

## Potable handheld gas chromatograph(PHGC)를 이용한 인삼속(*Panax species*) 식물들의 향기패턴 분석

이부용\* · 양영민 · 이옥환 · 김경임  
 한국식품개발연구원

### Analysis of Aroma Pattern of *Panax Species* by Potable Handheld Gas Chromatograph

Boo-Yong Lee\*, Young-Min Yang, Oak-Hwan Lee and Kyung-Im Kim  
 Korea Food Research Institute

This study was performed to analyze aroma pattern of *Panax species* (Korean *Panax ginseng* C.A. Meyer, Chinese *Panax ginseng* C.A. Meyer, *Panax quinquefolium* L, and *Panax notoginseng* F.H. Chen) by the PHGC (potable handheld gas chromatograph). Ratios of several peak areas in chromatogram of derivative pattern were as follows. If ratio of Korean *Panax ginseng* was 1, *Panax notoginseng* was 0.030-0.674, Chinese *Panax ginseng* was 0.005-0.212 and *panax quinquefolium* was 0.241-0.871. Ratios of peak area at  $Rt_{20.02}$  were that if Korean *panax ginseng* was 1, Chinese *Panax ginseng* was 0.212, *Panax quinquefolium* was 0.343 and *Panax notoginseng* was 0.065. Ratios also of peak area at  $Rt_{21.70}$  and  $Rt_{24.90}$  showed clear difference among aroma patterns of *Panax specie* cultivars. Flavor component at  $Rt_{26.15}$  was not detected in *Panax quinquefolium* and *Panax notoginseng* but in Korean *Panax ginseng* and Chinese *Panax ginseng*. Ratios of peak area at  $Rt_{26.15}$  were that if Korean *Panax ginseng* was 1, Chinese *Panax ginseng* was 0.185. And so habitat of *Panax species* cultivars was discriminated. Cultivar and habitat of dried *Panax species* was remarkably distinguished by the chromatogram of frequency pattern, derivative pattern and visual pattern using olfactory images known as Vapor Print™.

**Key words:** *Panax species*, PHGC, frequency pattern, derivative pattern, discrimination, Vapor Print™

## 서 론

동양에서 인삼(*Panax ginseng* C.A. Meyer)은 한방과 민간에서 수 천년간 귀중한 한약재로 사용되어 왔다. 인삼에 대한 과학적인 연구는 1854년 미국의 Garrigues<sup>(1)</sup>가 캐나다산의 화기삼(*Panax guinguefolium* L.)으로부터 배당체(ginsenoside)를 분리하여 panaguilon( $C_{32}H_{56}O_{14}$ )으로 명명하면서부터 시작되었다. 그 뒤 Brekhman<sup>(2)</sup>이 인삼의 유효성분을 saponin이라고 발표하여, 인삼사포닌이 유효성분으로 인정되고 Hohrhammer 등<sup>(3)</sup>, Wangner와 Roth<sup>(4)</sup>, Shibata 등<sup>(5)</sup>에 의하여 인삼사포닌 성분에 관한 연구가 본격적으로 활발하게 진행되었다. 인삼의 성분은 탄수화물이 약 70%로 주성분이고, 조단백질이 10-11%, 조섬유 7-8%, 조지방 1-2%, 회분 3-4%, 조사포닌은 4-5% 수준<sup>(6,7)</sup>이다.

