

## Mass Spectrometer를 바탕으로 한 전자코를 이용한 식물성 유지가 혼합된 참기름의 판별 분석

손희진 · 홍은정 · 고상훈<sup>1</sup> · 최진영<sup>2</sup> · 노봉수\*

서울여자대학교 식품공학과, <sup>1</sup>세종대학교 식품공학과, <sup>2</sup>한북대학교 식품영양학과

### Identification of Vegetable Oil-added Sesame Oil by a Mass Spectrometer-based Electronic Nose

Hee-Jin Son, Eun-Jeung Hong, Sanghoon Ko<sup>1</sup>, Jin Young Choi<sup>2</sup> and Bong-Soo Noh\*

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

<sup>1</sup>Department of Food Science and Technology, Sejong University

<sup>2</sup>Department of Food and Nutritional Sciences, Hanbuk University

#### Abstract

Sesame oils are partially mixed with other vegetable oils due to high price in a Korean market. To find out authentic sesame oil, a mass spectrometer-based electronic nose (MS-based E-nose) was used. Sesame oil (Se) was blended with soybean oil (So) or corn oil (Co) at the ratio (Se:So, Se:Co) of 97:3, 94:6, 91:9, 88:12 and 85:15, respectively. Intensities of each fragment from sesame oil by MS-based E-nose were completely different from those of soybean oil or corn oil. The obtained results were used for discriminant function analysis (DFA). Volatile organic components (VOC) of soybean oil or corn oil were similar to those of fresh air and DFA plot indicated a significant separation of pure sesame oil and pure other oil. The group of the mixed oil was separated with that of sesame oil in DFA plot and the added amount of soybean oil to sesame oil was correlated with discriminant function first score (DF1). MS based E-nose system could be used as an efficient method to investigate the purity of sesame oil.

**Key words:** sesame oil, soybean oil, corn germ oil, electronic nose, mass spectrometrer

## 서 론

참기름은 강한 항산화성을 가진 sesamin, sesamol, sesamol인 함유되어 있어 노화를 억제하고 암의 예방에도 유익한 것으로 인식되어 있으며 불포화지방산이 많아 영양학적으로도 우수하여 널리 사용되고 있다(Aruoma, 1995; Fukuda et al., 1985 and 1986; Hwang et al., 1983; Joo & Kim, 2002; Lyon, 1972; Park et al., 1991). 참기름은 가격이 비싸고 타 유지에 비하여 선호도가 높아 값이 싼 수입 참깨의 기름이나 다른 식물성 기름에 의해 변조 판매되기 쉬운 설정이며 그 품질도 균일하지 않다. 이에 따라, 가짜 참기름의 범람을 억제하고 식품 안전성을 제공하기 위하여 식품의약품 안전청에서는 참기름 진위판별을

위한 규격을 제정하고 2006년 12월부터 시행하기에 이르렀다(KFDA, 2007).

참기름의 진위를 판별하는 방법에 대한 연구들은 오래 전부터 계속되어 왔다. Infrared spectrometry, 질량분석기와 GC등을 이용하여 참기름의 순도 분석법이 보고(Kim, 2004; Lee & Joo, 1998; Ro & Lee, 1983)된 바 있으나 이런 방법들은 복잡한 전처리 과정으로 인하여 일부 휘발성분의 손실이 예상되며, 많은 시간이 소요되므로 많은 양의 시료를 분석하는 데에 어려움이 많다. 그리고 복잡한 전처리 과정이 요구되고 또, 많은 시간이 소요되는 시스템에 비하여 최근 관심을 받고 있는 전자코를 이용한 분석은 비파괴적인 분석 방법으로, 신속하고 편리하게 휘발성분의 패턴을 분석할 수 있다. 이중 metal oxide sensor(MOS) 유형의 전자코는 multi-sensor array 기술을 이용, 특정향기 또는 냄새 성분이 각각의 센서에서 전기 화학적 반응을 일으켜 전기적인 신호로 변환되는 원리로서 사람의 후각인지 체제를 모방한 판별분석, 주성분분석 등의 패턴인식 소프트웨어를 사용하여 냄새를 감별하고 시료간의 분별을 가능하게 한다(Shin & Lee, 2003; Shin & Lee, 2005). GC/MS

Corresponding author: Bong-Soo Noh, Department of Food Science and Technology, Seoul Women's University, 126 Kongleung 2-dong, Nowon-ku, Seoul 139-774, Korea

Tel: +82-2-970-5636 ; Fax: +82-2-970-5977

E-mail: bsnoh@swu.ac.kr

Received August 31, 2009; revised November 10, 2009; accepted November 11, 2009

가 향기 성분을 하나씩 분리 동정하는데 반하여 전자코는 시료 전체의 향을 감지하는 특성을 가지고 있어 식품류의 품질평가 및 관리, 숙성 평가 등에 널리 활용되어 왔다.

