

Evaluación de un Sistema de Enmascaramiento de Olor de Muestras de Ajo, Mediante un Sistema de Nariz Electrónica

Ordoñez Araque, Roberto¹; Barat, José Manuel¹

¹Departamento de Tecnología de Alimentos, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España

Resumen: El ajo presenta una actividad antioxidante y antimicrobiana y según recientes reportes, podría asociarse también con efectos anticancerígenos. Estas características hacen del ajo un potencial ingrediente para el desarrollo de productos funcionales; sin embargo su característico olor limita su uso. Este trabajo evaluó el posible enmascaramiento de los compuestos que desarrollan el olor en el ajo, empleando sistemas de liberación controlada, reportados recientemente en diversas aplicaciones alimenticias. Mediante el uso de una Nariz Electrónica se detectaron muestras de uno de los compuestos organosulfurados más importantes en el desarrollo del olor del ajo, dialil disulfuro. Este compuesto fue encapsulado en un soporte microparticulado de sílice mesoporosa (MCM41), que a su vez fue recubierto con dos diferentes sistemas moleculares. Estos sistemas, actúan como puertas para controlar la liberación del compuesto cargado en los poros. En este trabajo, dichos sistemas se propusieron como dispositivos potenciales para enmascarar el olor de dialil disulfuro encapsulado. Los resultados obtenidos por la nariz electrónica se analizaron mediante un desarrollo estadístico multivariado de componentes principales (PCA). Se encontraron interesantes diferencias entre los sistemas a los que no se ancló ningún tipo de puerta molecular y los sistemas que si la incluían. Adicionalmente las muestras recubiertas, se agruparon dentro de las muestras blanco que no contenían el compuesto en sus poros ni los sistemas moleculares en su superficie. Por lo tanto dichas muestras blanco no tenían un olor característico perceptible por el equipo y deja ver el posible efecto de enmascaramiento que produjo el uso de los sistemas moleculares.

Palabras clave: Nariz electrónica, ajo, dialil disulfuro, puertas moleculares, PCA, soportes microparticulados de sílice mesoporosa.

Evaluation of a Masking System for Garlic odors, through a System of an Electronic Nose

Abstract: Garlic have an antioxidant and antimicrobial activity and according to recent reports, could also be associated with anti-cancer effects. These features make the garlic ingredient extremely useful for the development of functional products; however its characteristic odor limits its use. This study evaluated the potential possibility to mask developing compounds in garlic odor using controlled release systems, recently reported in various food applications. Using an Electronic Nose, built by the electronics department of the Polytechnic University of Valencia, samples of one of the most important organosulfur compounds in the development of the smell of garlic, diallyl disulfide were detected. This compound was encapsulated in a microparticle support mesoporous silica (MCM41), which in turn was coated with two different molecular systems. These systems act as gateways to control the release of the compound loaded in the pores. In this work, these systems were proposed as potential odor masking devices diallyl disulfide encapsulated. The results obtained by the electronic nose were analyzed by multivariate statistical development of principal components (PCA). Interesting differences between the systems were found to which any door and molecular systems were not anchored. Additionally the coated samples were grouped within the white sample, containing no compound of pore molecular systems or on its surface. Therefore these white samples had no noticeable characteristic odor for the team and reveals the possible masking effect produced using molecular systems.

Keywords: Electronic nose, garlic, diallyl disulfide, molecular gates, PCA, microparticulate silica mesoporous supports.

1. INTRODUCCIÓN

Dentro de la composición del ajo se encuentran hidratos de carbono, proteínas, vitaminas (B1, B3, B6, C, E), minerales (fósforo, zinc, potasio, yodo) lípidos, terpenos, flavonoides,

enzimas, sales de selenio, azúcares y diferentes elementos fenólicos (Block, 1985), se distinguen centenares de compuestos bioactivos, principalmente asociados a los componentes azufrados. De forma profusa se encuentra el aminoácido azufrado aliína osulfóxido de S-alil-cisteína

roaroa_7@hotmail.com

Recibido: 23/12/2016

Aceptado: 23/10/2017

Publicado: 31/10/2017

(López, 2007). La aliína es un derivado del aminoácido cisteína que constituye el principal sustrato para la enzima aliinasa, que una vez desligada de su compartimiento intracelular por rotura (molturación o trituración), se transformará en alicina (dialiltiosulfonato), causante del olor representativo del ajo, esta se descompone inmediatamente y forma mono, di y trisulfuros, conjuntamente con otros derivados azufrados como el ajoeno, el disulfuro de dialilo, trisulfuro de dialilo, y diallil disulfuro, este último representa un 70% de los organosulfuros que dan el olor característico al ajo (Díaz y Jiménez 2008), (Fulder y Blackwood, 1997).

