

Las narices electrónicas en el ámbito de la industria agroalimentaria

E.C. Correa, P. Barreiro y M. Ruiz-Altisent
Laboratorio de Propiedades Físicas y
Técnicas Avanzadas en Agroalimentación

1. Los sentidos electrónicos

En la última década, se ha producido un rápido desarrollo comercial y tecnológico de las tecnologías de los "sentidos electrónicos" o *e-senses*. El primer sentido en ser instrumentalizado fue el oído de forma que han aparecido una serie de mecanismos que podríamos llamar "orejas electrónicas" que han sido desarrollados para aplicaciones industriales como por ejemplo la detección de termitas. El sentido con más desarrollo industrial es el del tacto, en el cual se basan muchas aplicaciones para ordenadores como los *joy-sticks*, las pantallas táctiles, etc., que generan varios millones de dólares al año de beneficios. Los "ojos electrónicos" están teniendo en la actualidad un amplio desarrollo para aplicaciones biométricas como por ejemplo tecnologías de reconocimiento del iris del ojo para asegurar la seguridad de las transacciones bancarias.

Las narices electrónicas (NE) y más recientemente la lengua electrónica son ya una realidad industrial existiendo más de 20 compañías que comercializan este tipo de productos. Desde 1986 se han solicitado más de 250 patentes para proteger las innovaciones en sensores y sis-

temas específicos y la Unión Europea ha realizado grandes esfuerzos en I+D con la financiación de proyectos [3].

El desarrollo industrial de las NE ha sido de hecho el comienzo o *spin-off* de nuevas compañías (se adjunta un listado de empresas al final de este artículo), muchas de ellas asociadas a laboratorios de investigación y universidades. Muchas de estas empresas presentan algunas particularidades comunes: por un lado son compañías con un elevado capital y coste de sus acciones a pesar de presentar un bajo nivel de negocio ya que las ventas son relativamente pequeñas ascendiendo a aproximadamente 15 millones de dólares con un coste de la unidad entre 15.000\$ y 100.000\$, y por otro los costes en I+D están siendo financiados en gran parte con fondos públicos. A pesar del esfuerzo realizado en I+D las tecnologías desarrolladas en el campo de las NE tienen en la actualidad su aplicación principal en el laboratorio y no realmente en plantas o factorías para el control de la calidad o monitorización de procesos. Es por tanto una tecnología en cartera que merece la pena explorar en sus aspectos más técnicos para comprender mejor sus luces y sombras.

El término "sentido electrónico" refiere la posibilidad de reproducir los sentidos humanos mediante matrices de sensores y sistemas de reconocimiento de patrones. La nariz electrónica (NE) ha sido uno de los dispositivos que más expectativas ha despertado, aunque como se verá en este artículo su estado de desarrollo es aún incipiente cuando se compara con la complejidad del sentido del olfato humano. Este artículo revisa las posibilidades de aplicación de las NE en el ámbito agroalimentario desde un punto de vista realista, y describe los aspectos más técnicos relativos a los sensores que se emplean en su fabricación indicando las ventajas e inconvenientes de los distintos tipos actualmente comercializados.

2. Posibilidades de aplicación de las NE en la industria agroalimentaria y comparación con otros procedimientos

Las narices electrónicas (NE) son equipos desarrollados con el objetivo de conseguir la caracterización instrumental del aroma de los alimentos, así a la NE se le atribuyen un amplio rango de aplicaciones potenciales en la industria de la alimentación [6]:

- Valoración de la calidad en productos no procesados y manufacturados
- Supervisión de operaciones básicas en industria agroalimentaria: cocinado, fermentación, mezclado, macerado, tostado, etc.
- Control de producto almacenado.
- Evaluación del envejecimiento y maduración de vinos, quesos, productos cárnicos, etc.
- Monitorización de la interacción producto-envase.

Tradicionalmente la medida del olor en estos procesos agroalimentarios es llevada a cabo por expertos específicamente entrenados, empleándose circunstancialmente paneles de catadores como instrumento para la descripción del aroma y la cuantificación de los diversos descriptores. Desde un punto de vista analítico la combinación de la cromatografía de gases (CG) y la espectrometría de masas (EM), permite caracterizar perfectamente un olor, identificando y cuantificando los distintos

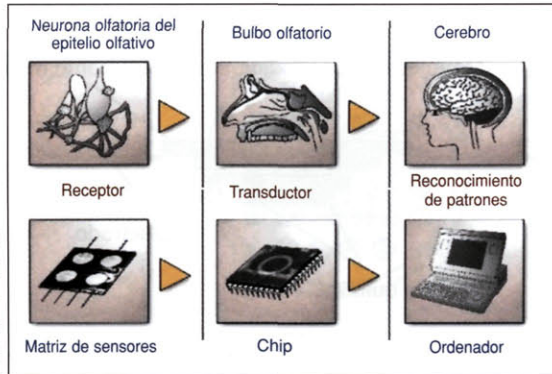


Figura 1. Elementos básicos de una NE versus sistema olfativo humano (Gayoso, 2003).

volátiles que lo componen, información que es muy diferente a la del olfato humano. La aparición de las NE en los años 90 suscitó un gran interés ante la posibilidad de realizar una evaluación objetiva y global del olor de las muestras, aunque como veremos en el siguiente apartado es difícil alcanzar la complejidad del sentido del olfato humano.