Kim(2004)은 기존의 GC, GC-MS 분석 방법들을 동원하여 구성성분의 양이나 비율 등의 차이를 바탕으로 혼합 참기름의 차별성을 발견해 내고자 하였다. 결국 linoleic acid와 erucic acid의 함량비율에 따라서 차이가 있다는 것을 알아내었으며 이 방법을 이용하여 분석할 경우 10% 이상 혼합된 시료는 분별이 가능하나 그 이하의 범위에서는 구분하기가 어려운 것으로 나타났다.

MOS센서형태의 전자코는 센서에 산소가 접촉하여 전자를 빼앗아 전기전도도가 상승하는 원리를 이용한 것으로 이때 냄새 성분을 포함한 가스에 환원성 물질 등이 존재하면 전기전도도의 상승이 감소한다. MOS 형태의 전자코는 정성적인 차이 즉 두 개 이상의 제품간 품질의 차이를 구별하는 데에 용이하여 제품의 품질 관리 목적으로 많은 분야에서 활용되고 있으나 재현성이나 정확성에서 다소 떨어져 정량적인 분석에는 한계가 있다 (Noh, 2005).

최근 기존의 전자코가 갖고 있는 한계점을 극복하고자 정성적인 차이뿐만 아니라 정량적인 분석까지도 가능한 제 2세대 전자코 시스템이 소개되었는데 GC와 surface acoustic wave(SAW)센서를 바탕으로 한 전자코 시스템과 질량분석기를 바탕으로 한 전자코 시스템이 가장 대표적인 시스템들이다(Noh & Oh, 2002; Pavon et al., 2006; Staples, 1998; Staples, 2000).

Saevels et al.(2004)은 질량분석기와 연결된 전자코로 저장 중 사과 휘발물질의 변화를 감지하는 것이 얼마나 가능성이 있는 기술인지 연구하였으며 그들은 기존의 휘발성 물질 측정 기술, 즉 질량분석기를 연결시킨 GC/MS와 비교하여 8개월 동안 휘발물질 프로파일의 변화를 측정하였다. 그 결과 GC/MS 자료로 얻어진 모형은 이에 필적하는 결과를 보여주었다. 이는 질량분석기를 바탕으로 한 전자코가 기존의 GC/MS 방법을 대체할 수 있는 빠른 방법임을 보여 준 것이며, MS를 바탕으로 한 전자코를 이용하여 우유에 함유된 trimethylamine(TMA)의 함량을 0.1 ppm까지 정량분석하기도 하였다(Ampuero et al., 2002). 뿐만 아니라 쌀뜨물과 TMA간의 결합 정도를 전자코로 예측하기도 하였다(Hong et al. 2009).

제품의 이취를 포함한 향기는 개별 휘발성분 뿐 아니라 전체적인 휘발성분의 결합 및 조합에 의해 결정된다. 따라서 aroma 성분에 대한 개별적인 정성 및 정량 분석과 함께 종합적인 aroma profiling이 필요하며, 시료에서 생성된 휘발성분을 전자코를 통하여 새롭게 해석하여 휘발성분의 종합적인 분포 및 profiling의 표현이 가능해졌다(Gardner & Bartlett, 1999). 최근 통계적인 분석기법을 도입하여 휘발성물질로부터 최종 제품의 품질을 결정하고 예상하는 chemometrics 연구가 이루어지고 있는바(Lee et al., 1998) 본

연구에서는 휘발성 물질의 차이에 의해 참기름에 혼합된 타 기름의 혼합 유무를 판별하고자 MS를 바탕으로 한 전자코를 이용하여 분석하고 통계학적인 접근 즉 chemometrics을 통해 새로운 분석 방법을 확립하고자 한다.

본 연구의 목적은 참기름에 혼합된 대두유 및 옥수수유의 혼합량 여부를 판별하고자 혼합으로 유래된 휘발성분을 MS를 바탕으로 한 전자코로 종합적인 패턴 분석을 실시하고 chemometrics를 도입하여 3% 수준까지 미량의 타 기름 혼합 정도를 판별, 검출해 내고자 한다.

## 연구내용 및 방법

### 시료

대두유, 옥수수유, 참기름을 시중 마트에서 구입하여 사용하였다. 시료 1.5 mL를 10 mL vial(Pharma Fix, Chemmea, Slovakia)에 넣은 후 PTFE/silicocone 뚜껑으로 닫은 후 분석시료로 사용하였다.

### 혼합유 제조

순수한 기름을 포함하여 대두유 또는 옥수수유 15, 12, 9, 6, 3 %을 참기름 85, 88, 91, 94, 97 %의 비율(v/v)로 혼합한 후 분석에 이용하였다.

