

Polímeros inteligentes para la detección rápida, sencilla y de bajo coste de nitritos en muestras de carne procesada

Se describe un método rápido, sencillo y económico para detectar la presencia de nitritos en carne y derivados cárnicos mediante el análisis de fotografías realizadas a un polímero inteligente que actúa como sensor óptico colorimétrico añadido previamente a la matriz cárnica.

Lara González-Ceballos, Marta Guembe-García,
Ana Arnaiz, Miguel A. Fernández-Muiño,
M. Teresa Sancho, Sandra M. Osés, Saturnino Ibeas,
Jordi Rovira, Beatriz Melero, César Represa,
José M. García, y Saúl Vallejos

Resumen

Los nitritos son aditivos muy utilizados en alimentación, principalmente en productos cárnicos crudos curados y cocidos. Se emplean para prolongar su vida útil debido a que inhiben el crecimiento de diversos patógenos, destacando su acción sobre la bacteria *Clostridium botulinum*. La legislación actual establece la cantidad permitida de nitritos en matrices alimentarias de origen cárnico, por lo que su cuantificación es necesaria. Sin embargo, el método de

Palabras clave: Polímeros inteligentes, polímeros sensores, sensores poliméricos colorimétricos, nitritos, productos cárnicos procesados, RGB, HSV.

análisis de este grupo de especies resulta tedioso y supone un coste económico y de tiempo muy elevado. Por ello, en este trabajo se describe un nuevo método de análisis basado en un polímero inteligente, concretamente en un sensor colorimétrico para la detección de nitritos en muestras de carne procesada. Este material permite determinar la concentración de estos aditivos a partir del cambio de color del propio material sensor al contacto directo con la matriz alimentaria. Esta variación cromática se puede analizar de manera rápida y sencilla a partir de una simple fotografía tomada con la cámara de un teléfono al polímero sensor. Además, se ha desarrollado una aplicación para teléfonos inteligentes que facilita todo el proceso, obteniendo directamente el resultado de la concentración de nitritos que contiene el producto a partir de la mencionada fotografía. El nuevo método de análisis se ha validado comparando los resultados obtenidos con un método de referencia (ISO 2918: 1975). Esta validación se ha llevado a cabo analizando 26 muestras de productos cárnicos de diferente naturaleza y procedencia (8 de ellas corresponden a jamones cocidos de elaboración propia en las instalaciones de la Universidad de Burgos, con concentraciones conocidas de nitritos, y otras 18 son muestras comerciales de concentraciones de nitritos desconocidas, entre las que se encuentran carnes frescas envasadas, jamones y salchichas cocidas). Como resultado principal, cabe indicar que no se han observado diferencias estadísticas significativas entre los resultados obtenidos con el método de referencia de medida de nitritos y el nuevo método que se propone en este trabajo, por lo que se puede considerar como una alternativa viable que supone un ahorro significativo de costes y de tiempo.

Introducción

En la actualidad, los consumidores demandan alimentos seguros, accesibles, de elevado valor nutricional y con una larga vida útil, conservando a su vez sus propiedades organolépticas. Fruto de estas demandas, se hace necesario el uso de diferentes métodos de conservación de alimentos, entre los cuales se incluyen el empleo de diversos aditivos. Uno de estos aditivos son los denominados nitritos, nombre bajo el cual se co-



**PACKAGING
SOSTENIBLE**
WE ♥ ECO-FRIENDLY PACKAGING

**Ahora ya es posible
ser el más sostenible
sin incrementar el coste del envase.**

Con la nueva bandeja de JB Packaging Sostenible que reduce en materias primas, siempre manteniendo la calidad y la garantía de vida útil del producto.

Reduce hasta el 35 % de cartón.
Certificado FSC (bosques sostenibles).

Reduce hasta el 90 % de plástico del mercado.
Embalaje **reciclable** y con **desperdicio cero**.

Reduce los COSTES de tu packaging.

Todas las superficies de la bandeja pueden ser **impresas** a cualquier color, tanto interiores como exteriores.

Compatibles con aplicaciones MAP y SKIN.

Apta para cualquier máquina termoselladora existente en el mercado.
Mantenemos la base continua para un **sellado perfecto**.

