

고품질 기능성 물질의 품질관리를 위한 전자코 응용

노봉수*

서울여대 식품공학전공

Application of Electronic Nose for Quality Control of The High Quality and Functional Components

Noh, Bong-Soo*

Department of Food Science, Seoul Women's University

Abstract

It's not easy to detect the high quality and functional compounds for control quality of food materials. The electronic nose was an instrument, which comprised of an array of electronic chemical sensors with partial specificity and an appropriate pattern recognition system, capable of recognizing simple or complex odors. It can conduct fast analysis and provide simple and straightforward results and is best suited for quality control and process monitoring in the field of functional foods. Numbers of applications of an electronic nose in the functional food industry include discrimination of habitats for medicinal food materials, monitoring storage process, lipid oxidation, and quality control of food and /or processing with principal component analysis, neural network analysis and the electronic nose based on GC-SAW sensor. The electronic nose would be possibly useful for a wide variety of quality control in the functional food and plant cultivation when correlating traditional analytical instrumental data with sensory evaluation results or electronic nose data.

Key word : medicinal food, electronic nose, quality control

서론

최근 기능성 식품 또는 특용작물에 대한 효과가 알려지면서 이들 원료 성분이나 최종 제품을 어떻게 관리해야 하는가하는 문제에 관심이 모아지고 있다. 이런 제품의 품질 관리는 각 제품의 생리활성물질이나 기능성 성분을 대표하는 품질 지표를 관리함으로써 이루어지고 있는데 품질의 지표가 변질되기도 전에 먼저 변화하는 성분들이 있다면 이런 항목을 분석, 관리함으로써 기능성 제품의 품질을 관리하는 것이 바람직할 것이다. 그 중 제품의 향은 원재료로부터 최종 제품에 이르기까지 매우 중요한 품질요소로서 사용하는

원료, 가공방법, 저장조건 등에 따라 각기 여러 가지 향을 생성하므로 이들을 분석하고 관리하는 일은 매우 중요한 과정이다. 향기성분의 측정방법으로 주관적인 방법인 관능검사법과 객관적인 방법인 기계적 측정법, 즉 gas chromatography(GC)-mass spectrometry와 같은 분석법이 있다(1,2). 관능검사법은 매우 간단하고 신속하며, 빠르며 훈련이 잘된 관능검사 패널들의 경우 많은 훈련을 통하여 재현성이 높은 결과를 얻거나 향의 강도나 배합의 차이를 감지할 수 있다는 장점이 있으나 경우에 따라서는 제품에 대한 개인의 기호도 차이, 식별능력의 차이, 표현방법의 차이 등에 의해 재현성 있는 결과를 얻기가 힘든 경우도 있다(2). 반면, 기기분석 방법은 향에 관여하는 여러 성분의 종류와 농도를 밝힐 수 있어 화학적으로 의미 있는 절대 값을 재현성 있게 얻을 수 있고, 측정자의 심리 상태나 주위환경에 영향을 받지 않으나, 적절한 전처리 방법으로 향추출 방법을 잘 선택해야 하며, 합당한 칼럼의 선택과 분리조건 등을 확립해야 한다. 또, 한 성분의 피크 면적이 크다고 해서 그 향이 강하다고 느낄 수 있는 것이 아니라는 단점이 있어 항상 관능검사를 통해 비교 확인하여야 하며, 높은 상관관계가 인정될 때에만 사용 가치가 있다. 따라서 사람의 관능검사와 GC를 병행하여 실시하는 GC Olfactometry의 방법이 개발되었는데, 실제적으로 어떤 성분이 그 물질의 지배적인 향인지 알 수 있는 방법이다. 그러나 GC와 마찬가지로 설치비용이 많이 들고, 냄새표현에 대한 경험과 식별능력을 가진 숙련된 작업자가 요구되며 많은 시간이 필요하다는 문제점을 안고 있다. 또 많은 종류의 시료를 계속해서 분석해야 하거나 반복시험을 하게 되는 경우 미세한 차이를 판별하기에 역부족이다. 많은 시간이 경과한 후 예전의 실험결과와 비교를 하기 위해서 어려움이 뒤따르며 많은 훈련을 거쳐야만 정확도를 높일 수 있다. 이러한 단점을 극복하고자 사람의 후각 조직이 향을 인지하는 방식으로 사람의 코처럼 미묘하고 복잡한 향과 냄새성분을 감지할 수 있는 보다 객관적이고 자동화된 기기에 대한 필요 욕구가 커져 사람의 후각인지 체계를 모방한 전자코 장치가 소개되었다.

이러한 기술을 이용하여 고품질의 기능성 식품을 품질 관리하는 방안들을 제시하고자 한다.

전자코의 원리

전자코시스템은 크게 3부분으로 나뉘어진다. 우선 향을 모으는 기술로 센서까지 향기성분을 전달하는 과정이이고, 두 번째는 모아진 향기성분들을 비특정센서에 의해 감지하고 신호처리를 하는 센서어레이와 transducer부분이다. 마지막으로 신호를 분석하고 인식할 수 있는 형태로 전환하기 위해 소프트웨어를 이용하여 냄새를 하나의 개체로 만드는 과정으로 구성되어 있다. 전자코는 신속하고 편리한 비파괴적 분석 장치로 GC와 같이 성분 하나 하나를 분리하여 향을 분석하는 것이 아니라 인간이 감지하는 것처럼 제품에 배합된 전체의 향을 감지하는 특성을 가지고 있으며 각 시료에 대하여는 서로 다른 패턴을 보여주는데 제품이 갖고 있는 이러한 패턴은 일종의 지문이라고 할 수 있다(3,4). 패턴 인식 방법으로는 주성분 분석과 같은 다변량 통계분석이 많이 활용되고 있으며 인공신경망의 반복적인 학습을 통하여 미지의 시료 상태를 예측하기도 한다. 그러나 많은 수의 데이터를 확보하여 학습을 시켜야 만이 좋은 결과를 얻을 수 있다는 단점을 내포하고 있다(5,6). 반면, 전자코는 얻어진 자료의 객관적인 자료화가 가능하며 재현성이 보장되고 일정 기간이 지난 후에도 이미 분석한 향분석 자료를 기준자료로 비교하여 활용할 수 있다

는 장점이 있다.

당초 전자코가 개발될 적에는 패턴 분석을 통한 정성적인 분석의 목적을 기대하였으나 최근에는 정량적인 분석까지도 그 기능이 확대되었으며 GC-SAW(Surface acoustic wave)센서가 전자코에 한 부분으로 구성된 것과 마찬가지로 질량분석기를 바탕으로 한 전자코도 소개되었는데 fingerprint mass spectrometry를 사용하게 되면 식품을 구성하고 있는 matrix의 영향을 제거할 수 있기 때문에 복잡한 matrix로 구성되어진 복잡한 시료에 대하여 뛰어난 선택성을 제공하기도 한다.