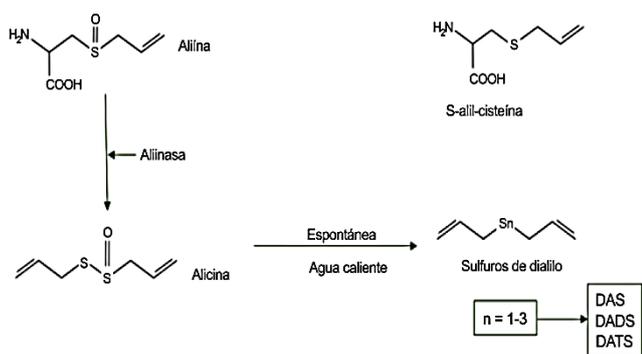


Figura 1. Síntesis de algunos componentes del ajo y derivados. DAS: Sulfuro de dialilo; DADS: Disulfuro de dialilo; DATS: Trisulfuro de dialilo (Navarro, 2007).

Los componentes azufrados presentes en el ajo se consideran bioactivos; entre los elementos más importantes destaca la aliína y ajoeno (ajocisteína) a los que se asocia una posible acción hipotensora hipoglucemiante, anti-inflamatoria y vasodilatadora (Trujillo et al., 2004). Recientes estudios del sulfuro de dialilo y organosulfuros asociados, han demostrado la acción hipocolesterolemiante, y preventiva frente a daños químicos del DNA (a través del aumento de la producción de enzimas desintoxicantes), además de posibles efectos quimioprotectores que favorecen la acción desintoxicante del hígado frente a sustancias químicas nocivas para el organismo (García y Sánchez, 2000).

En los sistemas nanoestructurados de sílice mesoporosa, el más estudiado y utilizado es el MCM-41. Materiales compuestos de sílice amorfa (SiO₂), que poseen una fuerte estructura definida y ordenada, con un tamaño de poro entre 2 y 50 nm (Kresge et al. 1992). Este material presenta una elevada área superficial, formación porosa topológicamente ordenada (poros hexagonales) con estrecha distribución entre ellos y un buen diámetro de poro que sirve para procesar sustratos voluminosos (Fellenz et al., 2012).

A lo largo del tiempo, se destaca su uso en aplicaciones farmacéuticas, un ejemplo de ello se muestra en el trabajo de Vallet-Regi et al. (2001), donde realizaron adsorción de ibuprofeno por impregnación, seguido de una descarga introduciendo el polvo en medios diferentes de la liberación in vitro. Del mismo modo se reportan estudios sobre la liberación controlada de vitamina B2 en agua a partir de materiales a base de sílice mesoporosos que permite analizar la importancia de estos sistemas como soportes de encapsulación y liberación controlada de diversos compuestos con excelentes resultados (Bernardos et al., 2008). Dentro de las propiedades o

características que tienen estos sólidos es la forma como está hecha su superficie que permite que hayan interacciones a través de las cuales es posible anclar una gran variedad de moléculas, inicialmente se las usaba adhiriéndoles marcadores moleculares, después con el auge de la liberación controlada se planteó usar moléculas que recubran la superficie de dichos sólidos, desarrollando una tecnología llamada puertas moleculares (Coll et al., 2013).

Las puertas moleculares son sistemas que controlan la liberación de una carga a través de la aplicación de un estímulo externo, estos pueden ser físicos, químicos o bioquímicos, existen estudios con aplicaciones para el diseño de materiales autoreparadores, fármacos, fertilizantes, pesticidas y herbicidas (Bernardos, 2011). Algunos estudios más recientes buscan aplicar estos sistemas en el área de alimentos, se reportan principalmente dos tipos de puertas: un sistema molecular de hidrolizados de almidón, denominado G47 y un sistema de poliaminas denominado carboxilato (Merino et al., 2010). En función al estímulo al que responden dichos sistemas, resultan de amplio interés dentro del desarrollo de nuevos productos alimenticios, la puerta molecular G47 responde a una acción enzimática y en presencia de pancreatina, el enlace glicosídico (1 → 4) entre β-D-glucosas presente en el almidón se hidroliza con la posterior liberación del contenido encapsulado en los poros (Oroval et al., 2013). En cuanto a las puertas constituidas por poliaminas son sistemas que responden a un cambio de pH, basado en un proceso de protonación y desprotonación, cuando en el medio se encuentra pH ácido los átomos de nitrógeno de las poliaminas sufren repulsiones electrostáticas y se protonan, estas repulsiones hacen que las poliaminas se configuren y bloqueen los poros del soporte y se inhibe la liberación de la carga, a pH neutro las poliaminas se desprotonan y las repulsiones electrostáticas disminuyen permitiendo una conformación flexible, lo que desbloquea el poro y permite la liberación de la carga (Acosta et al., 2014).

La superficie externa de estos materiales mesoporosos (MCM-41) se funcionalizan con distintos tipos de moléculas, pueden encapsular en el interior de su poro a diferentes tipos de materiales. Cuando se realiza esta funcionalización con puertas moleculares, un estímulo externo ocasionará que la puerta se abra y el material libere la muestra encapsulada en los poros, o que admita el ingreso de otras especies que se encuentren en el medio (Casasús, 2009). Las moléculas volátiles pueden llegar a ser retenidas por el sistema de puertas, éstos dispositivos servirían para enmascarar características como el olor, lo que en la industria alimentaria representa una importante aplicación para el desarrollo de nuevos productos.