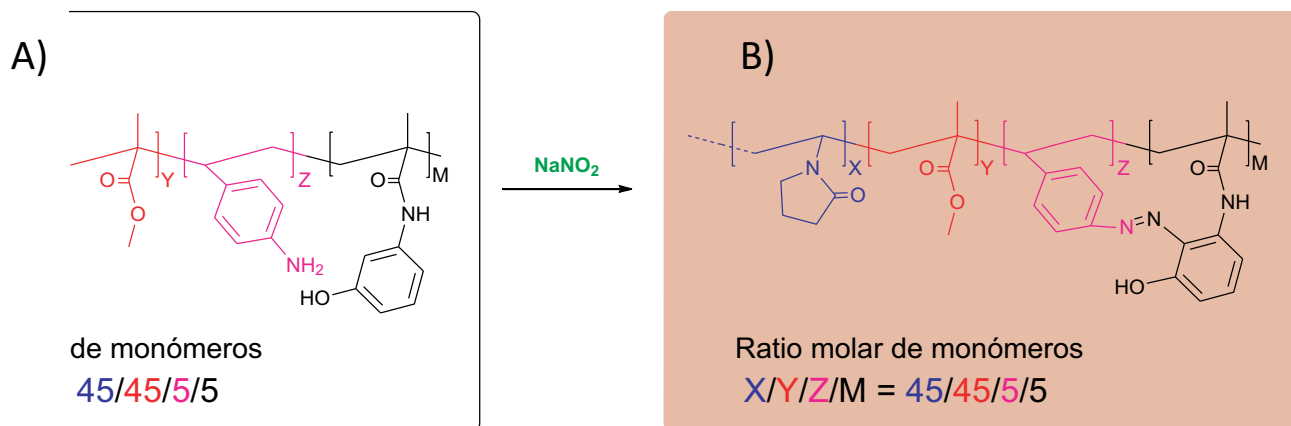
Resistentes a la refrigeración, congelación y altas temperaturas (microondas y horno).
Para cualquier tipo de alimentos.



www.jbpackaging.eco
+34 972 26 29 06
nuriac@jbpackaging.eco

FIGURA 1

Composición del material: A) del material polimérico de partida; y B) reacción entre el material polimérico y los nitritos, dando lugar a un azo compuesto coloreado.



nocen las sales de nitrito, destacando el nitrito de sodio (E-250). Se trata de aditivos autorizados por la Unión Europea, y que se pueden utilizar en productos cárnicos crudos curados de forma conjunta con sales de nitrato, para potenciar la reacción de curado. Los nitritos actúan, en primer lugar, como sustancias antimicrobianas inhibiendo el crecimiento *Clostridium botulinum*. A su vez, presentan un gran poder antioxidante, con lo cual evitan el enranciamiento de los alimentos. Por último, se utilizan para potenciar, o incluso mejorar, las propiedades sensoriales, tales como el color¹. Esta mejora del color en los productos cárnicos procesados se debe a la reacción de curado; reacciones químicas que tienen lugar entre los iones nitrito y la mioglobina de la carne, dando lugar a nitroso miopigmentos, que permiten obtener el color deseado en estos productos cárnicos procesados^{2, 3}.

En contrapartida, y según el Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer, los nitritos son compuestos posiblemente cancerígenos para el ser humano debido, principalmente, a que pueden dar lugar a *N*-nitroso compuestos carcinógenos, destacando la formación de nitrosaminas^{4, 5}. A su vez, los nitritos presentan toxicidad por sí mismos, ya que son capaces de oxidar la hemoglobina en la sangre hasta metahemoglobina, pudiendo provocar metahemoglobinemia, enfermedad potencialmente grave y que tiene una mayor incidencia en bebés y niños menores de tres años, o con enfermedades gastrointestinales⁶.

Debido a los efectos negativos que los nitritos pueden tener sobre la salud del consumidor, existe una

legislación europea que establece la cantidad máxima de este aditivo que se puede añadir a un alimento durante su procesado (150 mg/kg producto final para la mayoría de los productos cárnicos en general y de 100 mg/kg para los productos cárnicos esterilizados). De igual forma, se cuenta con límites máximos residuales permitidos, que varían en función del alimento, entre 50 y 175 mg/kg de producto final⁷.

Fruto del potencial efecto negativo que pueden tener los nitritos sobre la salud, así como a la existencia de límites legales de este aditivo en los productos alimentarios, se hace patente la necesidad de disponer de un método de medida rápido, sencillo, económico y preciso. El método de referencia utilizado actualmente para el análisis de nitritos en muestras de carne (ISO 2918:1975) supone un coste económico importante, ya que requiere de equipos especializados (espectrofotómetro o centrifugas, entre otros) y su uso por personal cualificado⁸. A su vez, se trata de un análisis largo en tiempo, de aproximadamente 3 horas, que acarrea un coste económico significativo en reactivos químicos (ácido acético, ácido sulfanílico, α -naftilamina, etanol, trihidrato de ferrocianuro de potasio o heptahidrato de acetato de zinc, entre otras), además de un alto impacto ambiental.