### 전자코에 의한 분석

각각의 시료를 10 mL vial에 넣은 다음 전자코 시스템내의 agitated oven(SMart Nose, Marin-Epagnier, Switzerland)을 이용하여 80°C에서 350 rpm으로 교반하면서 혼합을 유도하였다. 130°C의 주입구 온도를 유지한 가운데 주입하였다. 이 때 사용한 가스는 질소(99.999%)였으며 분당 230 mL의 유속으로 흘려보냈다. 데이터 수집시간은 3분이었으며 분석 후 purge는 3분간 지속되었고 시료사이에서의 purge도 3분간을 유지하였다. Syringe purge는 3초를 유지한 후 thermostatted tray holder에 놓은 후 head space syringe를 사용하여 향기성분을 채취하였다. 이 시료는 자동시료채취기가 연결된 전자코(SMart Nose300, SMart Nose, Marin-Epagnier, Switzerland)로 분석하였다. 분석에 사용된 전자코는 질량분석기(Quadrupole Mass Spectrometer, Balzers Instruments, Marin-Epagnier, Switzerland)가 연결되어 있으며 휘발성 물질들은 70eV에서 이온화시켜 180초 동안 생성된 이온물질을 사중극자(quadrupole)질량 필터를 거친 후 특정 질량 범위(10-160 amu)에 속하는 물질을 정수단위로 측정하여 channel수로 사용하였다(Hong et al. 2009).

실험분석 초기에 공기 시료를 대조군으로 사용하여 6번 반복하여 시행하였고 각각의 시료는 3번 반복을 실시하였다.

### 통계분석

각기 다른 channel의 intensity는 matrix형태로 기록되었

으며 이온화되어 얻어진 분자들의 질량별 검출량을 선택하  
 되 가장 차별성을 높게 표현하는 분자량(m/z)을 갖는  
 variables 그룹을 20-30개 선정하여 판별함수분석(discriminant  
 function analysis)을 실시하였다. 이때 사용된 소프트웨어는  
 SMart Nose사 통계분석소프트웨어(SMart Nose, Marin-  
 Epagnier, Switzerland)를 사용하였다.

### 결과 및 고찰

참기름 및 참기름과 혼합된 기름의 휘발성 향기물질을  
 MS를 바탕으로 한 전자코를 사용하여 분석하였다. 시료분  
 석을 위해 시료채취 및 주입시 발생 가능한 휘발성 향기성  
 분에 의한 오차를 최소화하기 위하여 syringe에 질소를 충  
 전함으로써 zero index를 유지하여 사용하였다.

Fig. 1은 각 기름별의 mass spectrum을 보여 주고 있다.  
 40 amu이하인 fragment(m/z)는 주로 공기성분에 해당하는  
 것으로 40-160 amu에서의 intensity에 초점을 두어 비교분