한편 인삼속에는 7-8개종의 인삼식물이 확인되고 있으나 대표적인 것은 고려인삼(*Panax ginseng* C.A. Meyer)으로서 동북아 지역을 중심으로 국내외에서 많이 재배되고 있다. 화기삼(미국삼, 서양삼, *Panax quinquefolium* L.)은 미국의 남부 앨러바마와 조지아주의 중부지방에서 북쪽으로 캐나다의 퀘벡주까지 분포되어 있고, 죽질삼(소삼, *Panax japonicus* C.A. Meyer)은 중국의 서북부지역과 일본 등에서 생육하고, 전칠삼(*Panax notoginseng* F.H. Chen)은 중국 운남성 동남부로부터 광서성 서남부의 지역에서 생육되고 많이 있다<sup>(8,9)</sup>. 이들은 원형으로 존재할 때는 고려인삼과 형태적인 특성이 매우 다르고, 구별하기가 용이하며 약리효능도 상이하여 이용면에서도 다르게 사용된다. 국제인삼시장에서 인삼속 식물들의 가격은 고려인삼이 가장 고가로 유통되고, 약효면에서도 다른 삼들보다 우수성을 인정받고 있기 때문에 화기삼 등의 기타 삼들로 만든 인삼제품들이 고려인삼제품들로 둔갑되기도 한다. 특히 건조삼을 분말로 분쇄하면 원형이 사라져서 품종을 더욱 구별하기 어렵게 된다. 따라서 고려인삼과 기타 삼들을 구별할 수 있는 기법의 개발이 절실하게 요구되어 왔다.

최근 관심을 끌고 있는 전자코는 인간 코의 기능을 디지털화 한 것으로 다중 센서 배열로 이들 가스 센서는 기체중

\*Corresponding author : Boo-Yong Lee, Korea Food Research Institute, San 46-1 Backhyun-dong, Bundang-gu, Seongnam-si, Kyonggi-do 463-746, Korea  
 Tel: 82-31-780-9074  
 Fax: 82-31-780-9234  
 E-mail: lbyong@kfri.re.kr

의 특정 가스에 의해 소자의 표면이나 내부 또는 양쪽에서 일어나는 물리화학적 변화를 전기적 신호로 바꾸는 장치라 말할 수 있으며 이러한 전기적 신호의 변화를 읽어 들이는 장치에 의해 검지 대상 물질의 존재를 파악하는 것이 가능하다<sup>(10)</sup>. 지금까지 전자코를 이용한 식품의 향기패턴 연구 현황을 보면, 최근에 감식초의 향기패턴에 관한 연구<sup>(11)</sup>, 마 품종에 따른 향기패턴 연구<sup>(12)</sup>, 특용 작물의 산지판별에 관한 연구<sup>(13)</sup>, 된장의 숙성 정도 예측<sup>(14)</sup>, 바나나 숙성 정도<sup>(15)</sup>, 대두유의 산패 정도 예측<sup>(16)</sup>, 배초향 추출물의 향기패턴 분석<sup>(17)</sup>, 건조방법에 따른 천마의 향기패턴 분석<sup>(18)</sup>, 인삼 품종에 따른 향기 패턴 분석<sup>(19)</sup> 등이 있다. 전자코는 각 센서의 응답들을 판별분석(discriminant analysis), 주성분분석(principal component analysis), 신경회로망분석(neural network analysis) 등의 통계 프로그램을 활용하여 2차원이나 3차원으로 압축하여 보여주므로 불편한 점이 있었다. 또한 개개의 센서와 시료간 반응이 어떻게 일어나는지 명확히 알 수 없는 관계로 표준 물질을 사용하여도 정성, 정량분석이 어려우며, 두 시료간에 차이가 있다고 판별된 경우에도 원인이 되는 물질의 추적이 불가능하였다. 또한 보정하는 것이 쉽지 않아 한 번 만들어진 data base는 몇 개월 후 또는 몇 년 후 재활용이 실질적으로 불가능하여 매년 새로이 data base를 만들어야 한다는 문제점이 있다.

