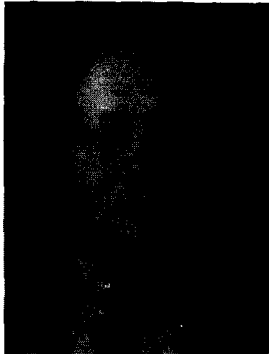


# 수정진동자를 이용한 냄새센서와 그 응용



## 조 성 호

< 전남대 공대 물질화공과 교수 >

## 目 次

1. 서 론
2. 냄새센서의 구성
3. 실험재료 및 방법
4. 결과 및 고찰
5. 요 약

## 1. 서 론

식품에서 일차적으로 중요한 것은 그 속에 함유되어 있는 영양소이지만, 그 향과 맛의 차이로 식품의 특성이 달라지고 선호하는 민족과 지역이 나뉘어진다. 식품의 성분만을 생각한다면 약을 먹듯이 그저 음복하면 되겠으나 후각과 미각의 조화가 이루어지지 않으면 상식하기가 어렵고 식생활이 즐겁지 않은 고된 고문일수가 있다. 따라서 같은 재료로도 사람에 따라 서로 다르게 조리하고 가미하여 미묘한 향과 맛을 조절한다. 음식의 맛과 향은 동일인이 동일한 재료를 사용하더라도 시간과 장소에 따라 다르며 만드는 사람의 기분에 의해서도 크게 좌우됨은 물론 만든 후의 보관방법에 따라서도 큰 차이가 있게 된다. 식품의 향미는 품질 평가의 일차적인 요소이면서도 그 조절과 제어가 어렵고 특히 다양한 소비자의 취향에 맞추어 상품화 하기는 더욱 어렵다. 식품의 향은 천연의 신선함이 중요한 경우가 있고, 가공공정을 거치면서 발효 또는 가미 등에 의하여 이차적으로 나타나는 향이 중요한 경우가 있다. 식품마다 향미가 다른 것은 여러가지의 향을 가진 물질이 복합되어 있고, 네가지의 기본 맛인 단맛, 신맛, 짠맛, 쓴맛이 각기 다르게 복합되어 나타나기 때문이다. 향과 맛의 감지부위는 엄연히 다르나 이들이 모두 화합물의 화학적 자극으로 나타나는 생리적인 신호변화로 구분되는 것은 동일하다고 볼수 있다. 즉 화학적인 구조식을 감지하는 것이 아니고 생리적인 어떤 자극신호의 차이로 기분좋은 냄새 또는 감칠맛 나는 맛 등으로 인지하는 것이다. 향을 내는 물질은 휘발성이 강하고 향은 없으면서 맛을 가진 화합물이 많이 있다. 향미물질들은 식품 속에 ppm에서 ppt의 극소량이 함유되어 있고 열에 쉽게 분해되거나 휘발성이 크기 때문에 이들을 분리 동정하기란 값비싼 분석기기 등을 동원하여도 쉽지가 않다.

식품과 향장품의 상품성의 중요한 요소가 향미임

으로 그 특성별로 객관화시켜 도표화 할 수 있다면 편리할 것이다. 객관화되지 않으면 습관적인 제조와 감지만으로 향미를 조절할 수 밖에 없어서 항상 동일하게 향미를 유지시키기가 어렵고, 시간과 공간을 달리한 다양한 형태의 소비자에게 적합한 향미가 있는 식품을 제조하기란 더욱 불가능하게 된다. 향미를 내는 화합물의 종류와 조성에 따라 그 미묘한 차이를 구분하여 일반화 시키기는 매우 어렵다. 그러나 자사에서 계속 제조하고 있는 특정상품의 향미에 대한 표준화는 보다 간단하다. 이의 선행조건으로는 인간의 후각과 미각에 상응하는 센서의 개발이다.

냄새나 맛을 감지하는 것은 화합물의 화학적 자극에 대하여 민감하게 반응하는 화학수용기(Chemical receptor)를 가지고 있기 때문이다. 혀 속의 맛을 느끼는 수용기는 미뢰(Taste bud)로써, 화합물이 녹아서 미뢰속의 수용기세포를 자극하므로써 맛을 느끼게 된다. 이 수용기세포는 2-3일 동안 활동한후 퇴화하기 때문에 미뢰의 기저에 있는 기저세포가 계속 분열하여 새로운 수용기세포로 변화되어 맛을 계속적으로 감지하게 된다.