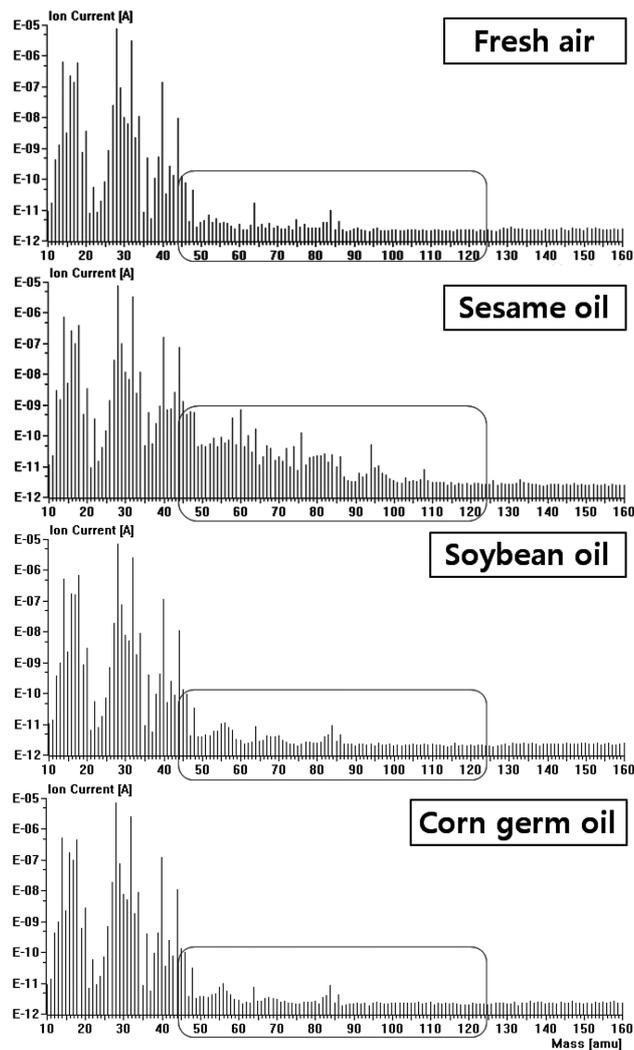


Fig. 1. Mass spectrum of different oils by MS based E-Nose

석하였다. 참기름 의 경우 amu값이 110까지 여러 가지 성  
 분들이 검출되는 것을 보여주고 있으나 대두유나 옥수수기  
 림의 경우 이 범위에서 매우 깨끗한 양상을 보여 주고 있  
 다. 이는 참기름의 휘발성 향기성분의 감응도에 비해 대두  
 유와 옥수수유의 경우 감응도가 상대적으로 낮아 향기성분  
 의 패턴 영향에 큰영향을 미치지 않을 것으로 판단된다.  
 순수한 공기의 mass spectrum의 경우 110 amu 이상에서  
 향기성분이 검출되는 100% 참기름과는 다른 양상을 보여  
 주고 있으나 대두유 또는 옥수수유와는 비슷한 향기패턴을  
 보이고 있다. Joo & Kim(2002)에 따르면 참기름의 독특한  
 향기성분을 나타내는 hetero고리 화합물은 대두유, 옥수수  
 유에 포함되어 있지 않으며 이들 기름을 각각 10%씩 첨가  
 한 참기름 혼합유를 측정 한 결과 공통적으로 14개의  
 pyrazine 중에서 methylpyrazine을 포함하여 8개가 소멸되  
 었다. 이는 100% 순수 참기름에 비해 대두유와 옥수수유  
 의 경우 상대적으로 낮은 향기성분 감응도를 나타내고, 참  
 기름에 대두유와 옥수수유를 혼합함에 따라 향기성분 감응  
 도가 낮아지는 본 연구결과와 상응한다. 전자코는 복잡한  
 전처리에 의한 향기성분의 손실 또는 변화에 유리한 특성  
 을 지니고 있으며, GC/MS가 향기 성분을 하나씩 분리 동  
 정하는데 반하여 시료 전체의 향을 감지하기 때문에 기존  
 의 분석법에 비해 기타 식물성 유지의 혼입 여부를 예측하  
 기에 더욱 적합한 것으로 사료된다. 이러한 전자코의 특성  
 으로 인하여 3% 수준의 미량의 혼입량 여부까지 판별, 검  
 출하였다.

Fig. 2는 대두유 15%와 참기름 85%, 옥수수유 15%와  
 참기름 85%를 혼합한 기름의 mass spectrum으로 순수한  
 100% 참기름의 mass spectrum에 비해 휘발성 향기성분에

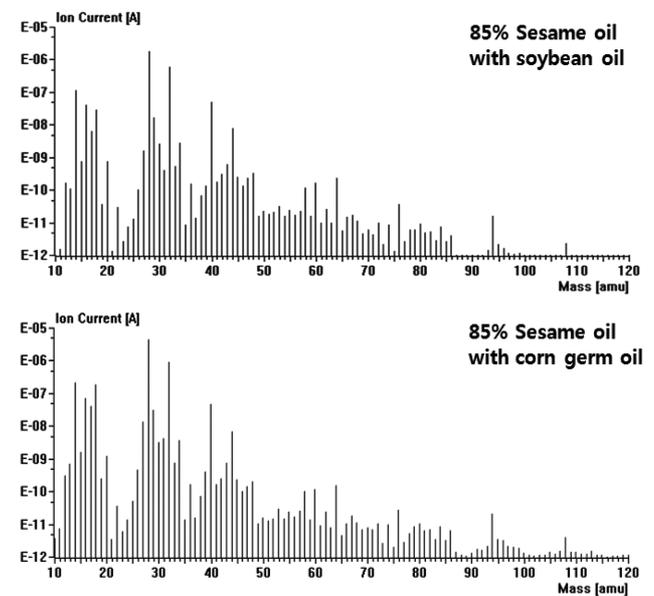


Fig. 2. Mass spectrum of mixed oils (85% sesame oil + 15% other vegetable oil) by MS based E-Nose

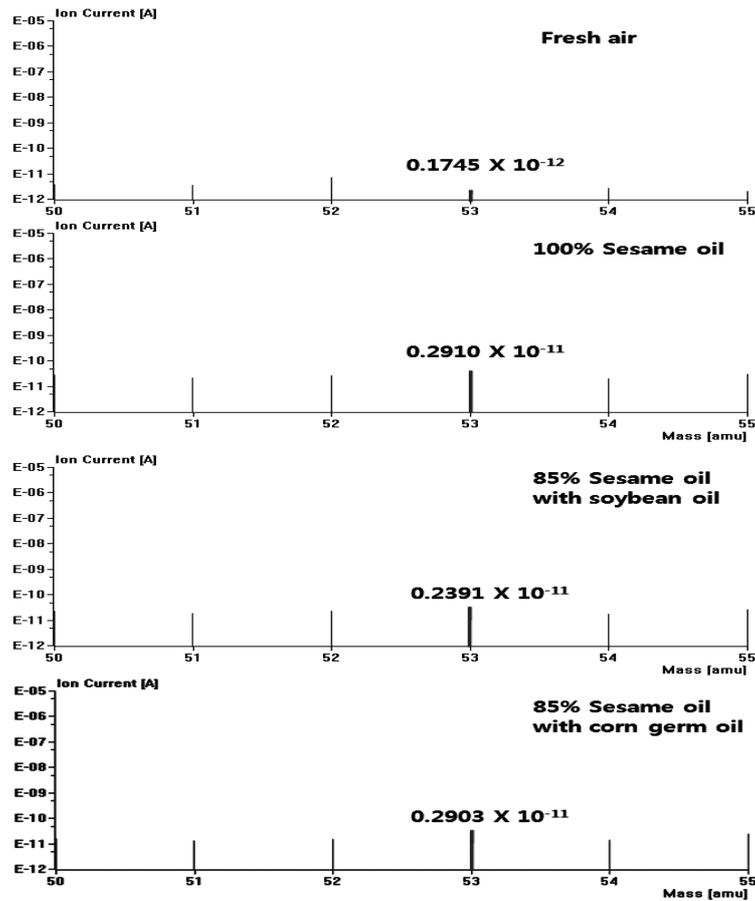


Fig. 3. Comparison of a part of mass ion(53 amu) fragments of volatile compounds for sesame oils by MS based E-Nose