이러한 문제점을 해결 할 수 있는 방법의 하나로 PHGC (portable handheld gas chromatograph)는 기존의 전자코가 갖고 있는 위의 단점들이 크게 보완된 기기로써 일반적인 GC (gas chromatograph)와 같이 흡입된 향기물질이 컬럼을 통과하면서 단일 물질로 분리되고 분리된 각각의 향기 성분은 SAW(surface acoustic wave)센서에 흡착, 반응하여 그 반응 강도를 즉시 진동수의 변화로 나타내므로 특별한 전처리과정과 다변량 통계 분석의 과정을 거칠 필요 없이 바로 시각적으로 판별 할 수 있는 데이터를 제공하여 편리 할 뿐 아니라 검출기의 검출 감도가 ppb( $10^{-12}$ )로 매우 우수하다. 따라서 PHGC는 미량의 성분까지도 검출 할 수 있어 마약류나 폭발류 검색에 이용되고 있으며<sup>(23,24)</sup>, 미국에서는 다이옥신의 분석에 공인 분석기기<sup>(25)</sup>로도 활용이 되고 있으나 식품분야에의 응용은 아직 미미한 상태이다. 따라서 본 연구에서는 분말 상태의 한국 백삼, 화기삼, 중국 백삼, 전칠삼 등 인삼속 식물들의 향기패턴을 PHGC로 분석하여 원형이 파괴된 분말상태에서도 품종 및 원산지 구분이 가능한지 알아보고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 실험에 사용한 인삼속 식물은 한국 인삼연초연구원으로부터 공급된 것이며, 건조된 상태의 한국산 백삼(Korean *Panax ginseng* C.A. Meyer), 화기삼(미국삼, 서양삼, *Panax quinquefolium* L.), 전칠삼(*Panax notoginseng* F.H. Chen), 중국산 백삼(Chinese *Panax ginseng* C.A. Meyer)은 분석 직전에 60 mesh의 입자크기로 분쇄하여 사용되었다.

### 향기패턴 측정

인삼들의 향기패턴 측정에 사용된 PHGC(z-NOSE M 4100,

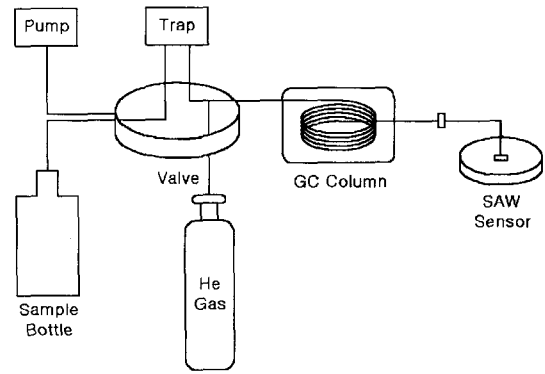


Fig. 1. Schematic diagram of PHGC.

Electronic Sensor Technology, Newbury park, CA, USA)는 GC 시스템에 검출기로 SAW센서가 장착된 것이다. 이 시스템의 구성은 Fig. 1과 같고 모든 실험은 습도와 상온의 온도가 일정하게 유지되는 밀폐된 공간에서 실시하였다. PHGC의 이동상 가스는 He(99.9995%), column은 DB-5 capillary (Supelco, Bellefonte, PA, USA)를 사용하였다. 분석 조건은 펌프에 의해 흡입되어진 휘발성 물질의 유로를 결정하는 밸브의 온도는  $110^{\circ}\text{C}$ , GC injection port의 온도는  $130^{\circ}\text{C}$ , column 온도는  $30\sim 120^{\circ}\text{C}$ 까지  $3^{\circ}\text{C}/\text{sec}$  속도로 상승 시켰으며, SAW 센서의 온도는  $30^{\circ}\text{C}$ 이었다. 향기 분석을 위한 시료는 60 mesh를 통과한 분말 3 g을 40 mL vial(Supelco, Bellefonte, PA, USA)에 담고 teflon으로 코팅되어진 septa(PTFE/silicone septa, Supelco)로 밀봉하여 분석하였다. PHGC에 내장된 펌프를 통한 휘발성 물질의 흡입시간은 10초, 컬럼을 통과하는 시간(Rt: retention time)은 35초였으며 한 개의 시료 분석 후 column의 세척시간은 20초로 하였다.