냄새의 경우 동물의 후각은 미각보다 훨씬 발달하여 있어서 여러가지 물질에 매우 민감하게 반응한다. 예를 들면 사람의 경우 Methyl mercaptan은 1ml 당 10,000,000분자만 있어도(약 5억분의 1ppm) 냄새를 맡게된다.

우리가 냄새를 맡는 것은 화합물의 화학구조를 아는 것이 아니고 후각을 자극하는 어떤 신호를 뇌에서 분석하고, 경험에 의하여 교육되어 뇌 속에 보관되어진 기지의 자극과 비교함으로써 자스민향이라든가 라일락향이라고 인지하게 된다. 수천종의 냄새를 구분할 수 있는 것은 코 속에 존재하는 여러 형태의 수용기 세포가 동시에 반응하는 각기 다른 자극신호로 구분하게 된다고 볼 수 있다.

따라서 냄새나 맛을 표준화 할려면 여러형태의 수용기세포에 상응하는 센서를 만들고 이들에게서 나

타나는 자극들을 표준화 하는 과정이 필요하게 된다. 이러한 자극의 집합은 센서의 형태에 따라 다르게 나타날 것이므로 센서의 구성을 어떻게 할 것인가가 중요한 인자가 된다. 가능한한 코나 혀의 메카니즘을 따를 수 있다면 좋겠으나 이는 불가능하므로 그러한 기능을 모방한 형태의 센서를 제작하지 않으면 안된다. 이처럼 생체기능을 모방한 센서도 바이오센서라 불리우고 있다.

본고에서는 휘발성 물질의 증기와 친화력이 각기 다른 냄새센서를 만들고 이 센서 6개를 한조로 하여 시판중인 몇 가지 소주에 대한 Pattern분석을 행하였다. 이는 소주 속에 함유된 화학물질을 분석 동정하려는 것이 아니고 제품에 따라 다르게 나타나는 독특한 냄새를 Pattern화 하여 품질관리에 적용할 수가 있고 장차 소비자가 선호하는 Pattern 즉 향미를 발견하여 상품 개발에 응용할 수 있도록 하기 위함이다.

## 2. 냄새센서의 구성

냄새는 비강의 천정부위의 후각상피를 이루는 후각세포에 의하여 감지된다. 이 상피는 10-30cm의 점액층으로 덮혀 있으므로 공기 중에 함유된 냄새물질이 먼저 이 점액에 용해되고 감각세포를 자극한다. 후각세포가 자극을 받으면 수용기전위가 발생하고 이러한 전위의 집합이 뇌에 전달되어 냄새를 구분하게 된다. 즉 물질이 녹고 이에 따른 자극신호가 발생하며 신호분석을 통하여 냄새를 구분하는 3단계로 나뉘어진다. 각 단계마다 특정한 장치를 고안하여 상호 유기적 관계를 갖도록 하면 후각기능이 있는 냄새센서가 된다.

이러한 메카니즘을 응용하여 냄새센서를 구성하여 보자.

- (1) 먼저 기상으로 존재하는 화합물이 흡착할 수 있도록 친화성이 조절된 물질을 코팅한

다. 다양한 코팅 물질을 사용함으로써 친화성에 따른 흡착량이 차이가 나도록 한다.

- (2) 흡착된 물질에 따라 수용기전위와 유사한 신호를 발생시킨다. 자스민향과 라일락향이 다르듯이 서로 다른 형태의 신호가 발생되어야 한다. 이상적으로는 화합물에 따라 다른 신호가 발생되도록 센서의 설계가 이루어져야 한다.
- (3) 신호분석장치를 통하여 냄새를 인지하여야 한다. 이는 기지의 화합물을 이용하여 신호 Pattern을 얻어내고 비교함으로써 가능하다.

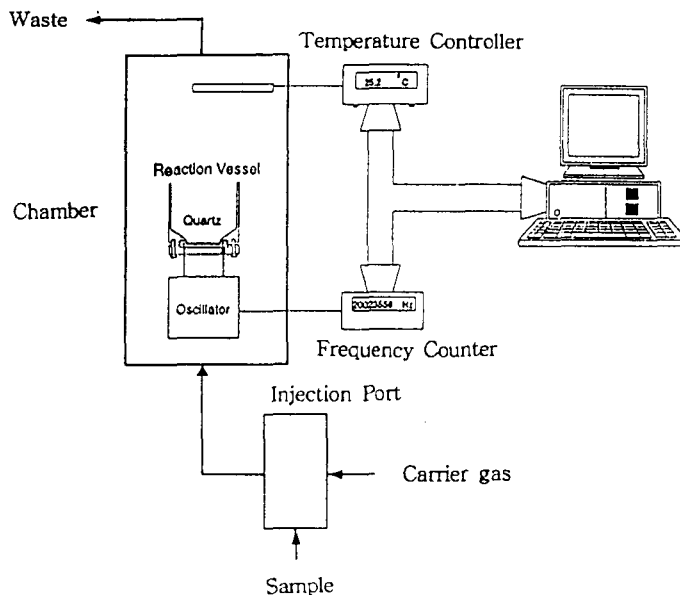
이상과 같은 메카니즘을 응용한 냄새센서는 수정진동자를 사용하면 좋다.