대한 감응도가 상대적으로 낮은 것을 확인할 수 있다. 참기름과 혼합한 기름의 경우 휘발성 향기 성분으로부터 생성되는 ion fragment 중 각 시료 간에 차별성이 높은 fragment(m/z)를 20-30여개(52, 62, 53, 68, 58, 54, 50, 57, 55, 71, 51, 56, 98, 97 ...) 선택하여 해당 intensity 값을 판별함수분석을 실시하는데 이용하였다. 시행착오 과정을 거쳐 가장 차별성을 높게 표현하는 분자량(m/z)을 갖는 variables 그룹 20-30여 개 정도를 선정하는 것은 통계프로그램에 의해 자동적으로 선별되었다. 순수한 참기름과 혼합된 참기름의 향기성분 감응도가 가장 민감한 차이를 보이는 ion fragment 로는 53 amu가 있으며 시료마다 53 amu의 값을 확대하여 본 결과 시료 간에 차이를 확연히 볼 수 있었고 이를 통해 혼합된 기름의 정도에 따른 향기성분 변화를 정량적으로 확인할 수 있었다(Fig. 3). 이때 53 amu는 혼합된 기름의 양을 달리하여 전자코 분석을 하였을 때 얻을 수 있는 150여 개의 peak들 중에 농도 차에 따른 차이가 가장 크게 변하는 peak값으로 참기름의 주요 향기성분인 pyrazine류로 확인되었고 제조된 참기름의 향기성분 변화에 중요한 역할을 한다.

100% 순수한 참기름 및 대두유와 옥수수유, 들기름을 분석한 결과 Fig. 4에서 보는 바와 같이 대두유나 옥수수기름

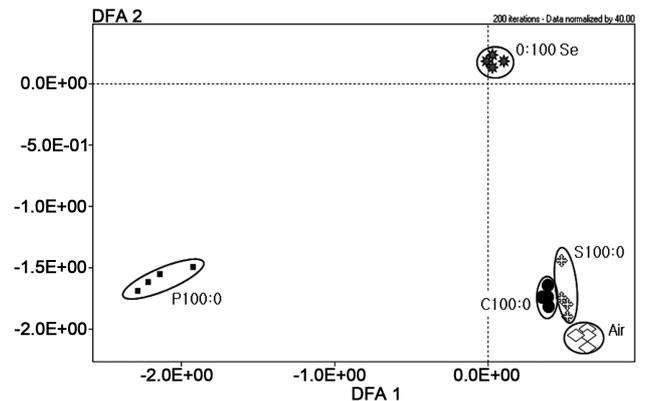


Fig. 4. Discriminant function analysis of the electronic nose data for pure oils. (Se: Sesame oil, P: Perilla oil, S: Soybean oil, C: Corn oil.)

의 경우 순수한 공기와 유사한 위치에서 구분이 되었고 이들은 참기름, 들기름과는 뚜렷하게 구분되었다. 이것은 Fig. 1에서 나타난 결과로부터 예상할 수 있는 것이다. 85%의 참기름에 15%의 타 기름을 혼합한 경우 100% 참기름에 보다 근접한 위치에서 나타나는 것으로 볼 수 있으며 이는 혼합유의 함량에 따라 옥수수유와 대두유의 경우는 DF1

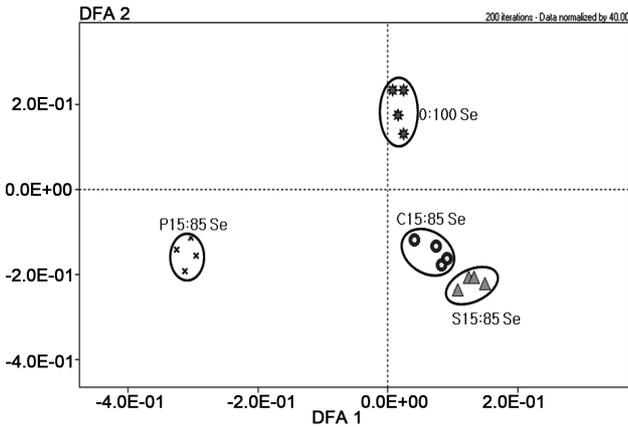


Fig. 5. Discriminant function analysis of the electronic nose data for mixture of perilla oil (P), soybean oil (S) and corn oil (C) with sesame oil (Se) at ratio of 15% vs 85%

(Discriminant Function first score)은 양에서 음의 방향으로, DF2(Discriminant Function second score)의 경우는 음에서 양의 방향으로 이동한다(Fig. 5). 이들은 기름간의 특성에 따라 구분이 이루어졌으며 옥수수유나 대두유를 혼합한 시료는 서로 비슷한 위치에 있어 이들 두 가지 기름은 전반적으로 휘발성분의 감응도가 낮은 것으로 보여 진다.