Se han considerado sistemas olfativos artificiales como instrumentos que realizan análisis de mezclas complejas de gases. Estos tienen el nombre de nariz electrónica, su objetivo es analizar cualitativamente aromas difíciles de percibir reconociendo sus huellas olfativas, valorando los componentes de la muestra a analizar en todo su conjunto y no de una manera cuantitativa (Lozano et al. 2008). El propósito general del sistema de sensores de una nariz electrónica es el de emular el sistema olfativo humano diferenciando adecuadamente los distintos tipos de compuestos volátiles que le sean requeridos.

Para la empresa alimentaria el uso de estos sistemas es cada vez mayor y se lo utiliza en el análisis sensorial de sustancias complejas. Desde el desarrollo del primer sistema en ser llamado nariz electrónica en 1982, se han venido desarrollando investigaciones referentes a esta tecnología enfocadas al área alimenticia (Rodríguez, 2001).

En una red amplia de sensores como es la red de la nariz electrónica, el número de variables es muy alto y se debe recurrir a métodos de análisis sofisticados que permitan observar diferencias entre todas las series de datos como algo global y no como una respuesta individual de cada sensor (Gardner, 1991). El método que asume colinearidad entre las variables que intervienen en el sistema se llama PCA (análisis de componentes principales), es un algoritmo lineal adecuado para explotar el concepto de variables solapadas que se utiliza en las narices electrónicas (Jackson, 1981). Esta es una técnica no supervisada útil cuando se busca una relación entre muestras o cuando no existan ejemplos con otros modelos para comparar. En el plano, las muestras con características olfativas comunes estarán alineadas en la misma región del espacio, mientras que las muestras con características diferentes se alinearan de forma separada (Durán, 2013).

El objetivo de este trabajo fue evaluar a través del seguimiento del perfil aromático por nariz electrónica, dos sistemas de puertas moleculares (G47 y carboxilato), como dispositivos de enmascaramiento de olor de dialil disulfuro (DADS) que fue encapsulado en un sistema de micropartículas de sílice mesoporosa MCM41.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Materiales

Todos los productos se usaron directamente sin la aplicación de purificación. Los compuestos Diallyldisulfide (Tech, 80%) y NaClO₄ (reactivo ACS, 98%) se adquirieron en la casa Sigma Aldrich. Las soluciones se prepararon con acetonitrilo (grado de gradiente para HPLC, Fisher Scientific) y agua desionizada de resistividad 18,2 MU/cm⁻¹ (Milliporos UHQ, Vivendi, UK).

Se utilizaron compuestos de ortosilicato de tetraetil (TEOS), n-bromuro de cetiltrimetilamonio (CTAB), hidróxido de sodio, trietanolamina (TEAH3), 3-aminopropiltriethoxisilano, 3-[2-(2-aminoetilamino) etilamino]-propil-trimethoxisilano, carboxilato (N-[(3-trimethoxysilyl)propyl] ethylenediamine triacetic acid trisodium salt) (Lewandowski et al., 2014) y pancreatina que fueron proporcionados por la marca Aldrich. Las muestras de almidón modificado G47 (5% glucosa, 50% maltosa, 45% oligosacáridos y polisacáridos) se obtuvieron de la organización Roquette.

2.2 Síntesis de los sistemas de encapsulación

2.2.1 Síntesis de micropartículas de sílice mesoporoso MCM-41 (S0)

Se sintetizaron los soportes mesoporosos MCM-41 a través de la ruta de los atranos (Cabrera et al., 2000), se añadieron 4,68 g de CTAB a 118 °C en una solución de TEAH3 (25,79 g) que

contenía 0,045 moles de precursor de sílice (TEOS, 11 ml). Se adicionaron 80 ml de agua con agitación fuerte a 70 °C con lo que se formaron suspensiones blancas. Esta mezcla se la mantuvo con agitación constante a temperatura ambiente durante 10 horas. Los productos finales en forma de polvo se recogieron por filtración y se lavaron. Los sólidos se secaron a 70 °C y para eliminar el surfactante se calcinaron a 550 °C durante 5 horas utilizando atmósfera oxidante (Linàs y Sánchez, 2014).

2.3 Encapsulado de los componentes de ajo

2.3.1 Carga del dialil disulfuro en los sistemas mesoporosos (S1)

En un matraz de fondo redondo se suspendieron 100 mg de micropartículas mesoporosas MCM-41 en 40 ml de una solución de DADS disuelto en acetonitrilo. Se evaluaron tres concentraciones de encapsulado diferentes, 0,01, 1 y 10 ml/mg. Estos compuestos se agitaron durante 24 horas a temperatura ambiente, se filtraron y secaron a la misma temperatura durante 12 horas (Descalzo, 2008).