Hay que tener en cuenta que la industria cárnica lidera el sector de la alimentación y de las bebidas en España (representando más del 28 % de todo el sector alimentario español), con un volumen de negocio que equivale al 2,55 % del producto interior bruto español. En cuanto a la producción de pro-

ductos cárnicos elaborados, donde destacan en volumen el jamón y paleta crudos curados (307.000 toneladas en 2021), los embutidos curados (227.000 toneladas en 2021) y el jamón y paleta cocidos (180.000 toneladas en 2021), España es el cuarto país productor de la Unión Europea, con una producción superior a los 1,4 millones de toneladas anuales⁹. Con estos datos, así como la obligatoriedad en la cuantificación de nitritos en muestras cárnicas, se hace patente el importante coste económico, de tiempo y medioambiental que supone el método actual de análisis de estas especies.

Con el objetivo de ofrecer una alternativa de análisis capaz de minimizar los inconvenientes mencionados anteriormente, desde el Grupo de Polímeros (POLYMERS) de la Universidad de Burgos, en colaboración con el Grupo de Tecnología de los Alimentos (TECNOFOOD), se ha diseñado un material polimérico colorimétrico capaz de cuantificar nitritos en muestras de carne procesada en, aproximadamente, 20 minutos. Esta determinación se lleva a cabo de forma sencilla y utilizando una menor cantidad y variedad de reactivos químicos, por lo que se postula como un método más económico y sostenible que el utilizado actualmente.

El Grupo de Polímeros de la Universidad de Burgos presenta una amplia experiencia en el diseño de polímeros inteligentes con aplicaciones en alimentación,

ya sea en el diseño de polímeros sensores ópticos de diferente naturaleza para la detección de diversos analitos de interés en diferentes matrices alimentarias (mercurio en pescado¹⁰, aminas biógenas en pescado¹¹, o polifenoles en muestras de miel¹², entre otros); en el diseño de polímeros inteligentes con propiedades antimicrobianas destinados a prolongar la vida útil de alimentos frescos envasados¹³; o bien con diferentes propiedades y aplicaciones en control de calidad de alimentos¹⁴. A su vez, El Grupo de Tecnología de Alimentos de la Universidad de Burgos tiene una gran experiencia en el análisis de diferentes parámetros de calidad en matrices alimentarias, destacando productos cárnicos^{15, 16, 17}. Esta dilatada experiencia ha permitido, mediante el trabajo conjunto de ambos Grupos de Investigación, desarrollar un método de análisis de nitritos en muestras cárnicas procesadas basado en un sensor polimérico colorimétrico, método el cual se describe de forma detallada a continuación.

Metodología

La estructura de estos sensores poliméricos está formada por dos tipos de monómeros: los monómeros estructurales y los monómeros sensores. Los monómeros estructurales son los que aportan las propiedades mecánicas a los materiales, permitiendo su adaptación a las necesidades del proceso, mien-

Soluciones y procesos para la industria de la carne

Especialistas en diseño y fabricación de **equipos de alto rendimiento**



Conoce nuestra extensa gama de maquinaria, consumibles y servicios en:



TSB AC 70/175

Termoselladoras automáticas continuas al vacío para envases preformados.



PI 17

Inyectora automática para carnes con y sin hueso.



SAP 400

Bombo al vacío para masaje y salazón.



EV 13/25

Envasadoras al vacío de campana simple.

Tecnotrip

VACUUM PACK TECHNOLOGY



RET A 4

Tanque de retráctil automático.



EVD A 20

Envasadora de doble campana al vacío de descarga automática.