분석 순서는 시료의 향이 평형상태에 이루어지면 펌프에 의해 vial의 head space에 포집된 휘발성 물질을 흡입한 후 trap을 이용하여 컬럼의 손상을 일으킬 수 있는 수분을 제거한 후 다시 이동상 가스인 He과 함께 밸브와 trap을 거쳐 GC column을 통과시키면 SAW 센서가 휘발성 물질을 감지하여 반응 강도를 진동수 변화(frequency shift)로 표시된 크로마토그램 형태로 나타낸다.

### Data 처리 및 패턴분석

SAW센서로부터 얻은 frequency pattern과 이를 미분하여 얻은 derivative pattern의 크로마토그램을 Vapor Print™ 이미지 소프트웨어를 이용하여  $360^{\circ}$  원형의 보기 쉬운 vapor print로 나타내었다<sup>(26)</sup>.

## 결과 및 고찰

### 향기 패턴 분석

본 실험에 사용된 PHGC는 시료의 휘발성 물질들이 SAW 센서에 흡착하면 일정하게 진동하고 있던 센서는 휘발성 물질의 흡착과 동시에 진동수의 변화(frequency shift)를 일으키고 이를 시간(Rt: retention time)에 따라 크로마토그램으로 보여준다. 크로마토그램은 진동수의 변화를 frequency pattern이

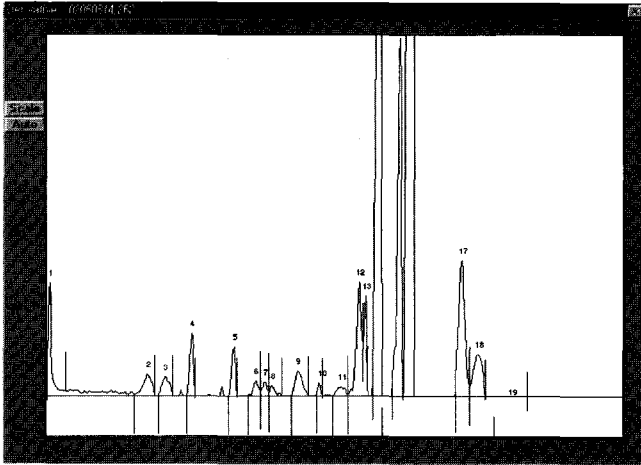


Fig. 2. Derivative pattern of chromatogram for Korean *Panax ginseng*.

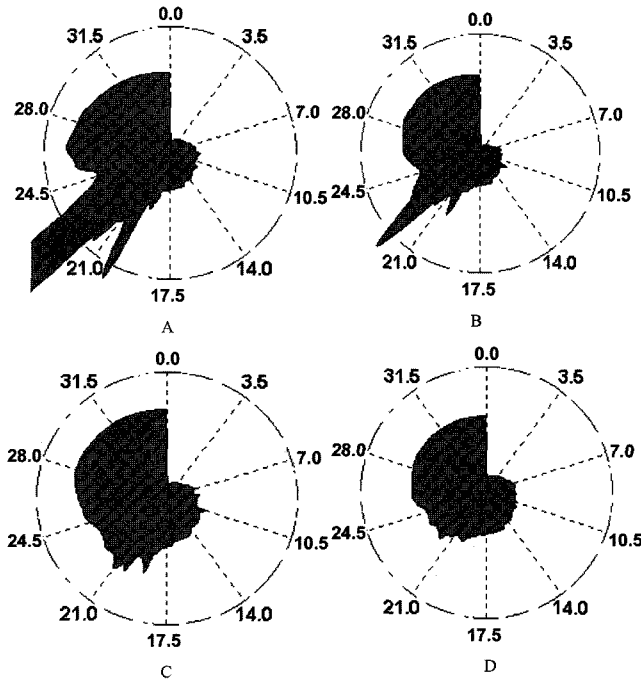


Fig. 3. Polar frequency patterns for *Panax species* using Vapor Print™.