15, 12, 9, 6, 3, 0%의 대두유가 혼합된 참기름을 MS를 바탕으로 한 전자코로 분석하여 ion fragment(m/z)를 선별한 후 순수한 참기름 및 대두유가 첨가된 참기름과 함께 판별함수분석을 실시하였더니 순수한 참기름 100%와 100%의 대두유 간에 각각의 위치로부터 혼합된 들기름의 농도에 따라 비례적인 상관관계를 보여주고 있는데 이 경우 F값은 226.03이었으며 R<sup>2</sup>값은 0.9899로 매우 높은 상관관계를 보여주었다(Fig. 6). Fig 7은 Fig. 6에서 대두유가 15%까지 혼합된 부분을 확대한 것으로, 이는 DF1의 양의 방향에서 음의 방향으로, DF2의 음의 방향에서 양의 방향으로 이동하면서 각각 구분이 되었으며 혼합량에 따라 비

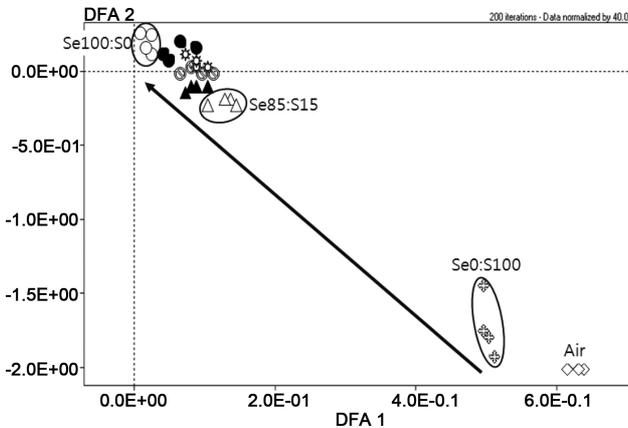


Fig. 6. Discriminant function analysis of the electronic nose data for mixed oil with soybean oil (S) and sesame oil (Se) at different ratios of concentration

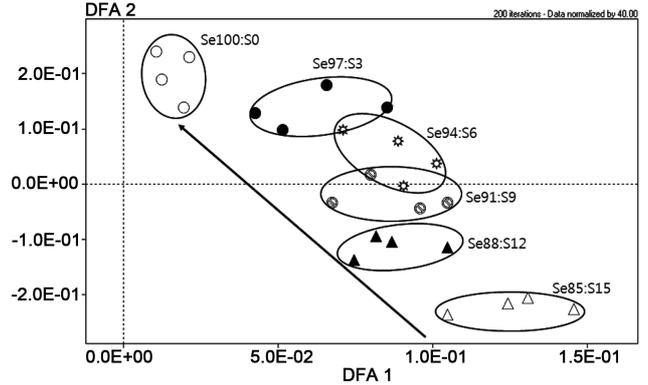


Fig. 7. Zooming of Fig. 6. Discriminant function analysis of the electronic nose data for mixed oil with soybean oil (S) and sesame oil (Se) at different ratios of concentration

례적인 상관관계를 확인 할 수 있다. 이로써 대두유로 참기름의 일부를 교체하여 유통질서를 흐뜨리는 경우 정량적인 차이까지도 전자코에 의하여 그 차이를 구분해 낼 수 있음을 보여주고 있다.

본 연구에서는 특정회사의 한 개의 참기름 제품을 사용하였으나 제조회사 및 재배 산지, 볶음 온도와 시간과 같은 제조 조건에 따라서도 참기름의 향기 패턴에 차이가 나는 바 향후 이런 차이까지도 구별할 수 있는 판별방법을