3. Origen conceptual de las narices electrónicas

Gardner y Bartlett (1993) definieron la NE como: "un instrumento compuesto por un conjunto de sensores químicos electrónicos con especificidad parcial y un apropiado sistema de reconocimiento de patrones, capaz de reconocer olores simples o complejos" [6]. La NE puede considerarse como una copia muy simplificada del órgano olfativo humano (Fig. 1).

Células receptoras y "cilia" son reemplazadas por sensores de gases no específicos que re-

accionan con diversos compuestos volátiles, no hay mucus en el que las moléculas olorosas puedan disolverse pero éstas se adsorben sobre el recubrimiento sensible de los sensores. La transducción de la señal desde los receptores olfativos es reemplazada en una NE por circuitos de acondicionamiento de la señal convirtiéndola normalmente en una señal eléctrica de voltaje, y por último la codificación de la señal neuronal para poder reconocer un olor y su intensidad en los humanos es sustituida en la NE por algún tipo de reconocimiento de patrones [4].

Al igual que en los humanos, es una técnica de análisis global, ya que no se necesita identificar concienzudamente cada uno de los distintos constituyentes de un olor sino reconocerlo. Sin embargo, no hay que olvidar que los sistemas actualmente disponibles no trabajan exactamente igual que una nariz humana ya que no detectan los mismos volátiles que ésta. Además de presentar mucha menor sensibilidad la nariz humana presenta un umbral de detección que típicamente se sitúa entre 1.000 ppm y menos de 1 ppt (Tabla I), de ahí que algunos autores prefieran llamar a estos equipos sensores de gases y no NE para que no exista esa asociación directa entre este equipo y la nariz humana [6].

4. Tipos de sensores a emplear en una NE

En una NE el componente principal es el sensor o detector químico, que es el dispositivo que convierte la interacción entre el material sensible y el compuesto químico en una señal eléctrica. Se pueden utilizar dos tipos de recubrimientos sensibles:

- Inorgánicos, tales como óxidos de metal (SnO₂, TiO₂, etc.). La ventaja de utilizar materiales inorgánicos es su estabilidad y pureza, aunque resultan también mucho más difíciles de modificar y por tanto de obtener re-

Tabla I. Capacidad sensitiva de la nariz humana respecto de la NE [4]

Aspecto	Nariz Humana	NE
Nº de células receptoras olfativas sensores	40 millones	4 a 32
Área de mucus olfativo/sensores	5 cm ²	1 cm ²
Nº de cilia por célula receptora olfativa	10-30	---
Concentración media para umbral de detección del almizcle	0,00004 mg/ de aire	Desconocida

cubrimientos con variedad de propiedades en cuanto a selectividad y sensibilidad.

- Orgánicos, su gran ventaja es que pueden ser estructuralmente modificados usando distintos métodos de síntesis con lo que sus propiedades de sensibilidad pueden afinarse. Esto exige comprender a nivel molecular los mecanismos de interacción entre el material sensible y el compuesto a detectar para introducir modificaciones racionales. El inconveniente fundamental es que en ocasiones la falta de estabilidad de los compuestos orgánicos crea problemas en la respuesta de los sensores.

De entre todos los sensores disponibles en el mercado los más empleados hasta el momento en la fabricación de equipos comerciales de NE son los semiconductores de óxidos de metal, los polímeros conductores, las microbalanzas de cristal de cuarzo y los de onda acústica de superficie.

4.1. Sensores de gases basados en las propiedades de conductividad de los materiales semiconductores

Sensores de óxido de metal (MOS)

Los sensores semiconductores de óxidos de metal (MOS, *Metal Oxyde Semiconductors*) se basan en el empleo de un material semiconductor normalmente óxido de estaño (SnO_2), que está localizado entre dos electrodos y es mantenido a una temperatura elevada típicamente de 350°C. La corriente eléctrica pasa entre los dos electrodos a través del óxido de metal, de forma que las interacciones entre la especie gaseosa y la superficie del semiconductor producen cambios en la resistencia eléctrica medida al otro lado del sensor. La conductividad eléctrica del sensor está afectada fundamentalmente por dos tipos de interacciones con la atmósfera gaseosa: adsorción directa de las

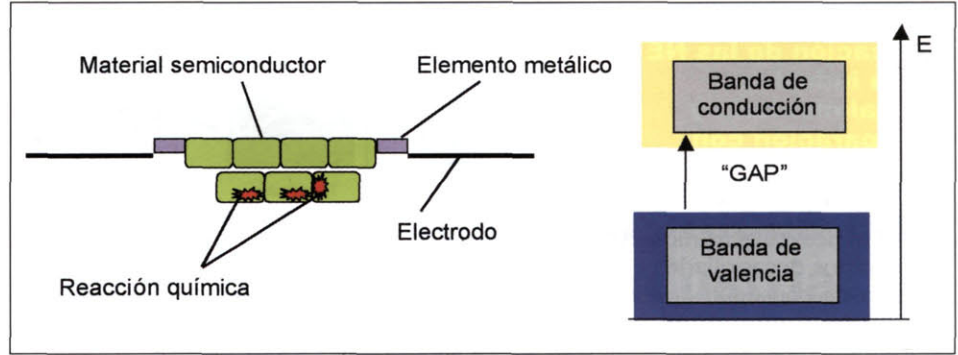


Figura 2. Esquema explicativo del funcionamiento de un sensor de gas MOS. (modificado de Mielle, [6]).

moléculas volátiles sobre la superficie del sensor, y reacciones de superficie con las especies adsorbidas.