A: Korean *Panax ginseng*, B: *Panax quinquefolium*, C: Chinese *panax ginseng*, D: *Panax notoginseng*

나 derivative pattern으로 나타내준다. Derivative pattern은 미분된 진동수의 변화이며 frequency pattern은 미분되지 않은 진동수의 변화이다. Fig. 2는 4개의 인삼속 식물들 중에서 대표적으로 한국백삼의 frequency pattern을 미분한 derivative pattern의 chromatogram을 나타낸 것으로 Rt 초반에는 면적이 작은 향기 성분이 검출되었고, Rt<sub>17.5-24.5</sub> 사이에는 큰 면적을 차지하는 휘발성 성분이 검출되는 것을 볼 수 있었다. Table 1은 한국산 백삼을 비롯한 4개의 인삼속 식물들의 Fig. 2와 같은 크로마토그램에서 인삼 품종간의 차이를 분명하게 보여주는 향기성분이 검출되는 특정한 Rt들의 frequency pattern

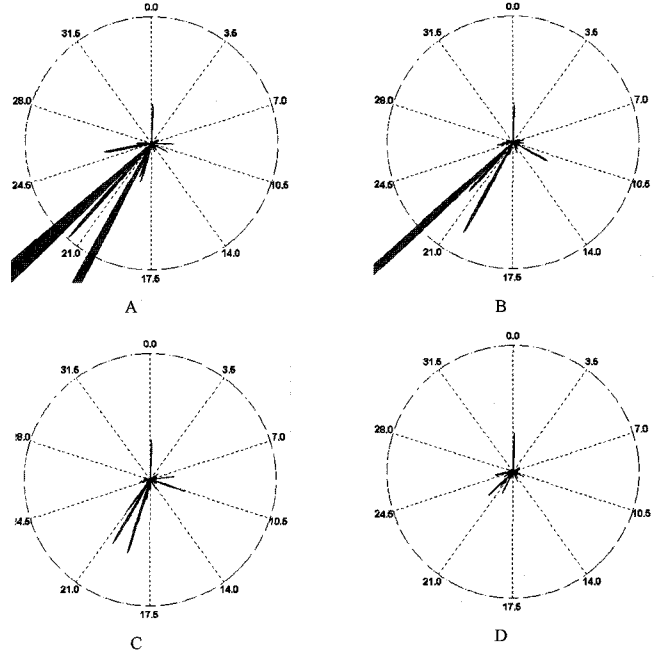


Fig. 4. Polar derivative patterns for *Panax species* using Vapor Print™.

A: Korean *Panax ginseng*, B: *Panax quinquefolium*, C: Chinese *Panax ginseng*, D: *Panax notoginseng*

값을 가장 큰 값(면적)을 보여주는 한국백삼을 기준으로 품종에 따른 특정 향기성분의 면적비를 계산한 것이다. Rt<sub>20.02</sub> 향기성분의 면적비를 보면 한국 백삼이 1일 때 중국백삼 0.212, 화기삼 0.343, 전칠삼 0.065로 나타났다. 이것은 Rt<sub>20.02</sub>에서 검출되는 휘발성 향기성분의 양이 한국 백삼에서 가장 많고, 전칠삼에서 가장 적다는 것을 의미한다. 전체 Rt 동안 검출되는 휘발성향기성분의 총 면적에서도 한국백삼의 면적이 가장 크고, 화기삼, 중국산 백삼, 전칠삼의 순서로 나타났다. 또한 Rt<sub>21.70</sub>, Rt<sub>24.90</sub>의 향기성분에서도 품종에 따라 향기성분의 면적비가 모두 다르게 나타나 품종간의 차이를 뚜렷하게 보여주었다. 특히 Rt<sub>26.15</sub>의 향기 성분은 화기삼과 전칠삼에서는 검출되지 않았고 한국산과 중국산 백삼에서만 검출되었으나, 그 면적이 1과 0.185로 큰 차이를 나타내어 품종이 같은 백삼의 원산지 판별까지도 가능함을 시사해주었다. Table 1의 결과는 인삼 품종간의 향기패턴을 conducting polymer 센서를 사용하여 비교했을 때 전칠삼이 휘발성 물질에 대한 센서의 강도(intensity)가 가장 낮은 품종으로 나타난 이<sup>(19)</sup> 등의 연구 결과와도 일치하는 경향을 나타내었다. 한편 전체 Rt에서의 진동수 값(frequency pattern)을 나타낸 Fig. 2와 같은 크로마토그램을 360°로 도형화(이미지화)하여 Fig. 3과 같은 시료 각각의 고유한 vapor print로 나타내어 PHGC에서 검출된 모든 향기성분들의 패턴을 비교해 보았다. Fig. 3에서 보면 한국산 백삼, 중국산 백삼, 화기삼, 전칠삼 등 품종 및 원산지에 따라 시각적으로 뚜렷하게 서로 다른 패턴을 나타내어 품종간의 향기 패턴이 확실히 구분됨을 알 수 있었다. 구체적으로 Rt 17.5~24.5 사이의 전체적인 피크 면적을 보면 화기삼과 한국산 백삼의 경우는 큰 면적을 차지하는 향기 성분이 검출되었지만 전칠삼과 중국산 백삼