수정진동자는 압력을 가하면 전류를 발생하는 압전소자(Piezo-Resonator)로써, 양면에 일정한 전위를 걸면 고유진동수로 진동한다. 이 진동수가

일정하기 때문에 소위 수정시계라는 전자시계를 만들기도 한다. 고유진동수로 진동하고 있는 수정진동자에 압력을 가하면 진동수의 변화를 가져온다. 따라서 진동수의 변화를 측정하면 압력의 강도를 알 수 있다.

진동자의 표면에 코의 점액층에 해당하는 얇은 막을 코팅하면 감지물질과의 친화성 차이에 따라 흡착량의 차이를 가져오고 그만큼 비례하여 진동수의 변화를 가져온다. 이 진동수의 변화를 측정함으로써 흡착된 물질의 무게를 마이크로 단위까지 측정할 수 있다.

따라서 여러개의 수정진동자를 한 셀트로하여 특정 증기에 노출시키면 진동자 표면의 코팅물질과의 친화성에 따라 흡착 패턴이 다르고 이에 상응하는 신호패턴을 얻을 수 있다. 증기에 노출시키는 경우는 냄새센서가 되고, 용액 속에 노출시킬 수 있도록 구성하면 맛센서가 된다.



[그림 1]

장치도

### 3. 실험재료 및 방법

#### 막재료

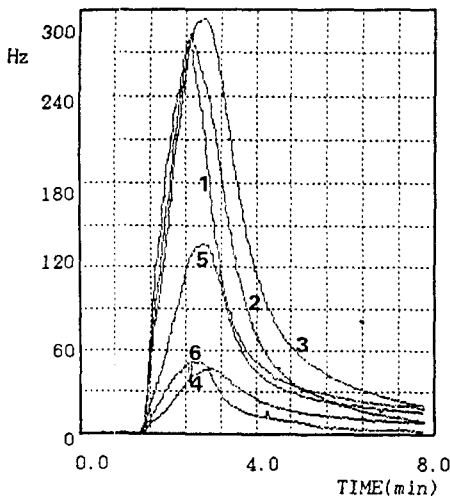
수정진동자에 코팅할 막재료로써 gelatin, poly(hydroxyethyl methacrylate-co-1-vinyl-2-pyrrolidinone), poly(vinyl acetate-co-1-2-pyrrolidinone), poly(methyl methacrylate-co-4-vinyl pyridine)의 고분자 물질과, (didecyl-1-dimethyl ammonium bromide-dodecylbenzene sulfonic acid)와 (didodecyl-dimethyl ammonium bromide-dodecylbenzene sulfonic acid)의 complex를 사용하였다.

#### 기기의 구성

수정진동자(9 MHz) 6개에 상기 막재료를 얇게 각각 코팅하고 이들을 한조로 하여 센서를 구성하였다. 이 센서를 진동수 계측기와 연결하고 컴퓨터 화면 상에 진동수의 경시변화가 나타나도록 하였다. 장치도는 [그림 1]과 같다.

#### 실험

질소 기체를 75°C로 가열하고 일정속도로 흘러 보내면서 분석물질을 소량 주입시키면 증기가 되어 6개의 진동자 Array로 된 센서에서 흡착되어진다.



[그림 2] 응답곡선

진동자의 표면에 흡착되는 흡착량의 무게에 비례하여 경시적인 진동수변화가 나타나면 이를 A/D converter가 장착된 컴퓨터 화면상에 나타나도록 하였다.