La consecuencia de ambos tipos de interacciones es la misma: un aumento del número de electrones presentes en la banda de conducción, con lo cual aumenta la conductividad del semiconductor produciéndose un descenso de la resistencia eléctrica. Por tanto, una menor resistencia eléctrica del sensor es indicativa de la presencia en el medio de un gas reductor.

Sensores de polímeros orgánicos conductores (CP)

Los sensores polímeros conductores (CP, *Conducting Polymers*) se obtienen por electro-

Figura 3. Esquema de un sensor CP. (modificado de Mielle [6]).

polimerización de una delgada capa de polímero (asociado a diferentes grupos funcionales como polipirroles, ácidos butano y decano sulfónicos, etc.) al hacer pasar a su través una corriente de un electrodo a otro. En estos dispositivos, al adsorberse moléculas de la especie gaseosa sobre la superficie del polímero se produce un cambio en sus propiedades de conductividad, cambio que es detectado como una variación del voltaje de la corriente que llega al electrodo al otro lado del polímero (Fig. 3).

4.2. Sensores de gases de transistor efecto campo (FET)

El FET (*Field Effect Transistor*) es un transistor (dispositivo electrónico semiconductor que se utiliza como amplificador o conmutador electrónico) accionado por un efecto de campo, es decir, en ellos la conmutación que produce un fenómeno de cambio brusco del potencial eléctrico tiene lugar cuando el volátil actúa sobre el transistor. Los FET más habituales son los del tipo semiconductores de óxido de metal o MOSFET, como el sensor desarrollado para la detección de H_2 (Pd MOSFE) [2] (Fig. 4).

4.3. Sensores de gases amperométricos

Son sensores electroquímicos que de forma más precisa reciben el nombre de "sensores de

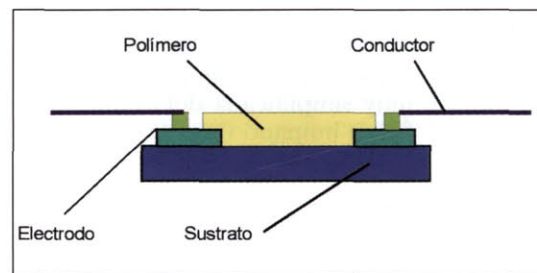
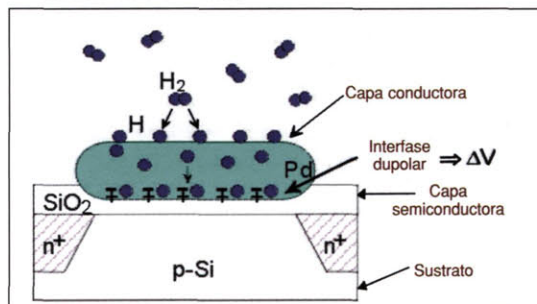


Figura 4. Imagen real y diagrama esquemático de un sensor de gas amperométrico. Modificado de Franck [2].



gases amperométricos de electrodo poroso". Este tipo de sensores responden a gases que puedan ser reducidos u oxidados electrolíticamente sobre un catalizador metálico como Pt y Au.

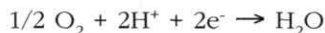
Los gases típicamente medidos son O₂, CO, NO₂ y S₂H, así como algunos compuestos orgánicos como alcoholes, aldehídos o cetonas. Su rango típico de sensibilidad está entre 3 y 30 ppm, aunque algunos son capaces de detectar cantidades tan pequeñas como 2 ppb de algunos gases como ozono, NO₂ y S₂H. Presentan una selectividad media que se puede modificar en función del material que se escoja en la construcción del electrodo, del potencial de trabajo del electrodo y de la sustancia que se use como electrolito (solución acuosa de H₂SO₄, de NaOH, etc.)

El principio de funcionamiento se basa en la oxidación o reducción del gas sobre un catalizador en la superficie de un electrodo que está en contacto con un electrolito según las siguientes reacciones (Fig. 5):

- Reacción en el ánodo:

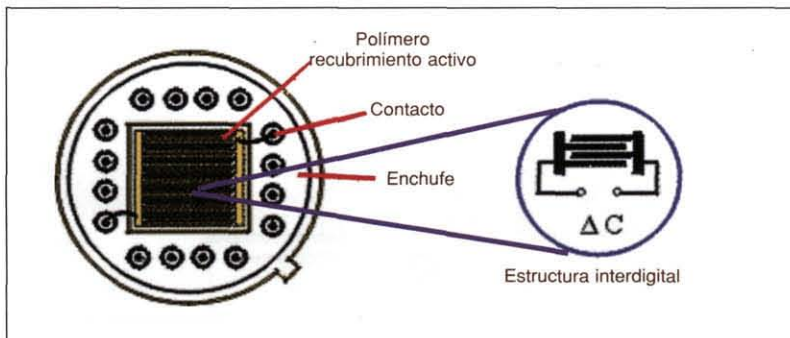


- Reacción en el cátodo:



El sensor se diseña de forma que la magnitud de la corriente

Figura 6. Diagrama esquemático de un sensor de gas calorimétrico. Modificado de Strathmann and Weimar [8].



generada por la reacción electroquímica del analito sea directamente proporcional a su concentración en la muestra gaseosa.