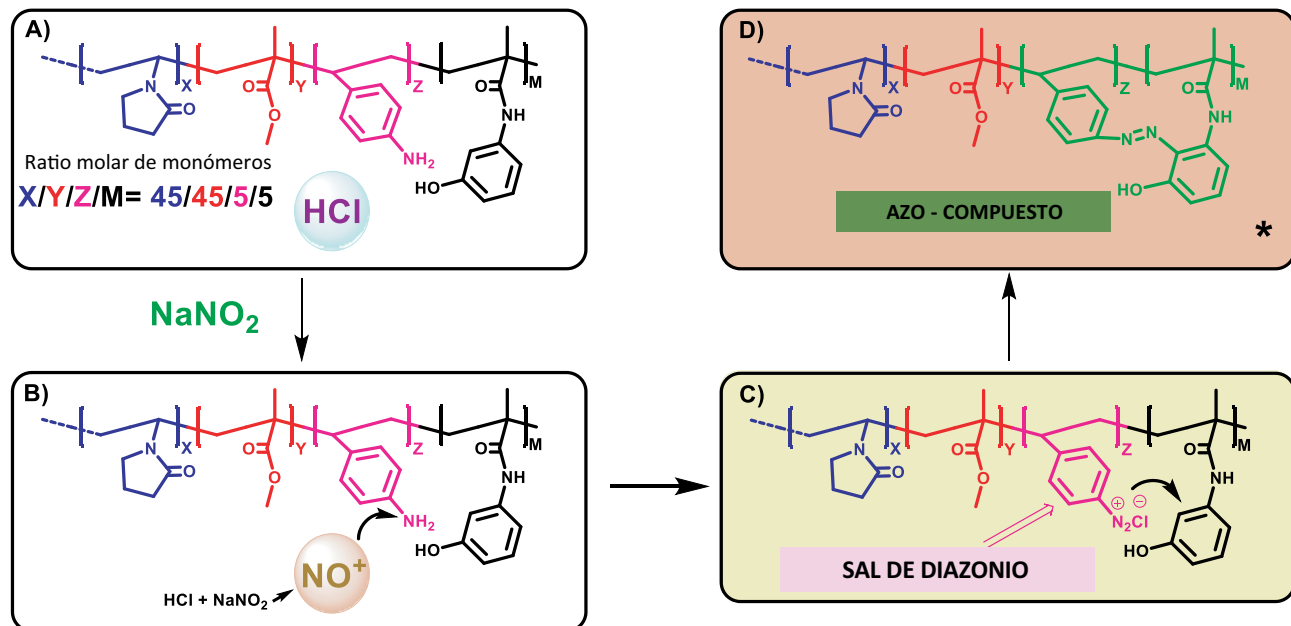


TD 105

Cortadora múltiple para cortar dados, tiras, lonchado o rallado de toda clase de productos.

FIGURA 2

Estructuras químicas en las diferentes etapas del análisis de nitritos utilizando el material POLYSEN:
A) material de partida; B) formación del catión nitrosilo; c) formación de la sal de diazonio; y d) formación de un azo compuesto coloreado



tras que los monómeros sensores son los responsables de la respuesta sensora del material.

El material que se describe en este trabajo es un copolímero formado por dos monómeros estructurales, *N*-vinil-2-pirrolidona (VP) y metacrilato de metilo (MMA), así como por dos monómeros sensores (4-aminoestireno (SNH₂) y *N*-(3-hidroxifenil)metacrilamida (HPMA)), que en presencia de nitritos reaccionan entre ellos, provocando un cambio de color. En la **figura 1** se pueden ver tanto la composición del material de partida con la baja relación molar de los monómeros sensores (10 mol %), representados en color rosa y gris, como el mecanismo de reacción a través del cual tiene lugar la interacción entre el material y los nitritos para dar lugar a un compuesto coloreado. El mecanismo químico que se encuentra detrás de estos polímeros inteligentes es sencillo, ya que se basa en reacciones de acoplamiento diazoico, ampliamente descritas y estudiadas^{18, 19}.

El mecanismo de reacción que tiene lugar en el material consta de 3 etapas. En primer lugar, los aniones de nitrito reaccionan con el HCl que contiene el propio polímero, formando cationes nitrosilo altamente reactivos. Seguidamente, estos cationes reaccionan con unidades de anilina presentes en el

polímero (aportadas en el proceso de preparación por el monómero SNH₂), lo cual da lugar a la formación de un derivado de la sal de benceno diazonio. Este derivado, de forma inmediata, va a reaccionar con las unidades de fenol contenidas en el material (aportadas en el proceso de preparación por el monómero HPMA), con la consiguiente formación de un azo compuesto coloreado. Estas etapas se encuentran esquematizadas en la **figura 2**.