Table 1. Ratios of peak area for chromatogram of frequency pattern of the *Panax* species by PHGC

Retention time (sec)	Panax species			
	Korean <i>Panax ginseng</i>	<i>Panax quinquefolium</i>	Chinese <i>Panax ginseng</i>	<i>Panax notoginseng</i>
Rt <sub>20.02</sub>	1	0.343	0.212	0.065
Rt <sub>21.70</sub>	1	0.248	0.005	0.030
Rt <sub>24.90</sub>	1	0.871	0.046	0.674
Rt <sub>26.15</sub>	1	- <sup>1)</sup>	0.185	- <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>not detect.

은 큰 면적을 차지하는 향이 검출되지 않았다. 그 중에서도 중국 전칠삼의 향기 성분이 가장 적게 검출되었고, 한국산 백삼이 다양한 향기 성분이 검출되었을 뿐 아니라 면적도 가장 커서 향기성분의 양도 가장 많은 것으로 나타났다. 또한 품종이 동일한 백삼의 경우 중국산은 Rt<sub>17.50-24.50</sub>의 면적이 한국산에 비해 아주 작았으며 한국산은 상대적으로 크게 나타나 원산지에 따른 향기 패턴의 차이도 분명한 것으로 나타났다.

한편, 품종 및 원산지의 차이를 나타내는 특정 향기 성분을 좀 더 명확하게 볼 수 있도록 Fig. 3의 크로마토그램을 미분한 derivative pattern의 chromatogram을 도형화하면 Fig. 4와 같다. Fig. 4에서 보면 각각의 특정 Rt에서 향기성분들의 면적이 뚜렷한 차이를 보여주어 인삼 품종들 사이의 향기 패턴은 물론이고, 한국산 백삼과 중국산 백삼간의 원산지에 의한 차이도 확실하게 보여주었다. Fig. 3과 4의 결과는 PHGC로 측정된 frequency pattern이나 derivative pattern 모두 시료를 사이의 향기패턴의 차이를 시각적으로 명확하게 보여주어 인삼속 식물들의 품종 및 원산지 판별이 가능함을 보여주었다.

본 실험은 GC column을 통과하여 향이 분리된 것이므로 사람이 감지하는 향과 다를 수 있다. 기존의 전자코가 향기 패턴의 차이가 있다 또는 없음을 판별할 수 있었다면, PHGC는 향의 패턴의 차이가 있다면 차이를 나타내는 Rt에서 나타나는 향기성분이 어떤 향기성분인지까지도 mass-spectrophotometer만 연결시키면 동정할 수 있다는데 큰 의미가 있다.