A menudo la transferencia de masa a través de la membrana es el principal factor de control que limita la velocidad de salida de la corriente en este tipo de sensores, corriente que se mide a potencial constante. Luego, bajo la presencia de un gas, la cesión de electrones al circuito se traduce en un incremento de la intensidad de la corriente detectada.

4.4. Sensores de gases de capacitancia

Estos sensores se basan en el cambio en la constante dieléctrica (ε) del polímero que actúa como recubrimiento sensible cuando un analito se adsorbe sobre él.

Cuando el recubrimiento es de tipo fino o *thick*, la ε total depende de la relación entre la ε

del analito y la ε del polímero. Una vez que el analito se adsorbe sobre el polímero el cambio en la ε provoca un incremento en la capacitancia del detector.

4.5. Sensores de gases calorimétricos

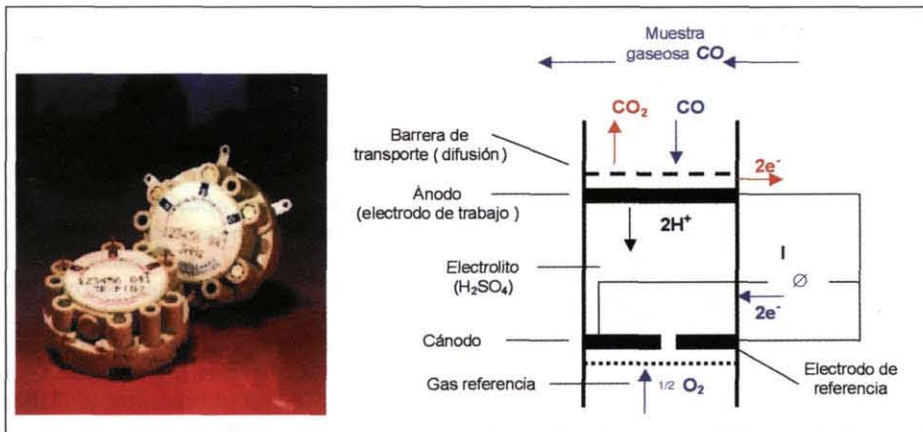
Estos sensores también llamados termopilas son capaces de transformar calor en voltaje. El principio de construcción consiste en usar dos metales diferentes de cuya unión resulta un voltaje, de forma que un gran número de láminas de los dos metales se ponen en contacto dando lugar a numerosas uniones. Estas uniones están separadas en dos grupos uniones sensibles o calientes y uniones no sensibles o frías. El recubrimiento sensible se deposita sólo en las uniones calientes. La adsorción del analito sobre el recubrimiento sensible da lugar a un calor de adsorción que origina un pulso de termo-voltaje entre las uniones internas y externas.

4.6. Sensores de gases sensibles a masa

Microbalanzas de cristal de cuarzo (QCM)

Los sensores QCM (Quartz Crystal Microbalance) se basan en la altamente exacta frecuencia de oscilación que caracteriza a los osciladores de cristal de cuarzo. En estos sensores, si una masa es adsorbida sobre la superficie del cristal de cuarzo la frecuencia de oscilación cambia en proporción a la cantidad de

Figura 5. Imagen real y diagrama esquemático de un sensor de gas amperométrico. Modificado de Franck [2].



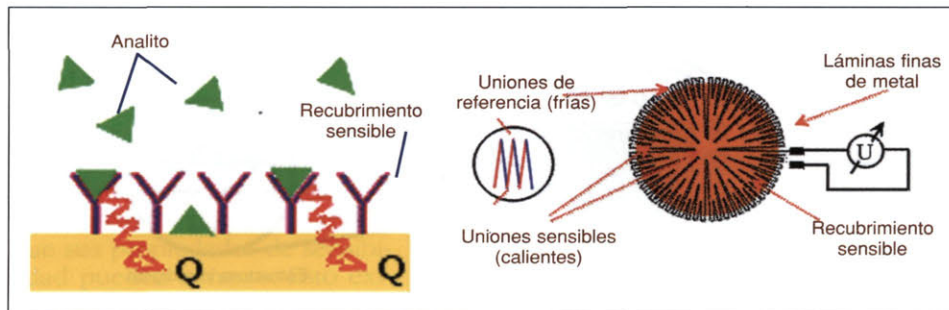


Figura 7. Diagrama esquemático de un sensor de gas calorimétrico. Modificado de Strathmann and Weimar [8].

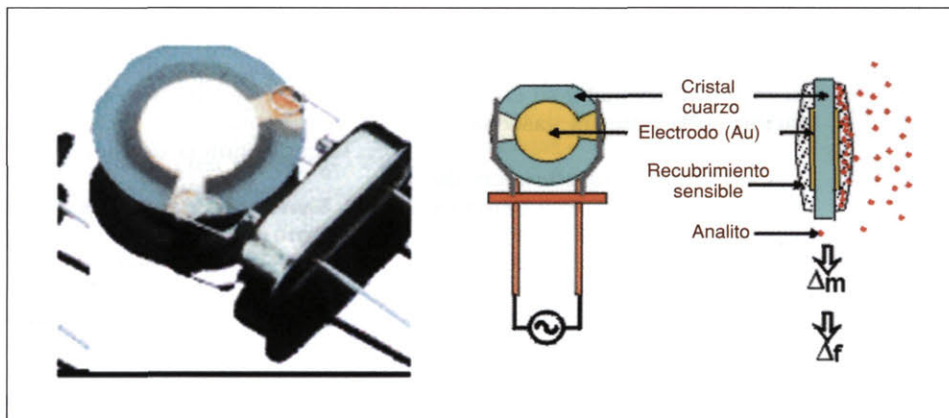


Figura 8. Imagen real y diagrama esquemático de un sensor de gas QCM. Modificado de Franck [2].

masa, de forma que midiendo el cambio en la frecuencia de oscilación se puede determinar la cantidad de masa.