Una vez planteada la utilidad del material polimérico, su composición y el mecanismo químico subyacente al cambio de color generado, detallamos el funcionamiento del método que proponemos. Para llevar a cabo el proceso de detección de nitritos con el polímero sensor propuesto se debe colocar la película sensora (POLYSEN) en contacto con la matriz alimentaria durante 15 minutos y, posteriormente, revelar el «resultado» sumergiéndola durante 1 minuto en una disolución de NaOH 1M. El color del material polimérico varía en función de la concentración de nitritos. Finalmente, los resultados se pueden analizar en pocos minutos mediante la aplicación para teléfonos gratuita, disponible para iOS y Android, «Colorimetric Tritation» desarrollada también por el Grupo de Investigación de Polímeros en co-

laboración con la empresa burgalesa «Inforapps». Esta novedosa aplicación es capaz de calcular 32 opciones de calibrado (16 lineales y 16 cuadráticas) a partir de los parámetros de color en dos espacios diferentes, RGB, rojo, del inglés *red* (R), verde, del inglés *green* (G) y azul, del inglés *blue* (B) o HSV, matiz, del inglés *hue* (H), saturación, del inglés *saturation* (S) y brillo, del inglés *value* (V), así como de ordenarlos en función de su coeficiente de determinación.

Así, el análisis con el método POLYSEN que proponemos consta de tres etapas, (1) elaboración de una recta o de calibrado o carta de color, (2) toma de una fotografía de los polímeros sensores (POLYSEN) en contacto con la carne y (3) análisis de la fotografía mediante la aplicación «Colorimetric Tritation».

Para elaborar la recta de calibrado, se parte de muestras cárnicas procesadas con concentraciones conocidas de nitritos y se analiza su concentración,

tanto por el método de referencia establecido por la norma ISO 2918:1975 como por el desarrollado, POLYSEN. Las muestras cárnicas con concentraciones conocidas de nitritos se elaboraron en las instalaciones de la Universidad de Burgos. Para ello se partió de recortes de paleta de cerdo, se eliminó la grasa y la carne magra obtenida se picó en una picadora. Se prepararon un total de 7,7 kg de carne en dos pasos. En primer lugar, se elaboró una masa inicial con 5 kg de carne magra, sal, fosfato, caseinato, aroma, agua y se mezcló a vacío. En segundo lugar, se dividió la mezcla en 7 muestras de 1 kg cada una, a cada una de las cuales se le añadió una concentración diferente de nitrito de sodio (0, 1, 37,5, 75, 112,5, 150 y 300 ppm) mezclado con 5 gramos de sal en cada lote (debido a que la concentración de nitrito era demasiado baja). A su vez, se añadió carragenato, almidón y 100 ml de agua a cada una de las piezas y se mezcló todo. Por último, la masa



ilerfred

www.ilerfred.com

Desde 1986 dedicados al diseño, ejecución y mantenimiento de instalaciones frigoríficas

Somos especialistas en:

- Obradores de procesos cárnicos
- Túneles de congelación
- Cámaras de maduración
- Secaderos
- Cámaras de oreo
- Salas de despiece
- Cámaras de estabilización