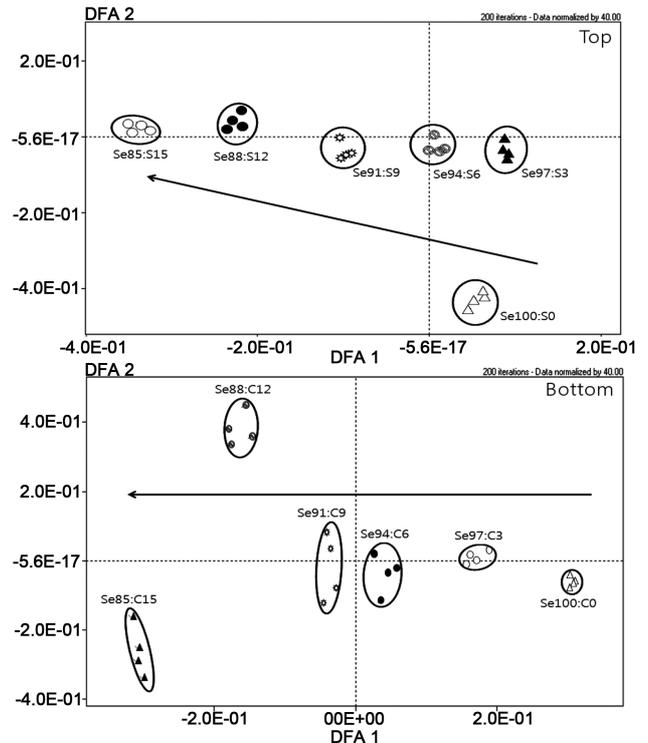


Fig. 8. Discriminant function analysis of the electronic nose data for mixed oils at different ratios of concentration. (Top: mixed oils with soybean oil (S) and different commercial sesame oil (Se), Bottom: mixed oils with corn germ oil (C) and different commercial sesame oil (Se))

더 수행되어야 할 것으로 생각된다(Lee et al., 1993). Fig. 8은 시판 참기름간의 착유조건에 따른 변화 및 향기 성분 패턴의 차이를 확인하기 위하여 각기 다른 제조원으로부터 생산된 참기름에 대두유의 함량을 달리하여 분석한 결과 DF1의 양의 방향에서 음의 방향으로 일정한 비율로 이동하는 것을 확인할 수 있었다(Fig. 8 Top). 또한 같은 함량의 옥수수유를 첨가하여 분석한 결과 DF1의 양의 방향에서 음의 방향으로 이동하는 것을 알 수 있었고 이는 대두유의 패턴과 상당량 동일한 것으로 판단된다(Fig. 8 Bottom).

최근 이런 문제를 해결하는 방법에 하나로 활용되는 기술이 인공지능망을 통한 반복학습과 훈련에 의한 분석(Haia & Wang, 2006)인데 수백개 이상에서 수만 개까지의 다양한 데이터를 반복적으로 학습시켜 얻어진 학습데이터로부터 제조조건이나 원산지가 다른 데에서 기인하는 문제 까지도 극복할 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구는 이제 까지 주로 정성적인 분석에 바탕을 두어 품질 관리 목적으로 활용되어 온 전자코 시스템의 응용 분야를 한층 더 확대하고자 정량적인 분석을 실시할 수 있다는 가능성을 보여준 연구이다. 이는 한 개의 검출기만으로 측정하는 것이 아니라 수십개 내지는 수백개의 센서 역할을 하는 ion fragment를 이용하여 선별함으로써 미량인 물질의 혼입여부를 판별하는 분석방법으로 이물질의 생성 여부를 가려 낼 수 있을 것이다.

전자코를 이용한 분석은 식품 성분 간의 상호 반응이나 저장 유통 과정 중에 생성되는 미량물질에 대한 분석 방법으로 그 활용가치가 기대되며 특히 전처리 과정이 생략되므로 전처리 과정에서 손실되기 쉬운 성분들에 대한 분석이 용이할 것으로 예상된다. 기존의 분석 방법과 비교하여 정확하면서도 간편하고 신속하게 처리할 수 있기 때문에 많은 시료에 대한 반복 실험을 실시함에 손쉽게 처리할 수 있는 방법으로 활용될 수 있을 것이다. 본 연구에서 사용 및 개발한 연구 방법은 지질유래 휘발성분 뿐 아니라 유기 휘발성분의 분석(VOC), 향기성분의 분석, 비효소적 갈변화에 의한 휘발성분의 분석 등에도 응용될 수 있을 것이다. 또한 aromagram 및 chemometrics를 동시에 이용한 연구는 현재 많이 진행되지 않았는데 전자코 분석에서 얻어진 데이터를 바탕으로 수치해석을 통한 모델시스템의 개발이 가능할 것으로 여겨진다.

## 요 약

참기름은 높은 항산화활성 및 항암작용 등의 우수한 영양학적 가치를 지니는 반면 비싼 가격으로 인하여 가짜 참기름의 유통이 범람하여 이를 판별할 수 있는 분석 방법의 확립이 요구되는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 질량분석기를 바탕으로 한 전자코를 이용하여 대두유가 혼합된

참기름을 제조하여 진위 판별을 시도하기 위하여 각각의 유지를 전자코를 이용하여 분석, 통계처리하였다. 혼합 참기름의 휘발성 향기성분으로부터 생성되는 ion fragment 중 40-160 amu에서 각 시료 간에 차별성이 높은 fragment (m/z)를 선택하여 해당 intensity값을 판별 분석한 결과, 참기름 및 대두유는 뚜렷하게 구분되었다. 참기름 및 대두유, 옥수수유, 들기름을 각각의 순수한 상태로 향기성분 분석을 한 결과 서로 다른 위치에서 정확하게 분리됨을 알 수 있었고, 대두유와 옥수수유의 경우 타 기름과는 달리 순수한 공기 성분과 비슷한 위치에서 확인되는 것으로 휘발성 향기성분의 감응도가 상대적으로 낮은 것으로 판단된다. 미량의 대두유가 혼합된 참기름은 첨가된 대두유의 농도에 비례하여 제1판별함수값(DF1)과 높은 상관관계를 나타내었다. 참향후 참기름의 위조 여부를 검증하는 방법에 하나로 활용될 수 있을 것이다.