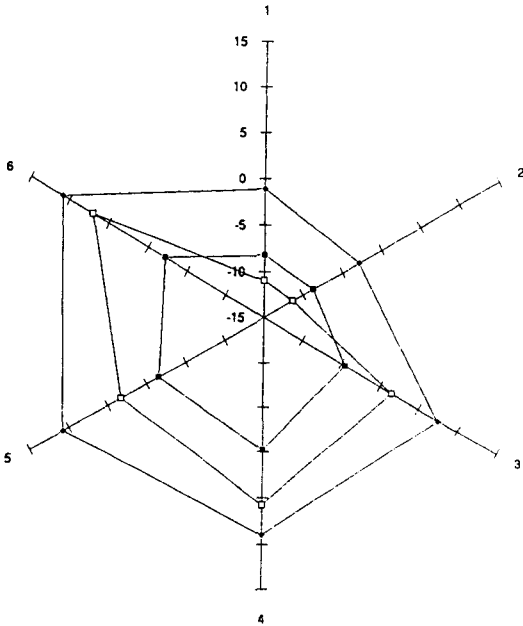
### 4. 결과 및 고찰

시판되고 있는 두 회사 제품의 소주를 구하여 각기 향이 어떻게 다르게 나타나는지를 관찰하였다. 25% 시판 소주를 분석에 사용하였으므로 기준물질로서는 시약급 에틸알코올을 증류수에 녹혀 25%로 하여 사용하였다. 기준물질을 25ul 주입하였을 때의 진동수의 경시변화를 [그림 2]에 나타내었다. 그림속의 번호는 상기 막재료의 순서대로 코팅한 진동자의 번호이다. 코팅물질의 차이에 따라 진동수의 최대변화량이 다르고 또 나타나는 시간도 다르다. 이는 흡착물질과 코팅 물질과의 친화력 차이에 따라 흡착과 탈착 속도가 다르기 때문이다. [그림 2]를 이용할 수 있는 여러가지 변수 중에서 일차적으로 최고 피크와 이에 도달하는 시간을 변수로 택하여 그 효과만을 고찰 하였다.

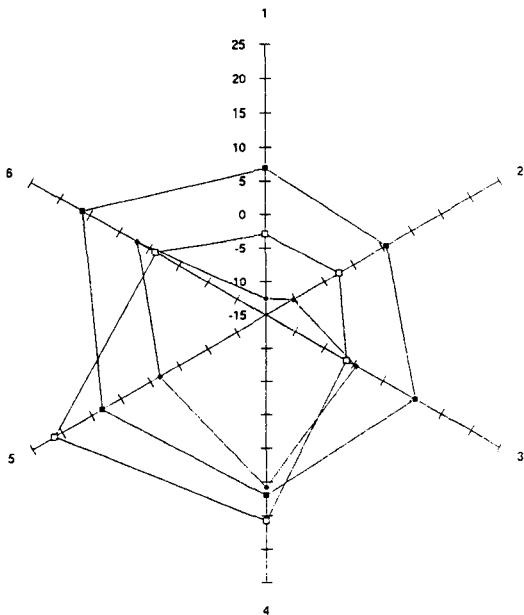
계산 방법으로서는 최대진동수변화량을 시간으로 나눈 기울기를 구하고, 기준물질과의 차이 즉

$$\frac{[\text{기준물질의 기울기} - \text{시판소주의 기울기}]}{[\text{기준물질의 기울기}]}$$
를 구하여 비교하였다. A사와 B사의 시판품 3가지에 대한 분석결과를 Radar좌표를 사용하여 [그림 3, 4]에 각각 나타내었다. 그림에는 나타나지 않았으나 6개의 축상의 영점을 통과하는 도형은 기준물질로 사용한 알코올의 패턴이 된다. 각 사 별로 도형이 유사하게 나타나기도 하고 틀리게 나타나기도 하며 유사하더라도 그 면적에 큰 차이가 있다. 이로부터 6개의 시판 소주의 패턴이 구분됨을 알수가 있다. 도형의 형태나 면적의 크기는 제품의 질과는 무관하다. 진동자 표면에 코팅된 물질과 흡착물질과의 친화력 차이를 나타낼 뿐이다. 코팅물질의 선택에 따라 패턴이 다르게 나

타날 것이므로, 미묘한 차이도 구분할 수 있는 코딩물질을 찾아 내는 것이 중요하다.