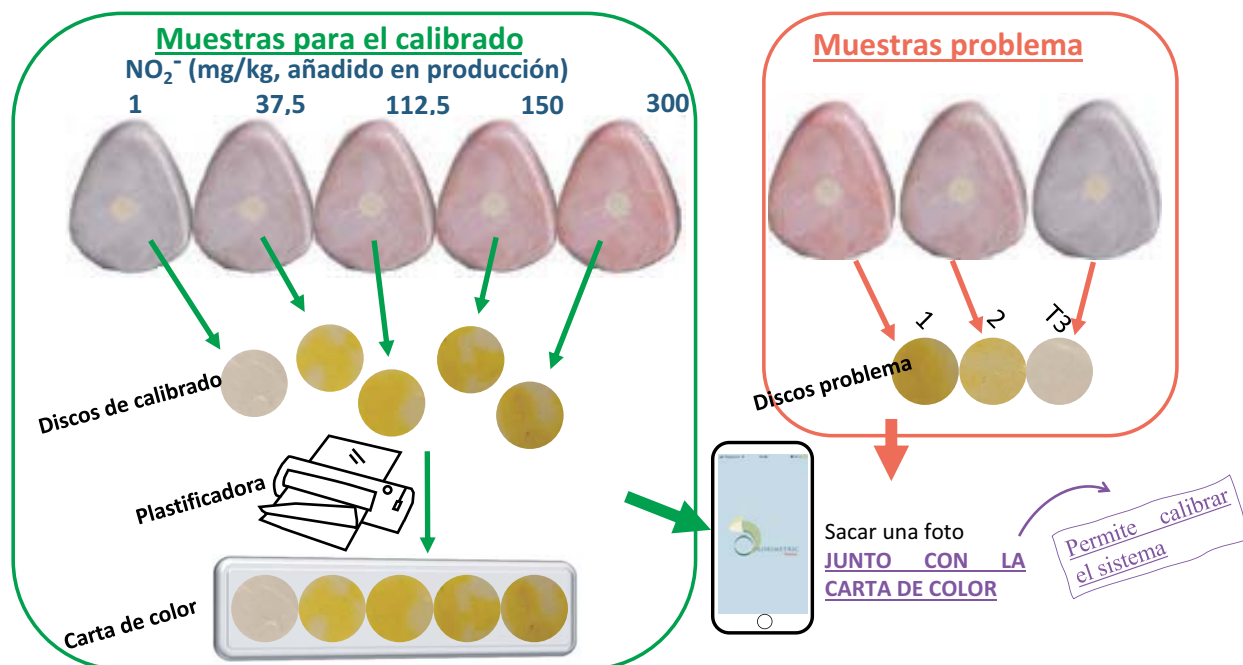


Estamos en Lleida, Barcelona, Zaragoza, La Rioja, Madrid y Málaga
Tel. +34 973 202 441 · info@ilerfred.com



FIGURA 3

Esquema de la preparación y de la utilidad con muestras de carne procesadas reales, de la recta de calibrado como carta de color plastificada para futuros análisis con el método POLYSEN



de cada lote se selló a vacío en una bolsa termorretráctil, se cortó, y después de una breve inmersión en agua caliente se colocó en moldes de acero inoxidable y se cocinó en horno a 80 °C hasta que el centro del producto alcanzó los 72 °C. Antes de desmoldarse se mantuvieron 24 horas en refrigeración. La composición (% sobre el producto final) de cada una de las piezas (a excepción del nitrito de sodio que varía en función de la pieza) es la siguiente: sal (2,00 %), polifosfato soluble pH 7-8 (0,45 %), caseinato (1,00 %), aroma (0,20 %), carragenato (0,50 %) y almidón (0,50 %).

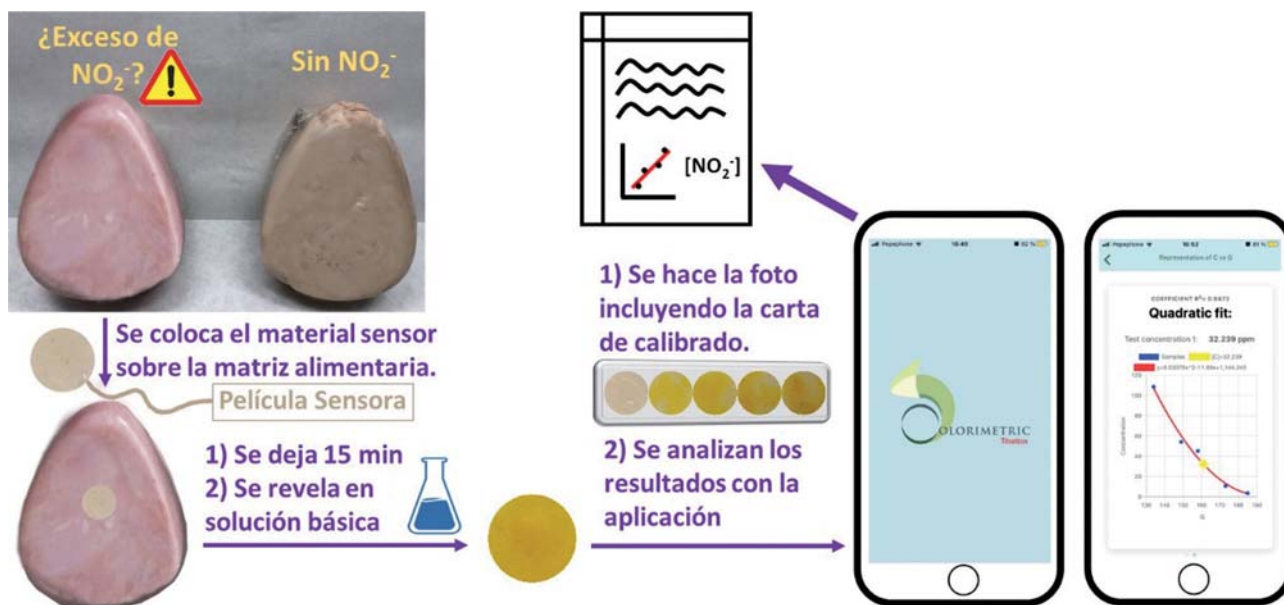
En el caso del análisis con el método POLYSEN, los resultados se analizan con el uso de la aplicación citada, «Colorimetric Tritation». Los polímeros sensores utilizados en esta etapa se plastifican para utilizarse como recta de calibrado para futuros análisis (figura 3). Esta etapa es fundamental, debido a que el objetivo final del método POLYSEN es el análisis de nitritos en muestras de carne procesada mediante un análisis rápido, sencillo, económico y que se pueda llevar a cabo por personal no especializado. Para ello, el cambio de color del material en contacto con los nitritos de una muestra se ha de correlacionar