2.4 Funcionalización de los soportes cargados con DADS

2.4.1 Síntesis de S2

Con una relación 1:1 en un matraz de fondo redondo se adicionaron compuestos de carboxilato (N-[(3-trimethoxysilyl)propyl] ethylenediamine triacetic acid trisodium salt) en 10 ml de acetonitrilo. Éstos se agitaron durante 5,5 horas a temperatura ambiente en una atmósfera inerte de nitrógeno. Se filtraron y lavaron con solución ácida (ácido sulfúrico) con pH de 2,0 y se secaron durante 12 horas a 35 °C (Bernardos et al., 2008).

2.4.2 Síntesis de S3

En un matraz de fondo redondo se adicionaron en medio acuoso, en una relación 1:1 el sólido S1 y el almidón modificado G47, previamente anclado a una amina (N1: aminopropyltriethoxysilane). Se agitaron durante 5,5 horas a temperatura ambiente en una atmósfera inerte de nitrógeno. Se filtraron y lavaron con agua (milli-Q) y se secaron durante 12 horas a 35 °C (Bernardos et al., 2008).

2.5 Medidas en nariz electrónica, diseño del experimental

Se realizaron estudios preliminares con una muestra pura de DADS para ver su interacción con los sensores, se determinó que era necesario una medida de limpieza del equipo de 10 minutos, después una medida de aire de 20 minutos y finalmente una medida de la muestra de 20 minutos. Los sensores desarrollaron una zona dinámica durante los primeros 10-12 minutos, seguida de una zona estable que se mantuvo hasta el final de la medición, por lo que no es necesario tener la muestra más de ese tiempo.

Se diseñaron modelos de evaluación para el ensayo inicial y el diseño experimental con tres series de medida cada una, se realizaron tres repeticiones en días diferentes con el fin de obtener un conjunto de datos robustos para realizar un análisis

correcto del experimento, coincidiendo con la investigación de Quintero (1993) donde se desarrollaron varios experimentos con tres repeticiones cada uno para evaluar leguminosas arbustivas en la alimentación de conejos.

El ensayo inicial de detección del DADS se validó a través de una solución del compuesto puro en acetonitrilo, medida en tres concentraciones diferentes: 0,1 – 10 y 700 mg/ml. Finalmente con las condiciones del método validadas, se dio paso a la medición de los sólidos. Bajo el mismo diseño de 3 series por 3 repeticiones donde se evaluaron los sólidos: S0 S1, S2 y S3.

Para este experimental se escogieron concentraciones de 0,01, 1 y 10 mg/ml.

Para diferenciar las muestras como se expone en la tabla 1 se emplearon denominaciones que indican (S0) para la muestra sin olor, (S1) al sólido mesoporoso cargado con DADS a distintas concentraciones, y (G o C) que indica el tipo de puerta que se emplearon para funcionalizar y enmascarar el sólido cargado con el compuesto de ajo con 3 tipos de concentraciones, (S2) para las muestras C que emplean el conjunto de aminas o carboxilato y (S3) para referirse al sistema G de hidrolizado de almidón G47

Tabla 1. Nomenclatura utilizada en muestras

Muestra	Descripción
0	Muestra blanco: Sólido sin carga ni funcionalización de ninguna puerta (S0)
1	Sólido cargado con una concentración de DADS de 0,01-10 mg/ml sin puerta (S1)
0,01/1/10 C	Sólido cargado con una concentración de DADS de 0,01-10 mg/ml y recubierto con la puerta de carboxilato (S2)
0,01/1/10 G	Sólido cargado con una concentración de DADS de 0,01-10 mg/ml y recubierto con la puerta G47 (S3)

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Ensayos preliminares

Los primeros ensayos se desarrollaron para determinar si la nariz electrónica es capaz de reconocer el extracto de ajo independientemente de la concentración a la que se lo mida, como lo realizaron en el estudio de Ardila et al. (2009) donde se hicieron ensayos preliminares en una nariz electrónica para determinar la actividad antibacteriana de distintos aceites esenciales y posteriormente analizaron las concentraciones inhibitorias de dichos aceites, de la misma manera se realizaron pruebas iniciales en esta investigación, después de determinar que la nariz electrónica era capaz de detectar el compuesto se validó el método midiéndolo a distintas concentraciones, la figura 2 presenta los resultados del ensayo donde se emplearon concentraciones del compuesto dialil disulfuro en solución, con un nivel de representatividad de 45,02%, las muestras se agruparon ordenadamente según cada concentración (0, 0,1 y 700 mg/ml), mientras que la solución que no contiene el compuesto (S0) se agrupa en otro sector del plano, comprobando con esto la efectividad del método en la

detección de dialil disulfuro, a este ensayo preliminar se lo puede comparar con los ensayos que realizaron Lozano et al. (2004) donde utilizando una nariz electrónica identificaron aromas en variedades de vinos blancos y tintos con resultados que reflejaron una separación completa de las muestras en el diagrama de componentes principales de los distintos compuestos químicos analizados.