Para transformar un cristal de cuarzo en un sensor químico es necesario recubrirlo con una capa de una materia capaz de capturar moléculas volátiles del ambiente, de forma que el material define las propiedades del sensor. De entre todos los materiales sensibles en los sensores QCM se prefieren los recubrimientos constituidos por metaloporfirinas. La sensibilidad de este tipo de sensores está relacionada con la frecuencia de oscilación del cuarzo (típicamente entre 10-30 MHz).

Sensores de onda acústica de superficie (SAW)

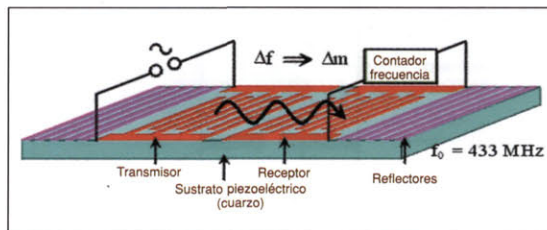
Estos sensores también son de tipo oscilatorio pero en el rango de las radio frecuencias (100-1.000 MHz). En estos dispositivos un cristal piezoeléctrico (normalmente cuarzo o niobato de litio) está recubierto por dos pares de peines interdigitales, usualmente

de aluminio que actúan como reflectores y emisores. Uno de los pares es usado como detector y el otro para establecer la referencia [6]. Sobre el par usado como detector se deposita el recubrimiento sensible, de forma que al adsorberse sobre él las moléculas de gas se modifica la conducción de las ondas de radiofrecuencia respecto a la referencia, lo que se traduce en una variación de la frecuencia de oscilación, magnitud que se relaciona con la cantidad de material adsorbido sobre la superficie del recubrimiento.

Sensores SAW sintonizables electrónicamente

Es un sensor de gases basado en la configuración de un sensor SAW típico pero que carece

Figura 9. Diagrama esquemático de un sensor de gas SAW. Modificado de Franck [2].



de recubrimiento o capa sensible, de forma que la diferencia en la selectividad de unos sensores a otros se consigue mediante la variación del voltaje eléctrico aplicado al sensor en la manera apropiada.

Su construcción básica consiste en un sustrato piezoeléctrico de LiNbO_3 en cuya superficie se disponen dos pares de transductores interdigitales de aluminio para la emisión y detección de las ondas acústicas de superficie. Entre ambas estructuras interdigitales se disponen una guía de ondas acústicas de superficie también de aluminio que presenta en ambos extremos unos embudos concentradores de ondas, y dos electrodos de aluminio para la aplicación del voltaje que se colocan a ambos lados de la guía. La respuesta del sensor hacia un gas dado provoca un cambio en el desplazamiento mecánico de las ondas acústicas de superficie, propagándose en una dirección cristalográfica dada sobre el sustrato. En este caso el desplazamiento mecánico de las ondas depende de las variaciones debidas a la influencia del voltaje eléctrico aplicado [5].

4.7. Sensores ópticos de gases

Son sensores que se basan en la detección óptica de la interacción química. Esta categoría de sensores comprende un amplio rango de tecnologías de forma que hay muchas aplicaciones de mecanismos ópticos de pequeña escala dentro del área de los sensores de gases. El principio de funcionamiento de algunas de estas técnicas se describe a continuación.

Espectroscopía de interferencia reflectométrica

Es una técnica que se basa en la medición de la variación del índice de refracción de un haz de luz al pasar a través de una capa o recubrimiento sensible sobre el que se han adsorbido

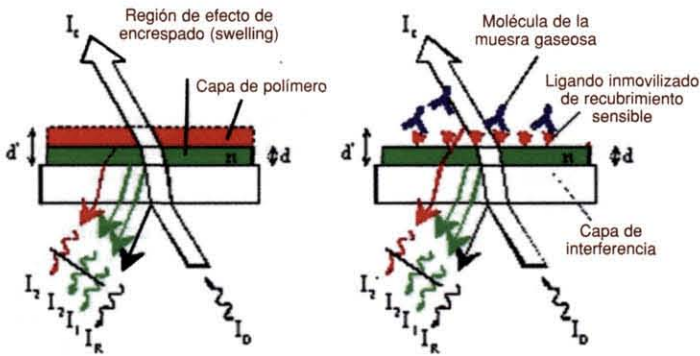


Figura 10. Principio de funcionamiento de un sensor basado en espectroscopia de interferencia reflectométrica.

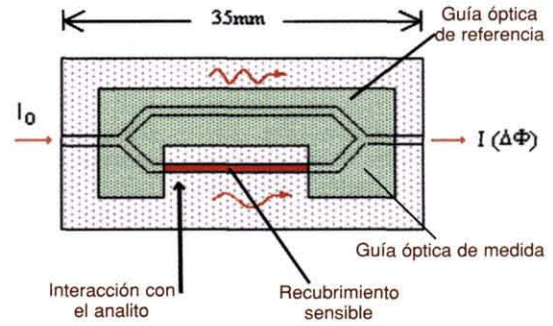


Figura 11. Diagrama esquemático de un interferómetro. Modificado de Strathman and Weimar [8].

las moléculas gaseosas de la muestra de interés [8].