패턴분석의 경우, GC-SAW를 바탕으로 한 전자코는 frequency 형태로 얻어진 것과 이를 미분하여 얻은 크로마토그램을 VaporPrint™ 이미지 소프트웨어를 이용하여 머무름 시간을 각변수(angular variables), GC의 응답정도를 반경변수(radial variable)로 사용하여 초기의 머무름 시간으로부터 마지막 성분이 검출된 머무름 시간까지를 360°원형 형태로 표시하여 나타냄으로써(7,8), olfactory image를 통하여 비전문가들도 손쉽게 판별할 수 있도록 제시되었다.

전자코를 이용한 분석

전자코를 이용한 식품의 원료나 가공제품 등에 대한 연구는 최근 다양한 분야에 까지 이루어지고 있는 실정이다. 원산지 판별은 물론 완제품의 품질관리나 원료의 이취, 유통기간에 따른 향의 변화, 그리고 발효공정의 조절 및 숙성정도 파악, 미생물의 오염 검출 등에 활용이 되었으며 이에 관련해서는 총설논문을 참고하기 바랍니다(9).

초기의 연구들은 주로 패턴분석을 통한 정성적인 분석이 주를 이루었다면 많은 기술의 발전으로 이제는 정량 분석까지도 가능케 되어 미량성분(ppb level)까지도 검출할 수 있어 보다 더 그 활용 범위가 넓혀지고 있다.

이러한 연구 중 가능성이 높은 원료나 제품의 경우 전자코가 어떻게 활용되어 왔는지를 살펴보고 아울러 앞으로 이용 가능성을 살펴보고자 한다.

인삼 : 인삼과 같이 자체가 최종 제품으로 공급되기도 하고 공정을 통하여 최종 가공제품으로 제조되기도 하는데 이러한 경우 국내에서 생산된 인삼제품과 수입을 통하여 확보한 인삼간에 판별은 매우 중요하다. 인삼의 경우 metal oxide sensor(MOS)형태보다는 MOS와 conducting polymer 센서를 함께한 센서 모듈을 사용하는 것이 판별을 효과적으로 하였다(10)(Fig. 1). 한편 이 등(11)은 신선한 인삼과 스팀 처리한 것, 홍삼 등의 차이를 구별하였고 특히, 홍삼에서 생성된 3-hydroxy-2-methyl-pyran-4-one의 양과 센서의 응답 간에 직선적인 관계가 있음을 보여주었다. 원산지의 농산물에 대하여 분석과정에서 보면 국내산이라 하더라도 토양성분과 기후에 차이를 보이고 있는 경기도, 경상도, 충청도 등의 산지에 따라서도 차이가 있었으나 이런 차이 정도는 수입산에 비하면 미미하여 무시할 수 있었으며 국내산과 수입산의 차이가 국내 지역 간의 제품차이보다도 훨씬 크므로 산지판별이 용이하였다. 수입산 농산물의 경우 원산지의 기후나 토양, 품종 등에 따라 차이가 예상되기도 하나 수확시기, 보관상태 등이 오히려 보다 큰 영향을 미칠 수도 있다.

복령 : 복령의 경우 2001년도 국내산과 수입산 간에는 구별이 되지 않았으나 2002년도 국내산의 경우 수입산과 차이가 뚜렷하게 구분이 되었다. 이것은 2001년산의 경우 보관중 휘발 성분이 휘발되어 전자코에 의해 감지될 수 있는 휘발 성분이 거의 없는 상태일 가능성이 높는데 비하여 2002년산의 경우, 수확한지 얼마 되지 않아 휘발 성분을 많이 포함하고 있는 것으로 수입산과의 판별이 용이한 것으로 보인다. 그러나 이와는 달리 2000년도산과 2001년도산 대추의 경우 83%내의 판별력과 더불어 커다란 차이를 보여 주지는 않았다(12,13). 이처럼 농산물 시료에 따라서 또는 보관 상태에 따라서 차이가 예상되므로 이는 추후 더 관찰되어야 할 것이다.

당귀 : 당귀의 경우 국내산 원료에는 decursion 이라는 성분이 함유되어 있어 전립선 치료나 폐암의 약으로 이용된다. 그러나 외국산 당귀에는 decursion 함량이 거의 없다. 따라서 원산지 판별은 매우 중요한 의미를 내포하고 있다. Mass spectrometer를 바탕으로 한 전자코 분석의 경우(14)나 MOS센서와 CP센서로 구성된 센서 모듈이 이용된 경우 주로 다변량 통계 분석에 의하여 판별되었으나 GC-SAW를 바탕으로 한 전자코인 경우 우선 머무름 시간에 따라 시간적 차이를 두고 SAW센서와 반응을 하기 때문에 순차적인 반응에 의하여 마치 수백 개의 센서를 사용한 것과 같은 효과를 가져와 이렇게 얻어진 휘발성분에 대한 크로마토그램을 이미지를 통하여 뚜렷하게 제시함으로써 국내산 천궁, 오미자, 당귀와 수입산 농산물의 차이를 시각적으로 알기 쉽게 판별하였다(15,16). Fig. 2에서 보는 바와 같이 수입산 당귀, 오미자, 천궁과 국내산 농산물간에 패턴이 뚜렷하게 구분이 되어짐을 알 수 있었다.

허브 : 말레이시아 일대에서 생산되는 허브에 일종인 *Orthosiphon stamineus* 의 경우 GC-SAW를 바탕으로 한 전자코로 얻어진 크로마토그램을 이미지를 통하여 5종의 허브를 구별할 수 있었으나 그중 두 종류의 패턴이 유사하여 이를 다시 주성분분석, 선형판별분석, 집락분석방법을 통하여 보다 확실히 원산지를 구분할 수 있었다. 이처럼 olfactory image와 더불어 다변량 통계 분석을 함께 실시한다면 미세한 차이로 인한 허브 원산지까지도 구별할 수가 있었다(17).

허브가 첨가된 제품의 가공공정에서 품질관리를 위하여 로즈마리, 라벤더 등에 열처리(90, 130℃)한 후 향의 변화를 GC-SAW로 구성된 전자코를 사용하여 관찰하였더니 90℃에서 열처리 한 로즈마리는 시간이 지날수록 제1주성분 값이 감소하는 것을 볼 수 있었고 초기의 열처리를 하지 않은 허브 향과는 뚜렷하게 구분되었다. 130℃에서 가열 처리한 경우도 시간이 지날수록 향의 변화가 더 컸으며 라벤더의 경우도 마찬가지로 전자코의 패턴 변화로 확인되었다. 이처럼 허브 캔디의 가공 공정에 따른 향의 품질변화를 전자코로 평가할 수 있음을 확인하였다(18).