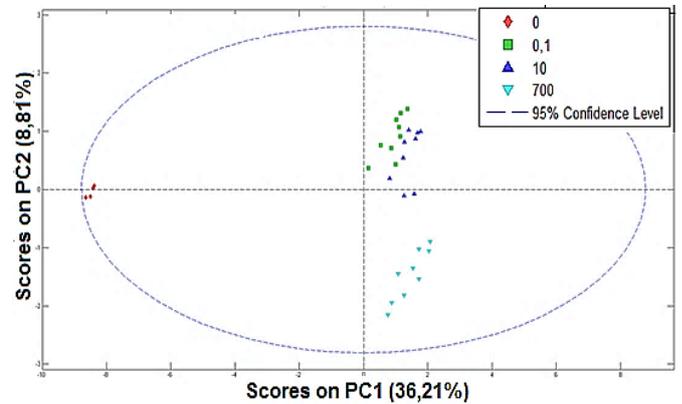


Figura 2. Análisis de componentes principales frente a compuestos de dialil disulfuro (DADS) en concentración de 0,1 mg/ml, 10 mg/ml y 700 mg/ml y muestra blanco de acetonitrilo que no contiene el compuesto de interés

3.2 Diseño experimental

Los estudios relacionados con el desarrollo de sensores de la nariz electrónica se realizan en determinadas zonas de medida (dinámica, estable o en conjunto), generalmente se mide directamente en la zona inicial dinámica por razones de tiempo y por el tipo de muestra o producto utilizado (Moreno et al. 2009). El análisis de zonas en esta investigación lo podemos comparar con en el análisis de Paredes et al. (2016) donde realizaron una implementación y evaluación de una nariz electrónica para la detección de alcoholes lineales, en la fase experimental tuvieron como resultado que la mejor zona para su análisis fue la zona estable, en el presente estudio el DADS a distintas concentraciones tuvo una respuesta positiva al interactuar con los sensores y podemos realizar análisis en todas las zonas de medida, se realizaron análisis con todos los datos obtenidos para determinar que zona arroja los mejores resultados, en las figuras 3, 4 y 5 tenemos el comportamiento de las muestras por cada zona, en el análisis de componentes principales se separaron las muestras que tienen puerta molecular (sin olor) de las que tienen el compuesto (con olor) en las secciones A y B respectivamente.

El análisis de la zona dinámica tiene un nivel de representatividad de 50,63% este es el más bajo de los análisis propuestos, el estudio en conjunto de las dos zonas obtuvieron una representatividad mayor de datos con 56,16%, mientras que la zona estable resultó la más adecuada para continuar con el análisis de los resultados con un porcentaje de 59%. Estos resultados se asemejan a la investigación propuesta por Durán et al. (2012) donde realizaron su análisis en los valores obtenidos en la zona estable para identificar y corroborar diferencias mediante el aliento de pacientes sanos y pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica con una nariz electrónica. La Figura 3 muestra los datos de la zona estable, observamos la muestra blanco (S0) en la zona A, en esta zona se ubican todos los sólidos cargados con puerta, tanto el G47 y el carboxilato, mientras que en la zona B están ubicados

todos los sólidos cargados sin puerta (S1) a distintas concentraciones, los sólidos cargados sin puerta a concentración 0,01 están juntos en la parte derecha, los de concentración 1 se ubican en la mitad y los de 10 se ubican en la parte izquierda. Los sensores de la nariz detectaron y clasificaron cada concentración de menor a mayor de derecha a izquierda, este resultado lo podemos contrastar y validar con la investigación realizada por Osorio et al. (2012) donde el análisis PCA logró identificar claramente muestras de quesos almacenados a diferentes temperaturas a lo largo de distintos tiempos de almacenamiento medidos por una nariz electrónica.

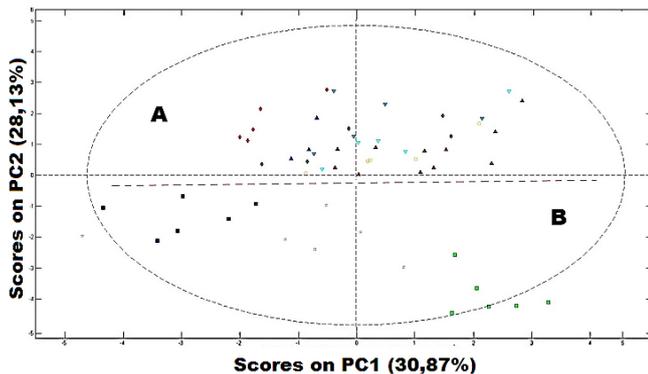


Figura 3. Análisis de los datos obtenidos en Zona Estable (sección A muestras con puertas moleculares vs sección B muestras sin enmascaramiento).