con la concentración de dichos aditivos mediante la transformación de los parámetros de color digital a un valor numérico. Así, estas muestras plastificadas se consideran cartas de color donde el color no varía, al menos durante un año, que se pueden utilizar en todos los análisis posteriores, sin necesidad de tener que llevar a cabo calibraciones continuas, hecho que supone una importante ventaja frente al método de media convencional.

Una vez plastificado el calibrado, es decir, obtenida la carta de color, la siguiente etapa es el análisis de nitritos en muestras de carne procesada, utilizando la recta de calibrado elaborada en el paso anterior. Para ello, el polímero sensor se utiliza de la misma forma. Se coloca un disco del material en la superficie de la carne que se quiere analizar, se deja actuar durante 15 minutos, se «revela» en NaOH 1M durante 1 minuto, y se toma una fotografía de dicho sensor junto con la recta de calibrado. El último paso de esta prueba consiste en el análisis de la fotografía del sensor mediante el uso de la aplicación «Colorimetric Tritation», tal y como se muestra de forma esquemática en la figura 4. Mediante el uso de esta aplicación, junto con la carta de color, se consigue

FIGURA 4

Esquema del procedimiento de medida mediante el uso de POLYSEN + aplicación para la determinación de nitritos en muestras cárnicas procesadas¹⁷



un calibrado con las mismas condiciones en cada medida, ya que al fotografiar de forma conjunta la carta de color y el sensor polimérico de la muestra problema, y las condiciones de la fotografía son las mismas. Este punto es de vital importancia, ya que permite que este método pueda utilizarse por cualquier usuario final tantas veces como necesite, con cualquier modelo de teléfono, y únicamente realizando un calibrado para la matriz alimentaria que esté estudiando.

Resultados y discusión

Con el fin de validar el método descrito, se ha llevado a cabo una prueba de concepto utilizando 3 muestras cárnicas procesadas. Para ello, se analizó su concentración de nitritos tanto con el método convencional de referencia, como con el método POLYSEN. Los resultados obtenidos se muestran en la **tabla 1**, donde se puede apreciar que los datos son similares entre ambos métodos. Con el fin de comprobar si existen diferencias significativas entre ambos, se llevó a cabo un análisis estadístico. En primer lugar, y dado que los datos no siguen una distribución normal, se utilizó el test de Wilcoxon, que es no paramétrico y que dio como resultado la

ausencia de diferencias significativas entre ambos métodos. Adicionalmente, se llevó a cabo el test de Spearman, no paramétrico, para conocer el grado de correlación entre los resultados obtenidos. En este caso, se obtuvo que los resultados de concentración de nitritos obtenidos con ambos métodos se correlacionan de forma significativa.

En base a estos análisis, pudimos concluir que no existen diferencias significativas entre los resultados obtenidos entre ambos métodos, con lo cual el método POLYSEN se postula como alternativa viable al uso del método convencional.

TABLA 1

Concentración de nitritos (mg/kg) de las muestras problema analizadas con el método de referencia (ISO 2918:1975) y utilizando el método POLYSEN y analizadas con la aplicación «Colorimetric Titration»^a

Muestras problema	Nitritos (mg/kg) residual	
	ISO 2918:1975 (método de referencia)	POLYSEN + Aplicación (método propuesto)
1	108,62 ± 0,12	108,01 ± 4,32
2	10,59 ± 0,16	13,12 ± 1,91
3	3,57 ± 0,08	2,90 ± 0,27

^a Los datos de concentración de nitrito de los métodos de referencia y POLYSEN + Aplicación son medias de ± desviación estándar de 2 y 3 réplicas, respectivamente.