꿀 : 꿀을 어떤 식물체로부터 채취한 것인지와 더불어 어느 나라에서 생산된 것인지 여부를 확인하였다. 이탈리아산 *Robina*로부터 14종, *Rhododendron spp.*로부터 30종, *Citrus spp.*로부터 20종, 헝가리산 *Robina*로부터 6종 등 70종류의 꿀을 확보하여 3개의 MOS센서로 구성된 전자코로 분석하여 주성분 분석을 시행한 결과 제1, 2주성분 값에 의하여 4그룹으로 구분이 뚜렷하게 이루어졌으며 이러한 자료를 인공지능망에 반복 학습시킨 시스템을 이용하여 미지의 17종류의 꿀에 대하여 원산지 및 식물체의 종(spp.)을

100% 정확히 맞출 수 있었다(19). 한편 Lammertyn 등(20)은 6개의 다른 품종으로부터 채취한 꿀들과 사탕무와 사탕수수로부터 각각 만든 설탕용액을 제조하여 함께 비교 분석하였는데 GC-SAW를 바탕으로 한 전자코에서 얻어진 크로마토그램과 향기 스펙트럼을 이용하여 주성분분석과 정준판별분석을 실시하여 94%의 확률로 구분됨을 보여준 바 있다. 이처럼 높은 확률로 원산지 및 각기 다른 식물체로부터 얻어진 꿀 제품을 관리할 수 있게 되었다. 현재 유럽 연합에서는 2003년부터 원산지를 표시하게 되어 있어 꿀 제품의산지 진위 여부를 정확히 판단할 것으로 예상된다.

길초근 : 길초근의 다른 변종 뿐만 아니라 이들의 원산지까지 구분하고 나아가 수확연도까지 뚜렷하게 구분하였는데 이것은 *Valeriana officinalis* 에는 valeric acid가 함유되어 있고 *Valeriana wallichii* 에는 valeric acid가 함유되어 있지 않은 특성을 고려하여 판별할 수 있다. 그러나 양쪽 모두가 valepotriates의 농도가 다른데 이것은 한약재를 취급함에 있어 매우 중요한 약효 성분으로 치료효과가 다른 것이 특징으로 다른 두 변종을 구분해 사용하여야 하는데 전자코는 보다 신속하게 그리고 효율적으로 이들 두 변종의 차이까지 구분할 수 있었다(21)(Fig. 3).

제품의 품질관리

올리브유 : 순수한 올리브유의 경우 산도가 낮고 품질이 매우 우수하여 가격이 비싸지만 가공공정에 의하여 이보다 품질이 못한 여러 종류의 제품들이 생산되고 있으며 뿐만 아니라 옥수수유나 해라기유 등을 첨가한 저 품질의 올리브유가 고품질의 제품으로 둔갑하는 경우가 발생하여 이를 바로 잡기 위한 방편에 하나로 전자코를 이용하여 품질의 등급에 따른 올리브유를 구별해 낼 수 있었다(22). 아울러 올리브유의 산패정도도 전자코에 의해 구별할 수 있다(23). 보관 상태에 따라 미미한 변화가 예상되는데 이러한 변화도 전자코에 의한 판별이 가능하다. Fig. 4에서 보는 바와 같이 1,2년 저장하거나 빛이 있는 곳에서 또는 암흑조건에서의 보관된 제품의 차이도 구별이 가능하다(24)

DHA : DHA와 같은 생리활성성분의 경우 냄새가 심하여 지방 형태로 섭취하기에는 어려움이 많다. 이런 성분은 역한 냄새를 느끼지 못하도록 미세캡슐화 하는 것이 바람직하고 뿐만 아니라 산소나 빛과 같은 산패 요인으로부터 차단할 수 있다. 미세캡슐화를 위한 wall material이 어떤 물질들이 적합한지를 여부를 전자코를 이용하여 확인할 수 있고 (Fig. 5) 미세캡슐 제품이 시간이 지남에 따라 서서히 누출될 수 있는데 이러한 정도는 매우 미세할 뿐만 아니라 wall material 내부에 존재하는 것에 손상을 주지 않고 분석하여야 하므로 전처리 과정이 없이 분석하는 것이 바람직하다. 미세캡슐안의 내부로부터 외피 밖으로의 누출 속도는 주위 환경에 영향을 받을 수 있으며 이는 온도에 따라 달라질 수 있다. 만일 미세캡슐 안에 존재하는 DHA성분이 시간이 지남에 따라 밖으로 유출되는 경우 미세캡슐을 파괴하지 않고 밖으로 유출된 성분만을 검출하는 방법으로 전처리 과정 없이도 저장 기간 중 유출되어 나오는 DHA성분을 전자코로 인식한 결과 저장 온도가 높아짐에 따라 빠르게 유출됨을 알 수 있었다(Fig. 6)(25). 미세캡슐에서 유출되는 정도를 예측하는 것은 물론 미세캡슐을 제조하는 공정에서 wall material로 어떤 종류를 선택하는 것이 바람직한지 여부를 판단하는 데에도 활용할 수 있다.

차 : 차품질에서 중요한 인자는 향과 맛으로 이런 품질을 구분하는 항목이 40가지나 된다. 따라서 이들을 일일이 관능검사로 분석하는 것은 숙련된 전문가 이외에는 매우 어려운 실정이다. 차를 제조하는 공정에서 건조공정중 지나친 가열처리는 최종제품의 품질을 떨어뜨리며 이러한 정도를 구분하는 것은 관능검사에 의존하고 있으나 전자코로 분석하여 패턴분석을 하여보면 발효가 잘된 것, 진행 중인 것, 지나치게 가열처리가 된 것, 건조기에서 오래된 것 등 품질 정도에 따라 구분이 가능하다. Fig. 7에서 보는 바와 같이 공정 조건별로 얻어진 차품질의 향기성분에 따라 이를 구분하였다(26).

호프 : 호프는 맥주의 쓴맛과 독특한 향을 제공하는데 저장기간에 따라 품질이 차이가 있다. Fig. 8에서 보는 바와 같이 저장기간이 경과한 것에 따라 나뉘어 구분할 수가 있으며 각기 다른 품종의 경우에도 이를 구분할 수 있어 품질 관리에 활용할 수 있다(27).

품질관리에 적용

품질관리에서 가장 중요한 부분은 신속한 분석이며 결과의 해석이 비전문가라도 쉽게 판단할 수 있어야 한다. z-Nose에 의한 분석결과를 Vaporprint™으로 나타내 품질상의 차이를 관찰하는 것은 매우 손쉽게 이루어질 수 있는 방법 중에 하나이다.