최근 수입농산물의 무분별한 도입은 국민의 건강을 위협하고 있다. 이들 수입농산물은 품질을 보증하기가 어렵다. 또한 원형이 파괴된 1차 가공품 형태로 수입되어 품종이나 원산지가 둔감되는 경우도 매우 많다. 이런 위험성을 내포한 수입 농산물의 분별이 시급한 상황이지만 손쉽고 간단하게 분석 할 수 있는 장비가 부족한 시점에서 PHGC는 수입 농산물의 도입으로 야기되는 많은 문제점들을 해결 할 수 있을 것으로 기대된다.

## 요 약

분말상태의 인삼속 식물들의 품종 및 원산지를 판별하기 위하여 SAW 센서가 내장된 PHGC를 이용하여 향기 패턴을 분석하였다. 한국 백삼을 1로 기준할 때 전체적인 Rt에 대한 frequency pattern의 면적비는 화기삼 0.248~0.871, 전칠삼 0.030~0.674, 중국산 백삼 0.005~0.212 범위로 나타났다. 분명한 차이를 나타내는 몇 개의 특정 향기성분의 면적비를 보면 Rt<sub>20.02</sub>에서 한국산 백삼 1일 때, 중국산 백삼 0.212, 화기

삼 0.343, 전칠삼 0.065이었다. 또한 Rt<sub>21.70</sub>과 Rt<sub>24.90</sub>에서 검출되는 향기성분의 면적비도 품종간의 차이가 뚜렷하였다. 한국산 백삼과 중국산 백삼에서 검출된 Rt<sub>26.15</sub> 향기성분의 면적비는 각각 1과 0.185로 나타나 원산지간의 차이도 분명히 나타났다. Rt<sub>26.15</sub>의 향기성분은 화기삼과 전칠삼에서는 검출되지 않았다. Frequency pattern, derivative pattern을 Vapor print<sup>TM</sup>을 사용하여 도형화하여 비교한 결과 한국 백삼(Korean *Panax ginseng* C.A. Meyer), 화기삼(미국산, 서양삼, *Panax quinquefolium* L.), 전칠삼(*Panax notoginseng* F.H. Chen), 중국산 백삼(Chinese *Panax ginseng*)은 서로 다른 패턴을 보여 주어 품종간의 차이는 물론 원산지의 차이도 뚜렷하게 나타났다.

## 문 헌

- Garrigues, S.S. On panaguilon, a new vegetable substance. Ann. Chem. Pharmacol. 90: 231-235 (1854)
- Brekman, I.I. and Dardymov, I.V. New substance of plant origin which increase nonspecific resistance. Ann. Re. Pharm. 9: 419-425 (1969)
- Hohrhammer, L., Wagner, H. and Lay, B. Zur kenntnis der inhaltsstoffe von radix *Panax ginseng* C.A. Meyer. Pharm. Ztg. 106: 1307-1312 (1961)
- Wagner-Jauregg, T. and Roth, M. Uber panaxol, Einen neuen inhaltsstoffe "rotor" ginseng wurzeln. Pharm. Acta. Helv. 37: 352-357 (1962)
- Shibata, S., Fujita, M., Itokawa, H., Tanaka, O. and Ishiji, T. Studies on constituents of Japanese and Chinese crude drugs. XI. Panaxadiol, a sapogenin of sinseng roots (1). Chem. Pharm. Bull. 11: 759-764 (1963)
- Jeon, B.S., Yang, J.W., Park, C.K., Ko, S.R., Horino, T., Son, J.R. and Park, W.J. Composition of mineral components of ginseng on age and cultivated area. J. Korean Soc. Food Nur. 22: 592-595 (1993)
- Kim, E.H., Choi, K.J., Ko, H.J. and Oh, S.C. Distribution and composition of dietary fiber in various parts of ginseng root. J. Ginseng Res. 22: 289-293 (1998)
- Chung, Y.Y., Lee, M.G., Chun, C.M. and Jo, J.S. Comparison of growth and morphological characteristics among the Korean ginseng, the American ginseng and the Bamboo ginseng. J. Ginseng Res. 22: 147-153 (1998)
- Korea Ginseng and Tobacco Research Institute. Comparison of morphology and quality of various *Panax species*. pp. 100-110. In: Korean Ginseng. Korea Ginseng and Tobacco Research Institute, Chun-II, Korea (1994)
- Hong, H.K., Park, H.S., Yun, D.H., Sin, H.W., Kwon, C.H. and Lee, K.C. Technical trend of electronic nose system. J. Korean Institute of Electrical and Electronic Material Engineers. 8: 509-516 (1995)
- Lee, B.Y. Application of electronic nose for aroma analysis of