## 감사의 글

본 연구는 한국학술진흥재단의 기초연구지원사업의 KRF-2007-313-F00101 과제로 수행되었으며, 그 지원에 감사드립니다.

## 참고문헌

- Ampuero S, Zesiger T, Gustafsson V, Lunden A, Bosset JO 2002. Determination of trimethylamine in milk using an MS based electronic nose. *Eur. Food Res. Technol.* 214:163-167.
- Aruoma OI. 1995. Assesment of potential prooxidant and antioxidant action. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 73:1617-1625.
- Fukuda Y, Nagato M, Osawa T, Namiki M. 1986. Contribution of lignan analogues to antioxidative activity of refined unroasted sesame seed oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 63:1027-1031.
- Fukuda Y, Osawa T, Namiki N, Ozaki T. 1985. Studies on antioxidative substances in sesame seed. *Agric. Biol. Chem.* 49:301-306.
- Gardner JW, Bartlett PN. 1999. *Electronic Noses : Principle and Applications.* Oxford University, Oxford, UK.
- Haia Z, Wang J. 2006. Electronic nose and data analysis for detection of maize oil adulteration in sesame oil. *Sensors and Actuators B119:449-455.*
- Hong EJ, Son HJ, Kang HJ, Noh BS. 2009. Analysis of binding trimethylamine with rice-washed solution using electronic nose based on mass spectrometer. *Korean J. Food Sci. Technol.* 41: 509-514.
- Hwang KS, Hawer WS, Nam YJ, Min BY. 1983. Fatty acid composition and its application to detection of the adulterated sesame oil. *J. Korean Agric. Chem. Soc.* 26:157-162.
- Joo KJ, Kim JJ. 2002. Oxidative stability and flavor compounds of sesame oils blended with vegetable oils. *Korean J. Food Sci. Technol.* 34:984-991.
- KFDA, [http://www.kfda.go.kr/open\\_content/kfda/news/press\\_view.php?seq=1076](http://www.kfda.go.kr/open_content/kfda/news/press_view.php?seq=1076), Accessed Aug. 29, 2007

- Kim KS. 2004. Study of discrimination of authenticity for sesame oil and improvement of distribution system. *KFDA research report*. 8:2165-2166.
- Lee, DS, Noh BS, Bae, SY, Kim, K. 1998. Characterization of fatty acids composition in vegetable oils by gas chromatography and chemometrics. *Anal. Chim. Acta*, 358:163-175
- Lee SH, Joo KJ. 1998. Analysis of volatile flavor compounds in sesame oil extracted by purge and trap method. *Korean J. Food Sci. Technol.* 30:260-265
- Lee YG, Lim SU, Kim JO. 1993. Influence of roasting conditions on the flavor quality of sesame seed oil. *J. Korean Agric. Chem. Soc.* 36:407-415.
- Lyon CK. 1972. Sesame: Current knowledge of composition and use. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 49:245-249.
- Noh BS. 2005. Analysis of volatile compounds using electronic nose and its application in food industry. *Korean J. Food Sci. Technol.* 37: 1048-1064.
- Noh BS, Oh SY. 2002. Application of electronic nose based on GC with SAW sensor. *Food Sci. Ind.* 35(3):50-57.
- Park JH, Kim SC, Cho SW, Kim ES, Choi GC, Kim YG, Rhim TG. 1991. Studies on quality evaluation of current sesame oils sold in markets. *Korean J. Food Hygiene* 6:57-66.
- Pavon JLP, Sanchez MN, Pinto CG, Laespada MF, Cordero BM, Pena AG. 2006. Strategies for qualitative and quantitative analyses with mass spectrometry based electronic nose. *Trends in Anal. Chem.* 25:257-266.
- Ro JH, Lee MS. 1983. Studies on the contents of special components and estimation of purity in sesame oil. *Korean J. Nutr.* 16:107-114.
- Saevels S, Lammertyn J, Berna AZ, Veraverbeke EA, Natale CD, Nicolai BM. 2004. An electronic nose and a mass spectrometry based electronic nose for assessing apple quality during shelf life. *Postharvest Biol. Technol.* 31:9-19.
- Shin JA, Lee KT. 2003. The identification of blended sesame oils by electronic nose. *Korean J. Food Sci. Technol.* 35:648-652.
- Shin JA, Lee KT. 2005. Discrimination of sesame oils from imported seeds and their blended ones using electronic-nose system. *Korean J. Food Sci. Technol.* 37:856-860.
- Staples EJ. 1998. Dioxin/Furan detection and analysis using a SAW based electronic nose. In: *Proceedings of the 1998 IEEE International Ultrasonic symposium*. Oct. Sendai, Japan.
- Staples EJ. 2000. Real time characterization of food and beverages using an electronic nose with 500 orthogonal sensors and Vapor-Print™ imaging. *Sensors Expo Convention*, Lake Tahoe, CA, USA.