Illy A, Viani R. 1995. Espresso coffee: The chemistry of quality. Academic Press Inc. San Diego, CA. U.S.A. p 79
- Kemsley EK, Ruault S, Wilson RH. 1995. Discrimination between *Coffea arabica* and *Coffea canephora* variant robusta beans using infrared spectroscopy. *Food Chemistry* 54 : 321-326
- Kim G, Lee KJ, Choi KH, Choi DS, Son JR, Kang S, Chang YC. 2004. Odor analysis for beef freshness estimation with electronic nose. *J. of Biosystems Eng* 29(4) : 317-322
- Kim G, Lee MW, Lee KJ, Choi CH, Noh KM, Kang S, Chang YC. 2005. Identification of salmonella pathogen using electronic nose. *J. of Biosystems Eng* 30(2) : 121-126
- Kunert M, Biedermann A, Koch T, Boland W. 2002. Ultrafast sampling and analysis of dfvolatiles by a handheld miniaturised GC with pre-concentration unit. *J. Sep. Sci* 25 : 677-684
- Lammertyn J, Veraverbeke EA, Irudayaraj J. 2004. zNose technology for the classification of honey based on rapid aroma profiling. *Sensors and Actuators B* 98 : 54-62
- Marcone MF. 2004. Composition and properties of Indonesian palm civet coffee(Kopi Luwak) and Ethiopian civet coffee. *Food Research International* 37 : 901-912
- Martín MJ, Pablos F, González AG. 1998a. Characterization of arabica and robusta roasted coffee varieties and mixture resolution according to their metal content. *Food Chemistry* 66 : 365-370
- Martín MJ, Pablos F, González AG. 1998b. Discrimination between arabica and robusta roasted coffee varieties according to their chemical composition. *Talanta* 46 : 1259-1264
- Martín MJ, Pablos F, González AG, Valdenebro MS, León-Camacho M. 2001. Fatty acid profiles as discriminant parameters for coffee varieties differentiation. *Talanta* 54 : 291-297
- Mayer F, Czerny M, Grosch W. 1999. Influence of provenance and roast degree on the composition of potent

- odorants in Arabica coffees. *Eur Food Res Technol* 209(3-4) : 242-250
- Nehlig A. 1999. Are we dependent upon coffee and caffeine? A review on human and animal data. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* 23 : 563-576
- Nijssen LM, Visscher CA, Maarse H, Willemsens LC, Boelens MH. 1996. Volatile compounds in food qualitative and quantitative data. TNO Nutrition and Food Research Institute. Zeist, Netherlands. p 72
- Noh BS, Oh SY, Kim SJ. 2003. Pattern analysis of volatile components for domestic and imported *Angelica gigas* Nakai using GC based on SAW sensor. *Korean J. Food Sci. Technol* 35(1) : 144-148
- Noh BS. 2005. Analysis of volatile compounds using electronic nose and its application in food industry. *Korean J. Food Sci. Technol* 37(6) : 1048-1064
- Oh SY, Noh BS. 2003. Pattern analysis of volatile components for domestic and imported *Cnidium officinale* using GC based on SAW sensor, *Korean J. Food Sci. Technol* 35(5) : 994-997
- Pardo M, Niederjaufner G, Benussi G, Comini E, Faglia G, Sberveglieri G, Holmberg M, Lundstrom, I. 2000. Data preprocessing enhances the classification of different brands of espresso coffee with an electronic nose. *Sensors and Actuators B* 69 : 397-403
- Schaller E, Bosset JO, Escher F. 1998. 'Electronic Noses' and their application to food. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol* 31 : 305-316
- Schenker S, Handschin S, Frey B, Perren R, Escher F. 2000. Pore structure of coffee beans affected by roasting conditions. *J Food Sci* 65(3) : 452-457
- Schenker S, Heinemann C, Huber M, Pompizzi R, Perren R, Escher F. 2002. Impact of roasting conditions on the formation of aroma compounds in coffee beans. *J Food Sci* 67(1) : 60-66
- Schilter B, Cavin C, Tritscher A, Constable A. 2001. Chapter 8 Health effects and safety considerations. pp 165-166. In : *Coffee Recent Developments*. Clarke RJ, Vitzthum OG (ed). Blackwell Science KK. Tokyo. Japan
- Shilbayeh NF, Iskandarani MZ. 2004. Quality control of coffee using an electronic nose system. *American J. Appl. Sci* 1(2) : 129-135
- Staples EJ. 2000. Detecting 2,4,6 TCA in corks and wine using the zNose™. Available from : http://www.estcal.com/TechPapers/TCA_in_Wine.pdf. Accessed September 14, 2000
- Staples EJ. 2002. The chemistry of black tea aroma. EST Internal Report. April, 2000.
- Veraverbeke EA, Irudayaraj J, Lammertyn J. 2005. Fast aroma profiling to detect invert sugar adulteration with zNose™. *J Sci Food Agric* 85 : 243-250
- Youn AR, Han KY, Oh SY, Noh BS. 2005. Prediction of rancidity for the heated rapeseed oil using the electronic nose. *Food Engineering Progress* 9(4) : 309-319

(2006년 3월 14일 접수, 2006년 6월 27일 채택)