- persimmon vinegar concentrates. Korean J. Food Sci. Technol. 31: 314-321 (1991)
12. Lee, B.Y. and Yang, Y.M. Analysis of aroma patterns of Nagaimo, Ichimo and Tsukuneimo by the Electronic nose. Korean J. Food Sci. Technol. 33: 24-27 (2001)
  13. Noh, B.S., Ko, J.W. and Kim, S.J. Application of electronic nose in discrimination of the habitat for special agricultural products. Korean J. Food Sci. Technol. 30: 1051-1057 (1998)
  14. Noh, B.S., Yang, Y.M., Lee, T.S., Hong, H.K., Kwon, C.H. and Sung, Y.K. Prediction of fermentation time of Korean style soybean paste by using the portable electronic nose. Korean J. Food Sci. Technol. 30: 356-362 (1998)
  15. Llobet, E., Hines, E.I., Gardner, J.W. and Franco, S. Non-destructive banana ripeness determination using a neural network-based electronic nose. Meas. Sci. Technol. 10: 538-548 (1999)
  16. Yang, Y.M., Han, K.Y. and Noh, B.S. Analysis of lipid oxidation of soybean oil using the portable electronic nose. Food Sci. Biotechnol. 9: 146-150 (1998)
  17. Lee, B.Y., Yuk, J.S. and OH, S.R. Aroma pattern analysis of various extracts of *Agastache rugosa* O. Kuntz by Electronic nose. Korean J. Food Sci. Technol. 32: 9-16 (2000)
  18. Lee, B.Y., Yang, Y.M. and Han, C.K. Analysis of aroma pattern of *Gastrodiae Rhizoma* by drying conditions. Korean J. Food Sci. Technol. 34: 13-17 (2002)
  19. Lee, B.Y., Yang, Y.M., Chang, C.S., Shim, K.H. and Lee, O.H. Analysis of aroma pattern of *Panax species* by Electronic nose. Food Sci. Biotechnol. 11: 131-135 (2002)
  20. Lee, J.H., Choi, H.S., Chunf, M.S. and Lee, M.S. Volatile flavor components and free radical scavenging activity of *Cnidium officinale* (in Korean). Kor. J. Food Sci. Technol. 34: 330-338 (2002)
  21. Kim, J.H. and Noh, B.S. Detection of irradiation treatment for red peppers by an electronic nose using conducting polymer sensors. Food Sci. Biotechnol. 8: 207-209 (1999)
  22. Han, K.Y., Kim, H.H. and Noh, B.S. Identification of the volatile compounds of irradiated meat by using the electronic nose. Food Sci. Biotechnol. 10: 668-672 (2001)
  23. Staples, E.J., Matsuda, T., Viswanthan, s. Real time environmental screening of air, water and soil matrices using a novel field portable GC/SAW system. Environmental Strategies for the 21st Century, Asia Pacific Conference, 8-10 April, Sigapore (1998)
  24. Staples, E.J. The electronic nose-a new enforcement tool. ONDCP international technology symposium. Washington, DC, USA (1999)
  25. Staples, E.J. Dioxin/Furan detection and analysis using a SAW based electronic nose. Proceeding of the 1998 IEEE International Ultrasonic symposium. Oct. Sendai, Japan (1998)
  26. <http://www.estcal.com>

---

(2002년 9월 16일 접수, 2002년 10월 2일 채택)