만일 어떤 제품의 품질이 이상이 발생하여 그 원인을 추적하고자 할 때 전자코의 응용이 가능하데 Fig. 9에서 보는 바와 같이 전략을 세워 접근하면 문제 해결이 쉽게 이루어질 수 있을 것이다. 우선 품질의 원인이 원료에 이상이 있는 것인지? 가공공정상에서 잘못 이루어진 것인지? 아니면 보관상에 문제가 있는 것인지를 판단하고자 할 때 원료 자체의 향기성분에 대한 결과와 최종제품에서의 신선한 것과 이취가 나는 것 또는 특이한 냄새가 나는 것 간의 향기 성분 간에 차이가 있는지 여부를 비교하면 된다. GC-SAW를 바탕으로 한 전자코에서는 분석결과를 함께 overlay시켜 비교함으로써 1차적인 판단이 가능할 것이다. 즉 변질된 원료를 사용하여 생긴 문제라고 한다면 변질된 원료만을 분석하여 비교하여 판단 할 수 있을 것이다(Fig. 10).

변질된 원료 탓이 아니라 가공공정 중에 지나친 열을 가하거나 압력을 많이 작용시키거나 효소 등에 대한 노출 시간이 오래되거나 또는 적절한 환경조건을 유지하지 못하여 최종 제품의 품질 상에 문제가 일어났다면 앞에서 확인한 바 있는 원료의 문제가 아니라고 본다면 신선한 원료와 최종제품과의 비교를 통하여 확인할 수도 있을 것이다. 만일 이런 이유로 인하여 품질 상에 이상이 생긴 것이라면 작업조건이나 환경을 변형시켜 나감에 따라 변질된 품질 즉 이취와 같은 성분의 감소 추세를 확인함으로써 문제의 해결이 가능하여 질 수 있는 것이다. 이러한 비교는 축적된 자료를 그대로 사용할 수 있어야 하는 것이기 때문에 관능검사 요원의 기억을 통하여 이루어지는 것에 비하여 보다 과학적이고 객관적이라 할 수 있을 것이다.

제품에서 이취가 나는 경우 masking을 시키는 방법으로 문제를 해결하는 것도 하나의 방법이기는 하나 공정을 변화시키거나 별도의 처리를 하는 경우 전자코를 이용하여 확인할 수 있다. Fig. 9에서 보는 바와 마찬가지로 여러 가지 처리를 행함에 따라 점차 이취 성분이 감소되어짐을 알 수 있다. 이와 같은 방법으로 masking에 의해서 해결된 것이 아님을 입증하여 줄 수가 있다.

식품에서만 활용되는 것이 아니라 포장 재료로부터 이행되는 물질에 대한 미미한 정도까지도 분석할 수 있어 휘발성 유기성분의 이행을 분석하는 데에 활용되기도 하였다

(28). 포장재로부터 이행되는 물질이나 또는 식품의 향기성분이 포장재로 이행되어 감소되는 경우 성분의 미미한 변화까지도 보다 신속하고 정확성을 높이기 위해서는 SPME를 가스센서시스템에 전처리 과정으로 사용함으로써 GC-MS의 결과와 매우 높은 상관관계를 보여 주었는데(29) 전처리 과정 없이 수행되는 전자코 시스템에 SPME를 병용하는 기술적인 문제는 더 연구 검토되어야 되어야 할 것이다.

향후 가능성

원산지 판별을 위해 단일 분석 시스템을 활용하는 것보다도 전자코와 더불어 X-ray 형광분석광도계를 이용하여 판별을 시도한 경우 단일 기종에 의한 분석결과 보다도 훨씬 더 좋은 결과를 얻을 수 있었다(30). 현재 국립농산물품질관리원에서는 단일 기종으로 원산지 판별이 어려운 품종에 대해서는 근적외선 분광법이나, 형광분광법, 또는 capillary electrophoresis 등의 분석방법을 2-3가지 함께 활용하여 보다 높은 판별확률로 오차를 최소화하는 방안을 고려할 수 있을 것이다(31).

식물을 배양하거나 재배과정에서 어떻게 환경조건을 조절하여 주느냐에 따라 기능성 성분의 생성이 좌우 될 수 있다. 이런 경우 배양중 식물체로부터 발산되는 휘발성분을 시간대별로 분석하여 외부 환경으로부터 영향을 받거나 손상을 입었는지 여부를 측정할 수 있다면 환경 변화로부터 영향을 받는 것을 조정하여 재배하는 것이 가능할 것이다. 그러나 기존의 분석방법으로 분석하기에는 전처리 과정을 포함하여 3-4시간 정도가 소요되므로 보다 정확한 분석을 신속하게 분석하기에는 한계가 있겠으나 전자코는 분석시간이 30초 내외로 빠른 분석이 가능하여 고가의 기능성 제품을 배양, 재배하는 데에 품질 관리가 원만히 이루어질 수 있을 것이다.

고품질의 제품을 보급하기 위해서는 저장 기간 동안 전고성이나 산도, 수용성 고형분의 변화 등 품질 요인의 변화를 관찰할 수 있겠으나 O₂/CO₂ 조정함으로써 미미한 변화가 예상되는 경우에는 과일이 생성하는 200여종의 알데히드, 에스테르, 알코올 등의 휘발성분의 변화를 관찰하여 평가할 수도 있었다 (32-34). 따라서 고기능성 식품의 보관 및 저장에 따른 미미한 변화까지도 전자코를 이용한 품질 관리가 가능할 수 있을 것이다.

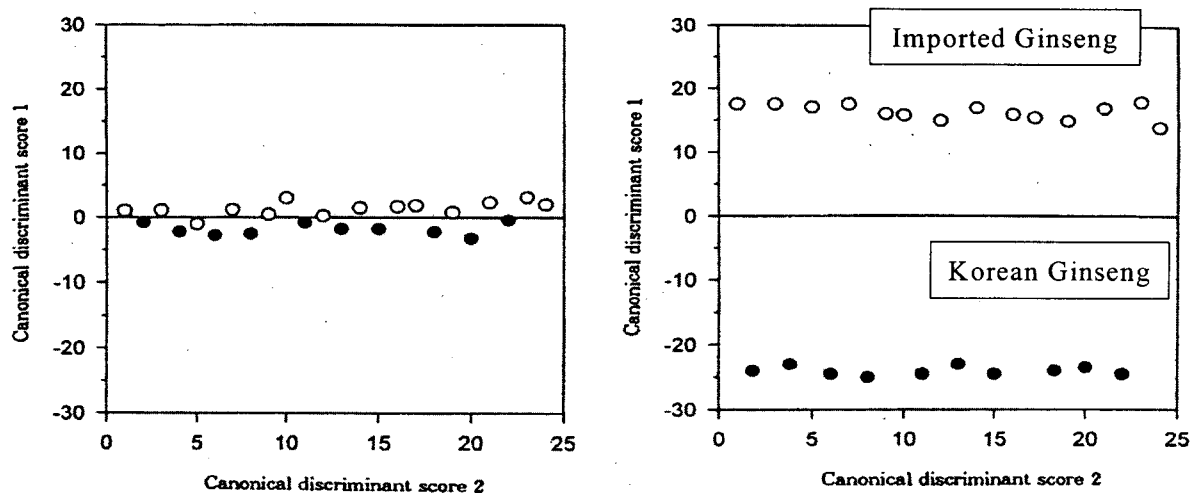


Fig. 1. Canonical discriminant analysis of the imported ginseng(○) and domestic one(●). E-nose with only metal oxide sensor(left) and with metal oxide sensor and conducting polymer sensor (right) were used for discrimination of origin(10).