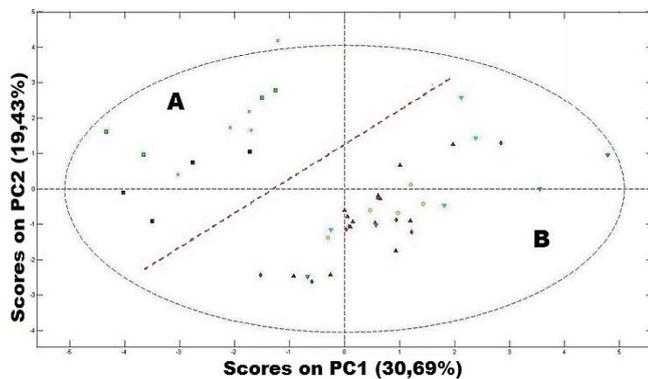


Figura 4. Análisis de datos obtenidos en Zona dinámica (Sección A muestras sin enmascaramiento vs sección B muestras con puertas moleculares)

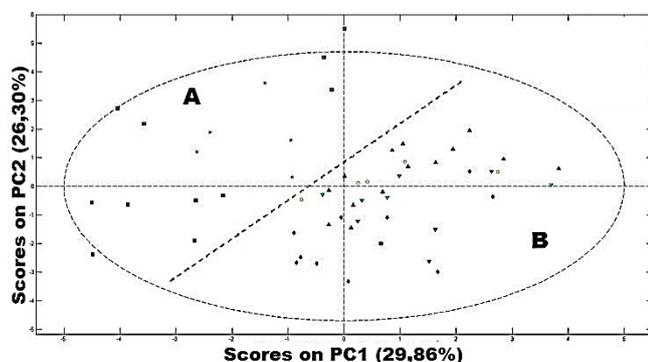


Figura 5. Análisis de datos obtenidos en Zona dinámica (Sección A muestras sin enmascaramiento vs sección B muestras con puertas moleculares)

Después de analizar la zona estable con todas las muestras del estudio, se compararon individualmente las muestras (S2) y (S3) para ver la respuesta de componentes principales confrontandolas con los sólidos (S0) y (S1).

3.3 Estudio de los Sólidos S0 y S1 con S2 y S3

En la Figura 6 se puede observar como la disposición de los clusters de cada muestra se ubica de manera distinta, la muestra blanco está independiente en la parte izquierda de la zona A y a su lado se ubican las muestras recubiertas con la puerta G47 (sin olor) cargadas con una concentración de dialil disulfuro a 10, 1 y 0,01 mg/ml consecutivamente. Mientras que los sólidos cargados sin puerta (con olor) se ubican distantes de los demás y de una manera ordenada según su concentración, empezando en la parte izquierda de la zona B con el de mayor siguiendo así su curso de ordenación a la derecha. El porcentaje de representación de los datos es de 63,54% indicando un buen nivel de concordancia de los resultados como sucedió en el estudio de evaluación de la calidad de mora a través de una nariz electrónica realizado por Carvajal et al. (2012) donde se evidenció mediante el análisis PCA la evolución del proceso de degradación de la mora ubicando muestras distintas en diferentes lugares del diagrama.

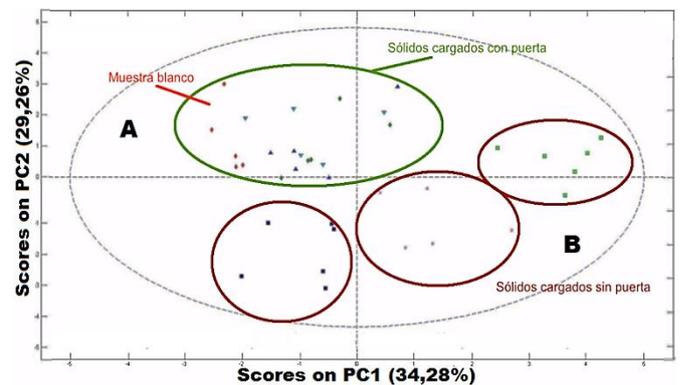


Figura 6. Análisis de componentes principales frente a sólido vacío (S0), sólidos cargados con puerta G47 (S3) a concentración de 0,01-1-10 mg/ml y sólidos cargados sin puerta (S1) a concentración de 0,01-1-10 mg/ml.

La figura 7 muestra la respuesta de la puerta de carboxilato (sin olor), ésta gráfica tiene un nivel de representación de los datos del 59,59%. Se observa la muestra blanco en la sección A junto a los sólidos cargados con puerta (S2), los sensores no detectaron el olor del compuesto DADS con puertas moleculares y los ubicaron independientemente de su concentración. Los sólidos que desprenden volatilidad a distintos niveles se ubican en la sección B ordenados de una manera uniforme de derecha a izquierda de menor a mayor concentración.