El principio de funcionamiento se basa en la detección del tiempo de resolución de interferencia de la luz blanca incidente. El haz luminoso sufre reflexión según ángulos diferentes al atravesar los distintos materiales. Al atravesar la capa de polímero se refractan según un índice de refracción "n". La intensidad de la luz refractada es detectada en función de su longitud de onda (matriz de diodos-espectrómetro). Al adsorberse las moléculas gaseosas de la muestra sobre el polímero sensible se produce un incremento en el grosor de la capa que debe atravesar el haz luminoso, produciéndose un cambio en el patrón de interferencia proporcional al cambio del espesor óptico, lo que permite detectar cambios muy pequeños que se produzcan en el polímero.

Interferómetro óptico integrado

El principio de funcionamiento se basa en el hecho de que la propagación de la luz en la guía óptica está influida por el campo evanescente, por lo que se puede determinar el índice de refracción de la muestra gaseosa circundante [8].

Este sistema consta de dos guías ópticas una de referencia y otra de medida dispuestas en

un único chip (Fig. 11). En el camino de la guía óptica de medida se intercala una capa de un material polímero sensible sobre el que se adsorben las moléculas de la muestra gaseosa, lo que provoca un cambio del recubrimiento que produce un cambio en la intensidad de la luz que llega al final del interferómetro.

Fluorescencia y fosforescencia

El uso de la propiedad de fluorescencia consiste en foto-depositar sobre uno de los extremos de una fibra óptica una mezcla de un material polímero fluorescente.

Sobre un mismo extremo de una guía se pueden delimitar hasta 30 regiones sobre las que se aplican distintos tipos de mezclas o recubrimientos. Un *flash* de luz es aplicado sobre el extremo no sensible de la guía óptica, produciéndose la excitación de los haces que la componen hasta llegar al otro extremo originándose una intensidad de fluorescencia a la longitud de onda seleccionada desde el elemento sensible (Fig. 12). Diferentes combinaciones polímero/tinte fluorescente interactúan de forma distinta con los gases de forma que bajo la exposición a una muestra dada las diferentes regiones teñidas de la guía óptica o las diferentes fibras aportan una única información, midiendo

el espectro de emisión de fluorescencia de cada una de las regiones que cambia al adsorberse moléculas volátiles sobre ellas.

Junto con el efecto de la luminiscencia fluorescente puede utilizarse otro efecto óptico como la luminiscencia fosforescente que entre otras diferencias con la anterior se caracteriza porque la luminiscencia de las moléculas continúa incluso después de que la radiación incidente pare. Este tipo de sensores tienen varias ventajas sobre los sensores fluorescentes, incluyendo un estado de excitación más largo y emisión en longitudes de onda más compatibles con la tecnología de control ya existente [7].

Colorimetría

La técnica se basa en la detección por colorimetría de un amplio rango de olores usando una matriz de recubrimientos sensibles a los gases del tipo metaloporfirinas en forma de distintas pegatinas de tinte inmovilizadas sobre el dorso de una placa de gel de sílice. Estas matrices se construyen fundamentalmente usando librerías de tetra-fenil-porfirinas combinadas con distintos metales. Cuando una de estas matrices depositada sobre un soporte inerte es expuesta a distintos analitos se observan cambios en el color de los distintos complejos de porfirinas que a menudo son drásticos [9].

Substrayendo simplemente la imagen digital RGB de la matriz antes de ser expuesta a la mezcla gaseosa de la imagen después de la exposición, se puede obtener un patrón de cambio cuantitativo de color (Fig. 13), patrón que recibe el nombre de oler-viendo del inglés *smell-seeing* que da nombre a un equipo comercial basado en esta tecnología. Estos patrones de cambio de color permiten una llamativa identificación visual de la muestra gaseosa. Las imágenes son tomadas por una cámara digital acoplada a la matriz miniaturizada de metaloporfirinas.

5. Ventajas e inconvenientes de los distintos principios de detección

La dificultad de transferir las diversas aplicaciones de laboratorio de las NE a la industria se ha traducido en la aparición de estudios de revisión exhaustivos relativos a la fiabilidad de los distintos principios de detección: Mielle, [6]; Di Natale, [1]; Sarig, [7]; Strathmann y Weimar, [8]; Medved y cols, [5]. De ellos se deduce que algunos sensores son especialmente característicos por su sensibilidad (MOS, FET_MOSFET, amperométricos), y otros por combinar especificidad y sensibilidad (SAW y ópticos). Los principales inconvenientes son la lentitud de recuperación (MOS), el envejecimiento (QCM), la deriva (CP y SAW), la falta de reproducibilidad de los sensores para los distintos lotes de fabricación (CP;

FET_MOSFET, QCM y SAW), falta de reproducibilidad de la respuesta respecto a condiciones ambientales (humedad relativa, dióxido de carbono), y el coste (CP, ópticos, SAW y amperométricos). Por todo ello, la combinación de sensores de distinta naturaleza parece una alternativa interesante, ya que de esta de manera se potencian las características individuales de los distintos sensores reduciéndose a la vez sus inconvenientes. La redundancia de los sensores de menor coste y las técnicas de transferencia de calibración y de atenuación de las fuentes de variación externa como la ortogonalización de parámetros externos (EPO) son fundamentales en el desarrollo de aplicaciones robustas.