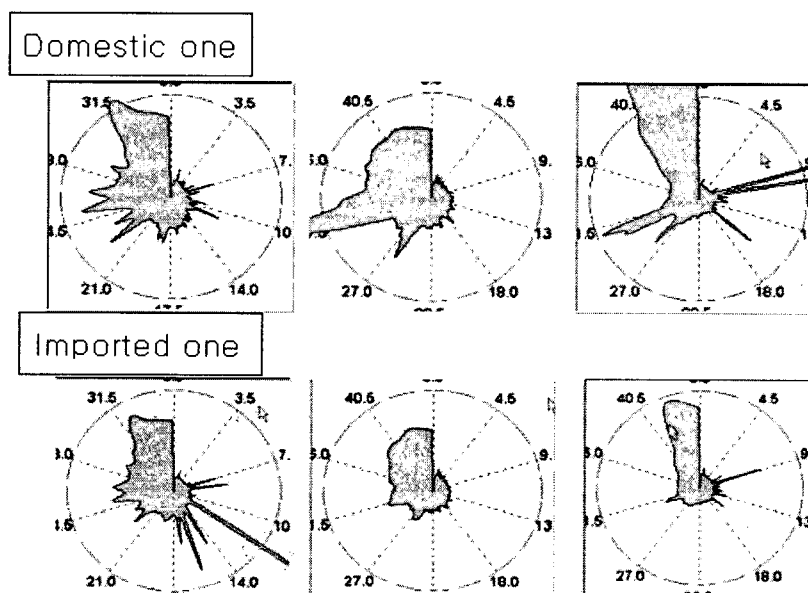


Fig. 2. Frequency pattern of medicinal herbs using Vaporprint™. It was analyzed by electronic nose based on GC-SAW : z-Nose(15,16). *Angelicae gigantis Radix*(left), *Schizandra chinensis Bailon* (center), *Cnidium officinale* (right) : domestic one (upper), imported one (bottom).

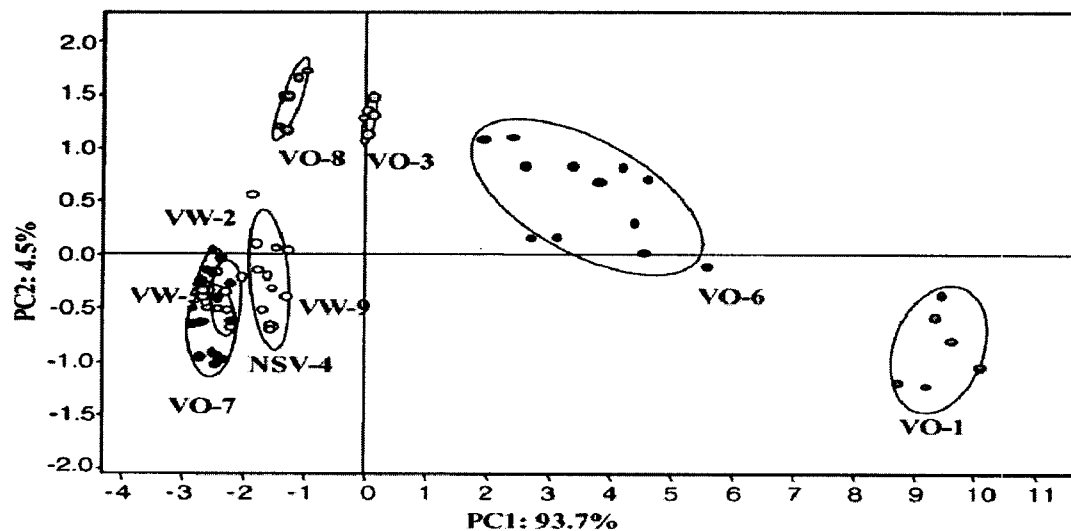


Fig. 3. PCA plot of all the analyzed *Valerian* specimens(21)

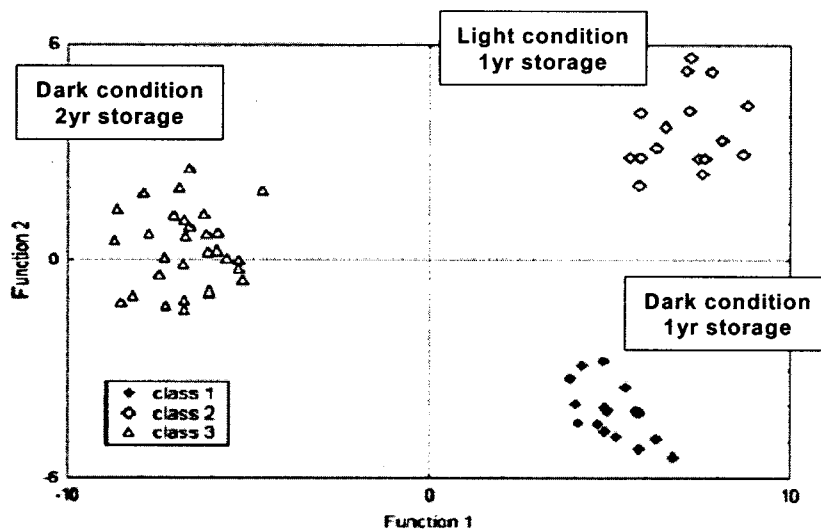


Fig. 4. LDA classification model with the e-nose and electronic tongues sensor. Extra virgin olive oil were stored at different storage conditions(24).