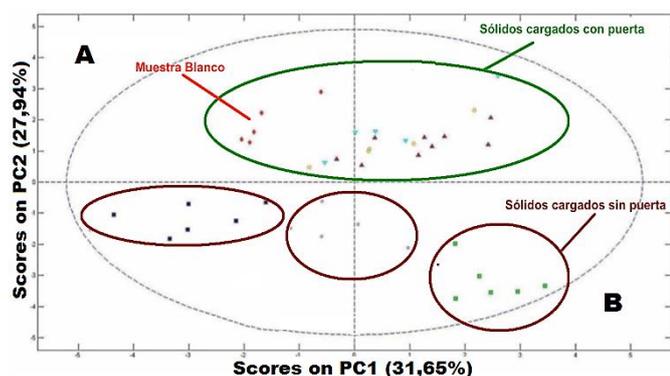


Figura 7. Análisis de componentes principales frente a sólido vacío (S0), sólidos cargados con puerta de carboxilato (S2) a concentración de 0,01-1-10 mg/ml y sólidos cargados sin puerta (S1) a concentración de 0,01-1-10 mg/ml.

4. CONCLUSIONES

Se desarrolló un método de medición empleando una nariz electrónica que fue capaz de no solo detectar, sino de distinguir tres concentraciones de dialil disulfuro (principal componente organosulfurado en el desarrollo de olor del ajo), que pudieron ser diferenciadas también de un grupo de muestras blanco, que no contenían dicho compuesto.

Tras el análisis en las distintas zonas durante la medición, se determinó que la zona estable es la que arroja mejores resultados comparándola con la zona dinámica y el análisis de las dos zonas juntas, ya que muestra un buen nivel de representación de los datos y de ordenamiento de los clusters.

Se observó que los sensores de la nariz electrónica empleada, logran diferenciar las muestras que no tienen el sistema de puertas moleculares anclado, (que desprenden el olor del compuesto encapsulado en su interior) de los sólidos recubiertos con las distintas puertas.

Se identificó una asociación de las muestra blanco (sólidos vacíos, sin carga de DADS y sin puertas), con las muestras cargadas y recubiertas por el sistema de puertas (S2 y S3), propuesto como dispositivo de enmascaramiento de olor.

Con el posterior desarrollo de esta investigación se puede pensar en encapsular dialil disulfuro y así poderlo utilizar como materia prima en la elaboración de alimentos que usualmente no lo puedan contener como ingrediente.

REFERENCIAS

Acosta, C., Pérez-Esteve, E., Fuenmayor, C., Benedetti, S., Cosio, M., Soto, J., Sancenón, F., Mannino, S., Barat, J., Marcos, M., y Martínez-Mañez, R. (2014). Polymer coposites containing gated Mesoporous materials for on-command controlled release. *Applied Materials and interfaces*, 6 (9), 6453-6460.

Ardila, M., Vargas, A., Pérez, J., y Mejía, L. (2009). Ensayo preliminar de la actividad antibacteriana de extractos de *Allium sativum*, *Coriandrum sativum*, *Eugenia Caryophyllata*, *Origanum vulgare*, *Rosmarinus officinalis* y *Thymus vulgaris* frente a *Clostridium perfringens*. *Biosalud*, 8(3), 47-57.

Bernardos, A. (2011). Desarrollo y Síntesis de Materiales Híbridos, para la Liberación Controlada de Moléculas Bioactivas. (Tesis doctoral) Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.

Bernardos, A., Aznar, E., Coll, C., Martínez, R., Barat, J. M., Dolores, Ma., Sancenón, F., Benito, A., y Soto, J. (2008). Controlled release of vitamin B2 using mesoporous materials functionalized with amine-bearing gate-like scaffoldings. *Journal of Controlled Release*, 131(3), 181-189.

Block, E. (1985). Química del ajo y la cebolla. *Revista Investigación y Ciencia*, 104(1), 99-104.

Cabrera, S., El Haskouri, J., Guillem, C., Latorre, J., Beltrán-Porter, G., Marcos, M., y Amorós, P. (2000). Generalised syntheses of ordered mesoporous oxides: the atrane route. *Solid State Sci*, 2(4), 405-420.

Casasús, R. (2009). Diseño de Puertas Moleculares Controladas a Nivel Nanoscópico. (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.

Coll, C., Bernardos, A., Martínez-Manez, R., y Sancenón, F. (2013). Gated Silica Mesoporous Supports for Controlled Release and Signaling Applications. *Acc Chem Res*, 46(2), 339-349.

Descalzo, A. (2008) Síntesis y estudio de derivados de 3H-fenoxazin-3-ona y Aminometilantraceno en disolución y soportados sobre sólidos mesoporosos tipo MCM-41 para su aplicación como sensores moleculares ópticos. (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.

Díaz, L., y Jimenez, K. (2008). Validación de un Método de Extracción de Alicina en Ajo y su Cuantificación por HPLC. *Simposio de Metrólogía*, 1066(1), 1-6.

Durán, C. (2013). Optimización de una nariz electrónica a través de un método de selección de variables. *El Hombre y la Máquina*, 41(1), 56-63.

Durán Acevedo, C. M., Velásquez Carvajal, A. E., y Gualdrón Guerrero, O. E. (2012). Implementación de una nariz electrónica para detectar pacientes con EPOC desde el aliento exhalado. *Ingeniería y Desarrollo*, 30(2), 143-159.

Fellenz, N., Bengoa, J., Marchetti, J., y Gervasini, S. (2012). Influence of the Brønsted and Lewis Acid Sites on the Catalytic Activity and Selectivity of fe/mcm-41 System. *Applied Catalysis A General*, 435(1), 187-196.