6. Actividad empresarial en el ámbito de las NE y perspectivas de futuro

En la actualidad se observa una disminución en el número de empresas dedicadas al desa-

rollo de NE debido a la fusión entre compañías (por ejemplo la nueva empresa Applied Sensor Technologies surge de la fusión de la sueca Nordic Sensor Technologies y la alemana Motech) o la absorción de algunas empresas por otras más importantes (por ejemplo Cyrano Sciences Inc (USA) ha sido comprada por Smiths Group (USA), Element Ltd. por Skyrr Ltd (IS)), a la especialización hacia el desarrollo de sensores (Applied Sensor Technologies, e2v technologies (UK)) o simplemente por desaparición de las mismas, todo ello por razones de mercado.

La permeabilidad de la industria agroalimentaria a esta tecnología es todavía reducida, y no es de extrañar dados los traspiés de las aplicaciones iniciales fruto de un exceso de entusiasmo inicial, así como de un profundo desconocimiento de las aplicaciones desde el punto de vista industrial. La correcta elección de la aplicación es un principio básico que pasa por la identificación de procesos con alta variabilidad cualitativa y cuantitativa en la composición gaseosa. En este sentido consideramos de especial interés la supervisión dinámica de procesos de fabricación de alimentos, y de almacenamiento y conservación de productos frescos. Por otra parte la identificación de procesos químicos anómalos es más sencilla que la cuantificación de componentes cualitativos aún lejos de una aplicación real y más viable cuanto mayor es la especificidad de los sensores. Consideramos que es imprescindible la participación activa del usuario final en los últimos estadios del proceso de innovación, así como el estudio exhaustivo de fuentes de variación de difícil control. La atenuación de fuentes de variación no controladas mediante procedimientos de análisis de datos disponibles en el ámbito de la quimiometría y la adquisición de amplias bases de datos en el ámbito industrial serán el punto de apoyo para un futuro más prometedor de estos dispositivos.

Figura 12. Diagrama esquemático de un sensor óptico de fluorescencia (Tecnología sensores Illumina®).

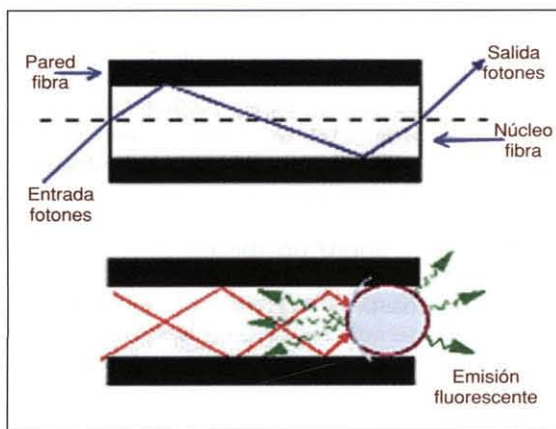
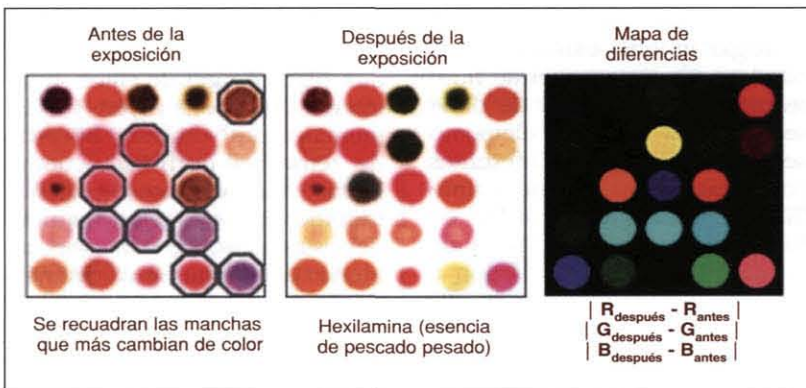


Figura 13. Perfil de cambio de color de una matriz de metaloporfirinas antes y después de la exposición a hexilamina y patrón o mapa de diferencias objeto de análisis final.



7. Listado de empresas fabricantes de narices electrónicas

- Airsense Analysis GMBH: <http://www.airsense.com/>
- AlphaMOS (Francia): <http://www.alpha-mos.com/>
- Chemsensing INC (USA): <http://www.chemsensing.com/>
- EADS-RST Rostock Raumfahrt und Umweltschatz GmbH (Dinamarca): <http://www.rst-rostock.de/>
- Enviroics Industry Oy (Finlandia): <http://www.enviroics.fi/>
- Electronic Sensor Technology Inc. (USA): <http://www.znose.com/index.htm>
- HKR-Sensorsysteme GmbH (Dinamarca). <http://www.hossbach.com>
- Illumina (USA): <http://www.illumina.com>
- INFICON (USA): <http://www.inficon.com>
- Lennartz Electronic GmbH (Dinamarca): <http://www.lennartz-electronic.de/>

- Bloodhound Sensors Ltd. (Reino Unido): <http://www.bloodhound.co.uk/bloodhound/>
- Microsensor Systems, Inc. (USA): <http://www.microsensorysystems.com>
- OligoSense nv (Bélgica): <http://sch-www.uia.ac.be/struct/oligosense/>
- Osmetech plc (Reino Unido): <http://www.osmetech.plc.uk/>
- SENSOBI Sensoren GmbH (Alemania): <http://www.senso-bi.com/index.htm>
- Smart Nose: <http://www.smartnose.com>
- Technobiochip (Italia): <http://www.technobiochip.com>

8. Bibliografía

- [1] Di Natale, C.; Electronic Nose. Summer School "Sensors for Food Applications" (1999).
- [2] Franck, M.; Solid State Chemical Sensors. Summer School "Sensors for Food Applications" (1999).
- [3] Galdikas, A., Z. Kancleris, D. Senuliene, and A. Setkus. "Detection of Bacteria in Meat with Dynamic Electronic Nose". EURODEUR-AIRODEUR. La Metrologie des Odeurs et les Nez Electroniques (2001).