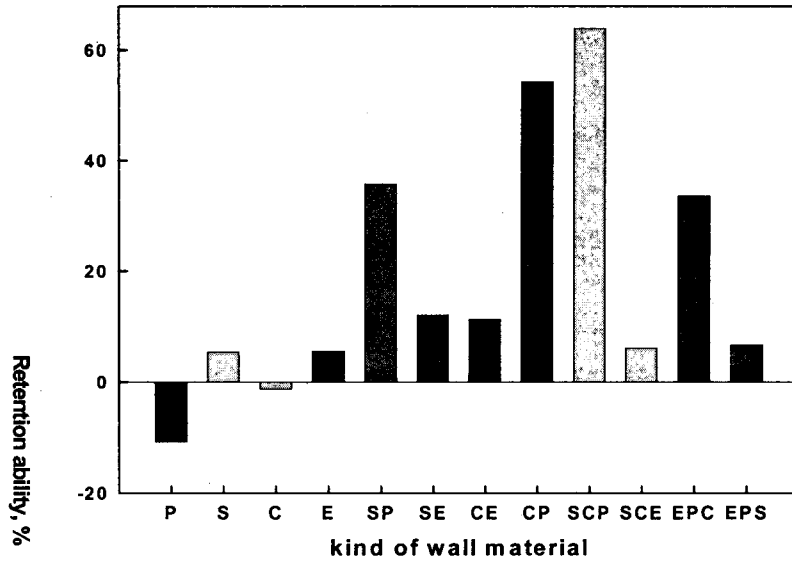


Fig. 5. Effect of the composition of wall material on the retention ability on microencapsulation of DHA (25). Capital letter mean sweet potato starch(S), corn starch(C), palatinose(P), and erythritol(E).

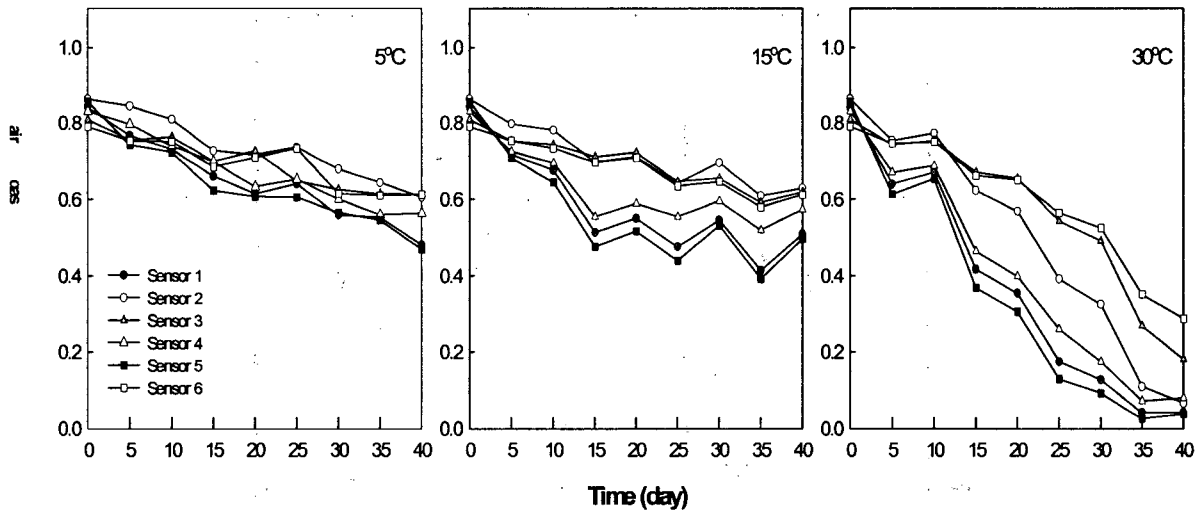


Fig. 6. Changes of sensitivity by electronic nose in the micro-encapsulated DHA with different temperature during storage (25).

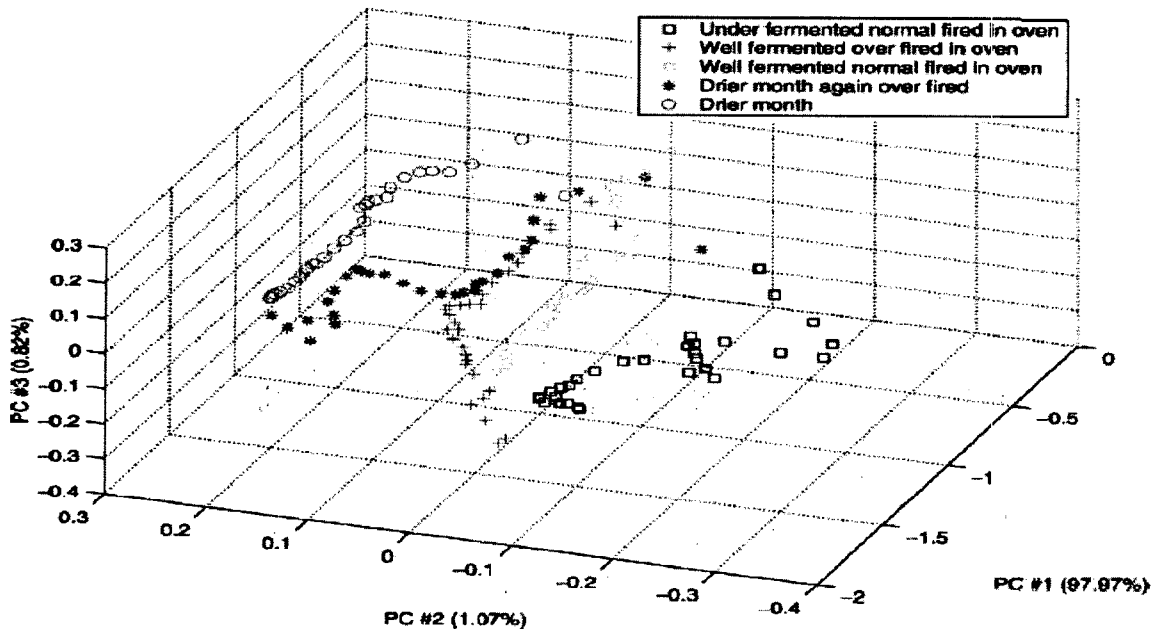


Fig. 7. PCA plot for tea sample data at various conditions (26).