[그림 3] A회사(3종류) 소주의 패턴



[그림 4] B회사(3종류) 소주의 패턴

[그림 3, 4]에서 보듯이 6개 시료에 대한 각각의 패턴이 서로 다르게 구분됨으로써 상표가 없는 시료라 하더라도 어느 회사의 어떤 제품인가를 쉽게 구분할 수가 있어서 편리하다. 이러한 패턴분석을 통하여 제품을 표준화 함으로써 품질관리에 응용할 수 있고, 어느 지역 어느 연령의 소비자가 선호하는 제품이 무엇인가를 쉽게 찾을 수 있다. 또 가장 잘 팔리는 상품을 분석함으로써 그 패턴을 이용한 새로운 상품을 개발할 수가 있다.

가령 냄새센서와 맛센서를 이용하여 위스키의 향미패턴을 분석하고 이러한 향미패턴을 갖도록 값싸게 여러 향미 물질의 조합이 가능하면 소주를 위스키의 향과 맛이 나도록 가미하여 새로운 상품을 만들 수도 있다. 값비싼 분석기에 의한 화합물의 구조와 조성을 알았다 하여 그 조합만으로 원래의 향미를 만들기란 쉬운일이 아니다. 미묘한 향의 차이를 구분할 수 있는 객관화된 후각기능이 있는 기기가 필요하다. 십수년전 한때 소주에 타면 양주 맛이 난다는 상품이 선전 판매된적이 있었다. 그러나 겉보기만의 흉내였을뿐 그 깊은 향미의 차이를 나타내지 못하였었다. 고급주의 객관화된 냄새와 맛의 패턴이 연구되고, 함유된 향미물질이 알려지면, 알콜의 희석과 가미만으로 동일한 패턴을 만들 수 있게 되어 원래의 향미와 일치된 고급합성주의 출현이 언젠가는 가능하리라 본다.

## 5. 요약

주류, 식품 및 향장품은 그 향미가 상품성의 중요한 요소가 되고 있는데 이 향미를 경험에 의존하여 구분하기 보다는 냄새와 맛센서를 개발하여 미묘한 향미의 차이를 객관화 표준화 함으로써 효율적 품질관리와 새로운 상품을 제조할 수 있다. 향미가 상품의 중요한 인자가되고 있는 상품개발에 있어서, 베스트셀러에 대한 향미 패턴을 분석하면 지역과 연령 및 민족에 따라 선호하는 향미 패턴을

먼저 발견할 수 있고, 이를 응용함으로써 새로운 소비를 유도 할 수 있는 상품을 개발할 수도 있다. 특히 국제시장의 개척에 큰 도움이 되리라 믿는다.

냄새센서의 연구는 국내에서는 본연구실에서 깊이 연구하여 왔다. 그러나 앞으로는 주류업체 및 식품, 향장업체에서도 많은 관심을 가지고 연구가 이루어져서, 실제로 품질관리와 새로운 상품 개발에 응용하였으면 한다. 미묘한 향미의 조절은 학문적으로, 또 상업적으로 중요하기 때문이다.

### 참고문헌

1. T. Nakamoto, A. Fukuda and T. Moriizumi, *Sensors and Actuators B*, 10, 85-90, 1993
2. C. KöBlinger, S. Drost, F. Aberl, H. Wolf, S. Koch and P. Woias, *Biosensors & Bioelectronics*, 7, 397-404, 1992
3. Z. Ali, C. L. P. Thomas, J. F. Alder and G. B. Marshall, *ANALYST*, 117, 899-903, 1992
4. M. Muratsuugu, F. Ohta, Y. Miya, T. Hosokawa, S. Kurosawa, N. Kamo and H. Ikeda, *Andl. Chem.*, 65, 2933-2937, 1993
5. H. K. Park, K. Podoiske, Z. Munshi, W. H. Smyrl, and B. B. Owens, *J. Electrochem. Soc.*, 138, 627-628, 1991
6. S. I. Cordoba-Torresi, C. Gabrielli, A. H. Goff and R. Torresi, *J. Electrochem. Soc.*, 138, 1548-1553, 1991
7. K. Naoi, M. Lien and W. H. Smyrl, *J. Electrochem. Soc.*, 138, 440-445, 1991
8. C. Gabrielli, M. Keddam and R. Torresi, *J. Electrochem. Soc.*, 138, 2657-2660, 1991
9. 日本化學會編, *バイオセンシングとそのシステム*, 學會出版センター, 1988
10. 조성효譯, *지구환경과 바이오테크놀러지*, 가루베 이사오著, 전파과학사, 1992

Wickedness is always easier than virtue ; for it takes the short cut to everything.

사악은 언제나 미덕보다 더 쉽다. 왜냐하면 사악은 모든 일에 지름길을 택하기 때문이다.

-Samuel Johnson-