- [4] Lacey, R.E., y Osborn, G.S. "Application of Electronic Noses in Measuring Biological Systems. ASAE Annual International Meeting , 98-6116 (1998).
- [5] Medved, A.V., Gulyaev, Y.V.; Kryshnal, R.G. y Shemet, V.V. "Electronically Tunable Saw Gas Sensors. 6th Interantional Symposium of Fruit", Nut, and Vegetable Production Engineering., 519 Institute of Agricultural Engineering Bornim e. V.(ATB)(2002).
- [6] Mielle, P. "Electronic Nose" Towards the Objective Instrumental Characterization of Food Aroma. Trends in Food Science & Technology 7: 432-38 (1996).
- [7] Sarig, Y. "Potential Applications of Artificial Olfactory Sensing for Quality Evaluation of Fresh Produce". Journal of Agricultural Engineering Research 77, no. 3: 239-58 (2000).
- [8] Strathmann, S., y Weimar, U. "Sensor Overview II: Semiconductor Based Transducers". Second School of the European Network of Excellence on Artificial Olfactory Sensing (2000).
- [9] Suslick, K.S. y Rakow, N.A. "A Colorimetric Nose: "Smell-Seeing". Artificial Chemical Sensing: Olfaction and the Electronic Nose . J. R. Stetter, and W. R. Pensrose, 8-14. Pennington, NJ.: Electrochem. Soc. (2001).



Libro

Nuevo tratado de panificación y bollería



(Edición 2004)
España: 50 €
Resto Europa: 68 €
Resto Mundo: 88 \$
Páginas: 622
ref. 1212

Autor: Calaveras, Jesús

- TEMA 1: HISTORIA
 - 1.1. Evolución de los cereales. 1.2. Evolución de la molinería
- TEMA 2: EL TRIGO
 - 2.1. Producciones, superficies, calidades de trigo, rendimientos y semilla certificada. 2.2. Clasificación de trigo
- TAMA 3: REGLAMENTACIÓN TÉCNICO-SANITARIA DE LA FABRICACIÓN DEL PAN
 - 3.1. Definiciones y denominaciones. 3.2. Condiciones de los establecimientos, del material y del personal. Manipulaciones permitidas y prohibidas
- TEMA 4: MATERIAS PRIMAS DE PANIFICACIÓN
 - 4.1. Harinas de panificación. 4.2. Levaduras en panificación
- TEMA 5: PROCESOS DE PANIFICACIÓN
 - 5.1. Amasado. 5.2. División y pesaje
- TEMA 6: NUEVOS PROCESOS TECNOLÓGICOS
 - 6.1. Pan precocido. 6.2. Masa congelada
- TEMA 7: CONTROL DE CALIDAD
 - 7.1. Control de calidad en la fabricación del pan. 7.2. Control de calidad de harinas panificables
- TEMA 8: MANIPULACIÓN DE LOS ALIMENTOS / PAN
 - 8.1. Recomendaciones higiénicas. 8.2. Significado de las bacterias indicadoras de contaminación
- TEMA 9: VALOR NUTRITIVO DEL PAN
 - 9.1. Consejos generales sobre nutrición. 9.2. algunas de sus ventajas
- TEMA 10: FICHAS DE RELLENOS, PAN Y BOLLERÍA
 - 10.1. Rellenos. 10.2. Fichas de pan

Orden de Pedido

Nombre.....
 Empresa CIF/NIF.....
 Dirección
 Población..... C. Postal.....
 Provincia
 País Teléfono..... Fax.....
 e-mail

Indique la referencia deseada Ref. _____ Cantidad _____

Cuyo importe abonaré mediante:

- Cheque adjunto Reembolso
- Transferencia bancaria a la recepción de la factura
- Mastercard American Express VISA
- Tarjeta Nº _____ Validez hasta _____

Sus datos serán registrados en un fichero de Alción 2005 Madrid, S.L. Medea, 4 - 28037 Madrid. Es obligatorio cumplimentar los datos para la gestión del contrato y/o servicio. Podrá recibir publicidad de otros servicios de Alción 2005 Madrid, S.L., y/o de terceras empresas que pueden ser de su interés profesional, a través de correo, fax y/o correo electrónico. De no recibir expresamente indicaciones contrarias en la dirección arriba indicada, Alción 2005 Madrid, S.L. asume su aceptación para seguir ofreciéndole información actualizada.

España: 4% IVA incluido

**Pedidos por teléfono: (+34) 914 402 923 - Por Fax: (+34) 914 402 931 - Por Internet: www.alcion.es
 Por Correo: Alción 2005 Madrid, S.L. - Medea, 4 - 28037 Madrid (España)**