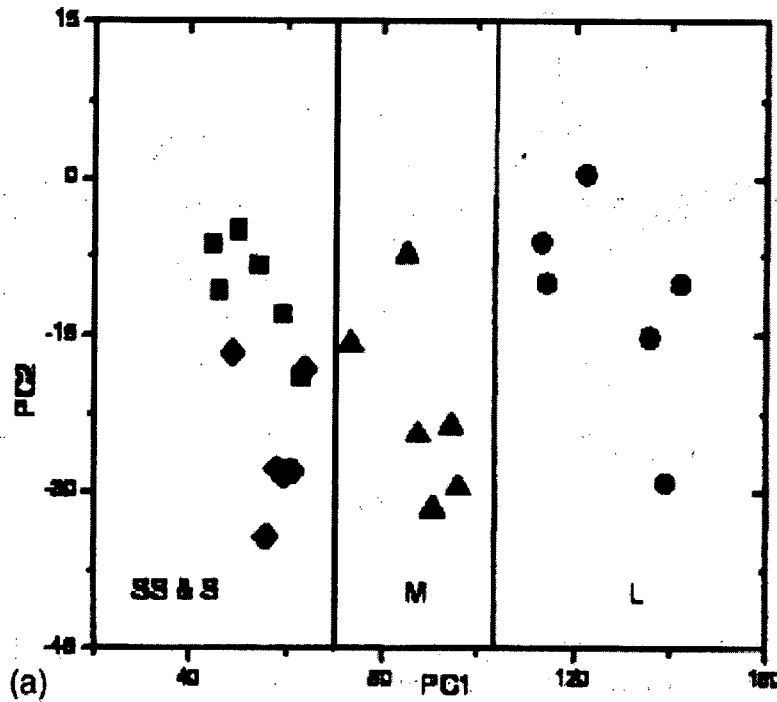


Fig. 8. The PCA plot of hop during storage (27).

■ : Vey short ◆ : short ▲ : medium ● : long storage time

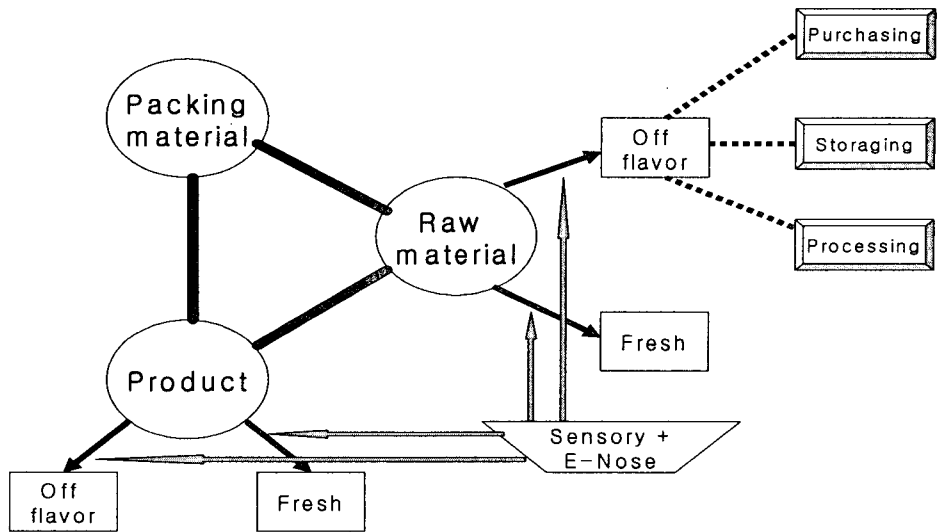


Fig. 9. Quality control strategy of food processing involving flavor components (9).

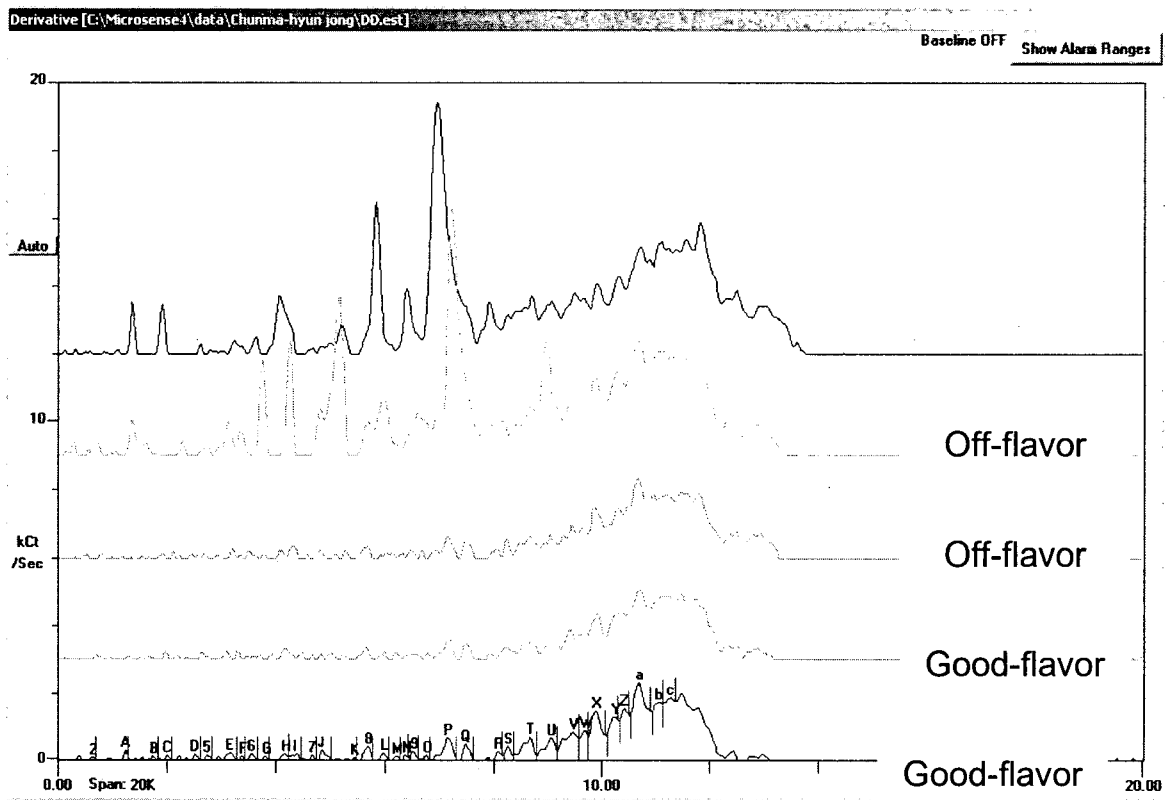


Fig. 10. Removal of odor compound from product through different treatments using electronic nose based on GC-SAW : z-Nose (9).