Fulder, D., y Blackwood, J. (1997). El ajo: Un remedio natural. México DF, México: Ediciones Étoile, S.A de C.V.

García, J., y Sánchez, F. (2000). Efectos cardiovasculares del ajo (*Allium sativum*). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 50(3), 219-229.

Gardner, W. (1991). Detection of vapors and odors from a multisensor array using pattern recognition. Part 1. Principal component and cluster analysis. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 4(1-2), 109-115.

Jackson, J. (1981). Principal Component and Factor Analysis: Part 1-Principal components. *Journal of Quality Technology*, 12(13), 201-213.

Kresge, C., Leonowicz, M., Roth, W., Vartuli, J., y Beck, J. (1992). Ordered mesoporous molecular sieves synthesized by a liquid-crystal template mechanism. *Nature*, 359(1), 710-712.

Lewandowski, D., Olejnik, A., y Schroeder, G. (2014). Adsorption studies and release of selected dyes from functionalized mesoporous MCM-41 silica. *Central European Journal of Chemistry*, 12(2), 233-241.

Llinàs, M. C., y Sánchez-García, D. (2014). Nanopartículas de sílice: preparación y aplicaciones en biomedicina. *Afinidad*, 71(565), 20-31.

López, M. (2007). El ajo Propiedades farmacológicas e indicaciones terapéuticas. *Offarm*, 26(1), 78-81.

- Lozano, J., Arroyo, T., Santos, J., Cabellos, J., y Horrillo, M. (2008). Electronic Nose for Wine Ageing Detection. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 133(1), 180-186.
- Lozano, J., Santos, J. P., Aleixandre, M., y Horrillo, M. (2004). Identificación de aromas en vinos blancos y tintos mediante sensores de estado sólido. *XXV Jornadas de automatic*, 1-5.
- Merino, M. (2010). Superficies químicamente modificadas para la detección colorimétrica y eliminación de aniones de interés medioambiental en aguas. (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.
- Moreno, I., Caballero, R., Galán, R., Matfá, F., y Jiménez, A. (2009). La nariz electrónica: Estado del arte. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial RIAI*, 6(3), 76-91.
- Oroval, M., Climent, E., Coll, C., Erija, R., Aviñó, A., Marcos, M., Sancenón, F., Martínez-Mañez, R., y Amorós, P. (2013). An Aptamer-Gated Silica Mesoporous Material for Thrombin Detection. *Chem Commun*, 49(48), 5480-5482.
- Osorio, D. P., Novoa, C. F., y Gutiérrez, L. F. (2012). Determinación de la viabilidad de la nariz electrónica en la predicción de la vida útil del queso doble crema. *Alimentos. Alimentos hoy*, 21(26), 26-42.
- Paredes-Doig, A. L., Sun Kou, M. D. R., Picasso-Escobar, G., Doig-Camino, E., y Comina, G. (2016). Implementation and evaluation of an electronic nose for the alcohols detection. *Revista Colombiana de Química*, 45(2), 12-18.
- Quintero, V. (1993). Evaluación de leguminosas arbustivas en la alimentación de conejos. *Livestock Research for rural development*, 5(3).
- Rodriguez, M. (2001). Análisis Sensorial de Alimentos. *Nariz Electrónica. Anales de la Real Sociedad Española de Química*, 2(1), 10-18.
- Trujillo, H. A., Viera, R. R., y López, A. H. (2004). Ajo: consideraciones sobre sus propiedades farmacológicas y terapéuticas. *Medicentro Electrónica*, 8(1).
- Vallet-Regi, M., Rámila, A., Del Real, R., y Pérez-Pariente, J. (2001). A New Property of MCM-41: Drug Delivery System. *Chem. Mater*, 13(2), 308-311.



José Manuel Barat. Ingeniero Agrónomo y Doctor en Ciencia y Tecnología de los Alimentos en la Universidad Politécnica de Valencia en España. Actualmente Director Académico del Grado en Ciencia y Tecnología de Alimentos de la UPV y miembro del Editorial Board de la Revista "Journal of Food Engineering". Se ha desempeñado como Miembro del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN), Representante nacional en la Red para la Evaluación de Riesgos de la Nanotecnología en alimentos y piensos de la Agencia Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) y Coordinador de la Red Nacional de Nanotecnología y Alimentación de la AECOSAN.



Roberto Orodoñez. Ingeniero de Alimentos en la Universidad Tecnológica Equinoccial de Quito-Ecuador, Máster en Gestión y Seguridad Alimentaria en la Universidad Politécnica de Valencia en España. En todos sus estudios a obtenido becas de excelencia académica. Profesional en el área de alimentos procesados y de la industria cervecera. Actualmente docente catedrático en la Universidad Agraria del Ecuador en la carrera Ingeniería Agrícola mención Agroindustrial donde también participa en la redacción de artículos y en la dirección programas de seguridad alimentaria para la comunidad.