문헌

1. Hodgkin D, Simmonds D. Sensory technology for flavor analysis. *Cereal Foods World*. 40:186-191 (1995)
2. Chou UD. Use and development of sensation sensor. *Bulletin Food Technol*. 8:122-131 (1995)
3. Hong HK, Park HS, Yun DH, Shin HW, Kwon CH, Lee KC. Technical trend of electronic nose system. *J. Korean Insti. Electric. Electron. Material Eng*. 8:509-516 (1995)
4. Bartlett PN, Elliott JM, Gardner JW. Electronic nose and their application in the food industry. *Food Technol*. 51: 44-48 (1997)
5. Harper WJ. The strengths and weaknesses of the electronic nose. *Adv. Experi.l Medical Biol*. 488:59-71 (2001).
6. Deisingh AK, Stone DC, Thompson M. Applications of electronic noses and tongues in food analysis. *Inter. J. Food Sci. Technol*. 39(6):587-604 (2004).
7. Staples EJ. Real time characterization of food and beverages using an electronic nose with 500 orthogonal sensors and VaporPrint™ imaging. *Sensors Expo Convention*. Lake Tahoe. CA. USA, May (2000)
Available from:
http://www.znose.com/tech_papers/papers/GeneralAnalysis/SenExpo2000C.pdf
Accessed Aug. 12, 2005.
8. Noh BS, Oh SY. Application of electronic nose based on GC with SAW sensor. *Food Sci. Ind*. 35(3): 50-57 (2002)
9. Noh BS. Flavor analysis using electronic nose and its application in food industry. *Korean J. Food Sci. Technol*. 35: 994-997 (2005)
10. Noh BS, Ko JW, Kim SY. Use of conducting polymer sensor and metal oxide sensor of electronic nose on discrimination of the habitat for Ginseng. *J. Nat. Sci. Institute of Seoul Women's University*. 9: 81-84 (1997)
11. Lee SK, Kim JH, Sohn HJ, Yang JW. Changes in aroma characteristics during the preapration of red ginseng estimated by electronic nose, sensory evaluation and gas chromatography/mass spectrometry. *Sensors Actuators B106* : 7-12 (2005)
12. Kim NS. Development of techniques for origin discrimination and safety evaluation of the agricultural products and/or Foods in the market. Final report of Ministry of Agriculture and Forestry. GA 0403-0253 (2003)
13. Cho YS, Han KY, Kim JH, Noh BS. Application of electronic nose to discrimination of the habitat for jujubes. *J. Natural Sci, SWINS*. 13: 47-52 (2001)
14. Noh BS, Youn AR, Lee NY. Application of mass spectrometer based electronic

- nose for discrimination of *Angelicae gigantis* Radix. Food Sci. Biotechnol. 14(4):537–539 (2005)
15. Noh BS, Oh SY. Analysis of volatile components for domestic and imported *Cnidium officinale* using GC based on SAW sensor. Korean J. Food Sci. Technol. 35: 994–997 (2003)
 16. Noh BS, Oh SY, Kim SJ. Pattern analysis of volatile components for domestic and imported *Angelica Nakai* using the electronic nose. Korean J. Food Sci. Technol. 35: 144–148 (2003)
 17. Sim CO, Ahmad MN, Ismaili Z, Othman AR, Noor NAM, Zaihidee EM. Chemometric classification of herb-*Orthosiphon stamineus* according to its geographical origin using virtual chemical sensor based upon fast GC. Sensors 3:458–471 (2003)
 18. Cho YS, Noh BS. Characterization of flavor from herbs using electronic nose based on metal oxide sensor or GC-SAW. J. Nat. Sci. Institute of Seoul Women's University. 13: 47–52 (2001)
 19. Benedetti S, Mannino S, Sabatini AG, Marcazzan GL. Electronic nose and neural network use for the classification of honey. Apidologie 35: 1–6(2004)
 20. Lammertyn J, Veraverbeke EA, Irudayaraj J. Z-Nose™ technology for the classification of honey based on rapid aroma profiling. Sensors Actuators B:Chem. 98(1): 54–62 (2004)
 21. Baby R, Cabezas M, Castro E, Filip R, Walsøe de Reça NE. Quality control of medicinal plant with an electronic nose. Sensors Actuators 106(1) B:Chem; 24–28 (2005)
 22. Taurino A, Capone S, Distante C, Epifani M, Rella R, Siciliano P. Recognition of olive oils by means of an integrated sol-gel SnO₂ Electronic nose. Thin Solid Films 418: 59–65 (2002)
 23. Stella R, Barisci JN, Serra G, Wallace GG, Rossi DD. Characterization of olive oil by an electronic nose based on conducting polymer sensors. Sensors Actuators B. 63: 1–9 (2000)
 24. Cosio MS, Ballabio D, Benedetti S, Gigliotti C. Evaluation of different storage conditions of extra virgin olive oils with an innovative recognition tool built by means of electronic nose and electronic tongue Food Chem. in press (2006)
 25. Han KY, Ha JS, Chang PS, Oh SS, Noh BS. Measurement of the microencapsulated DHA by the electronic nose. Food Sci. Biotechnol. 9: 358–363 (2000)
 26. Dutta R, Hines EL, Gardner JW, Kashwan KR, Bhuyan M. Tea quality prediction using a tin oxide based electronic nose : an artificial intelligence approach. Sensors Actuators B. 94: 228–237(2003)

27. Lamagna A, Reich S, Rodriguez D, Scoccola NN. Performance of an e-nose in hops classification. *Sensors Actuators B*. 102: 278–283(2004)
28. Mifsud JC, Carayon G, Schmitt V, Foster G. Food packaging quality control with the electronic nose : Volatile organic compound's migration monitoring. 54D Food Packaging:General. 2005 IFT Annual Meeting July 15–20 New Orleans, LO, USA (2005)
29. Strathmann S, Pastorelli S, Simoneau C. Investigation of the interaction of active packaging material with food aroma compounds. *Sensors Actuators B Chem*. 106:83–87 (2005)
30. Noh BS, Kim SJ. Discrimination of habitat for *Platycodon* using electronic nose and X-ray fluorescence spectrometer. *Daesan Nonchong*. 9:145–150 (2001)
31. Cho CH, Kim SJ, Kim HJ. Comparative studies on the discrimination of *Angelica gigantis* radix by near-infrared spectroscopy, electronic nose and x-ray fluorescence spectrometry. *Yakhak Hoechi* 46(3):161–167 (2002)
32. Saevels S, Lammertyn J, Berna AZ, Veraverbeke EA, Natale CD, Nicolai BM. An electronic nose and a mass spectrometry-based electronic nose for assessing apple quality during shelf life. *Postharvest Biol. Technol*. 31:9–19(2004)
33. DiNatale C, Mantini A, Macagnano A, Paolesse R, D'Amico A. The application of an electronic nose to the analysis of post-harvested fruits. In: *Proceedings of the 14th European Conference on Solid-State Transducers, Copenhagen*. pp. 61–62 (2000).
34. DiNatale C, Macagnano A, Martinelli E, Proietti E, Paolesse R, Castellari S, Campani S, D'Amico A. Electronic nose based investigation of the sensorial properties of peaches and nectarines. *Sensors Actuators B Chem*. 77:561–566 (2001).