TABLA 2

Productos utilizados para llevar a cabo las rectas de calibrado de los dos casos de estudio, así como concentraciones residuales de nitritos (mg/kg) calculadas con el método de referencia y el valor de color obtenido mediante la aplicación «Colorimetric Tritation»

Grupo A			Grupo B		
Tipo de muestra	Concentración nitritos (mg/kg) ISO 2198:1975	Parámetro G	Tipo de muestra	Concentración nitritos (mg/kg) ISO 2198:1975	Parámetro H
Carne fresca envasada	0,57	163,33	Jamón cocido loncheado envasado	3,16	0,106
Salchichas cocidas	9,94	159,33	Jamón cocido loncheado envasado	3,36	0,105
Chopped	13,20	156,00	Salchichas cocidas	6,94	0,106
Salchichas cocidas	13,74	153,67	Salchichas cocidas	15,40	0,112
Salchichas cocidas	16,70	150,00	Salchichas cocidas	15,44	0,114
Producto cárnico cocido	17,57	149,00	Salchichas cocidas	17,11	0,113
Salchichas cocidas	21,05	142,00	Salchichas cocidas	17,74	0,114
			Fiambre york	19,99	0,117
			Salchichas	29,68	0,123

TABLA 3

Concentración de nitritos (mg/kg) de las muestras problema analizadas con el método de referencia (ISO 2918:1975) y utilizando el método POLYSEN y analizadas con la aplicación «Colorimetric Tritation»^a

Caso de estudio A		Caso de estudio B	
Muestra problema 1		Muestra problema 2	
Concentración de nitritos (mg/kg) ISO 2198:1975	Concentración de nitritos (mg/kg) método POLYSEN	Concentración de nitritos (mg/kg) ISO 2198:1975	Concentración de nitritos (mg/kg) método POLYSEN
17,02 ± 0,36	17,70 ± 0,96	5,32 ± 0,06	6,65 ± 1,47

^a Los datos de concentración de nitrito de los métodos de referencia y POLYSEN son medias de ± desviación estándar de 3 réplicas en cada caso

cedimiento experimental fue el mismo, explicado previamente, y que se puede ver de manera esquemática en la **figura 4**, y el tratamiento de datos se llevó a cabo con la aplicación para teléfonos «Colorimetric Tritation». Se realizó una recta de calibrado independiente con productos cárnicos comerciales diferentes para cada uno de los estudios (estudio A y estudio B). A partir de esta recta se calculó la concentración de nitritos de una muestra problema también comercial. La recta de calibrado se llevó a cabo siguiendo el procedimiento detallado anteriormente en la **figura 3**, y la concentración de nitritos residual se calculó mediante el método de referencia ISO 2918:1975. En la **tabla 2** se describe el tipo de producto analizado en cada caso de estudio para llevar a cabo dicha recta, así como los resultados de concentración residual de nitritos obtenidos con el método de referencia y el valor de color obtenido con la aplicación «Colorimetric Tritation». En el caso de estudio A, se utilizó un iPhone 8 y, tras analizar los datos con la aplicación mencionada, se obtuvo el mejor ajuste con el parámetro G de la fotografía sensor frente a la concentración (mg/kg) de nitritos. En el caso de estudio B, se utilizó un Samsung Note 20 Ultra 5G y tras analizar los datos con la aplicación, se obtuvo el mejor ajuste con el parámetro H de la fotografía sensor frente a la concentración (mg/kg) de nitritos.

La ecuación correspondiente a la recta de calibrado obtenida para el caso de estudio A fue:

$$y = -0,0378x^2 + 10,679x - 733,15 \quad (R^2 = 0,967)$$

y para el caso de estudio B fue:

$$y = 1466,3x - 150,24 \quad (R^2 = 0,9701).$$

Una vez elaboradas las rectas de calibrado, las dos muestras problema comerciales (salchichas cocidas en el estudio A y jamón cocido loncheado en el estudio B) se analizaron mediante el método de referencia y el método POLYSEN (tabla 3) y, tras llevar a cabo un análisis estadístico, se concluyó que no existen diferencias significativas entre los resultados de concentración de nitritos obtenidos mediante ambos métodos, por lo que el que proponemos es una alternativa viable al método tradicional, más sencilla, económica, que puede llevarse a cabo por personal no especializado, y además más sostenible, al necesitar una cantidad menor de reactivos químicos.

Conclusiones

En este artículo describimos el diseño de un método de análisis de nitritos en muestras de carne procesada basado en el uso de un polímero inteligente como sensor óptico colorimétrico sencillo, rápido y económico. Este método supone una alternativa viable al método de referencia utilizado en la actualidad, lo cual supone un ahorro económico, no requiere de equipamiento especializado ni infraestructuras, se puede llevar a cabo por personal no especializado y se trata de un método de análisis más sostenible debido al menor consumo en reactivos químicos.

Más información

El lector interesado en profundizar sobre este proyecto puede consultar el artículo científico original

PW-SAW, LE PERMITE CORTAR PRODUCTO CONGELADO Y FRESCO CON HUESO A PESO EXACTO.



PW-SAW *precision weight*

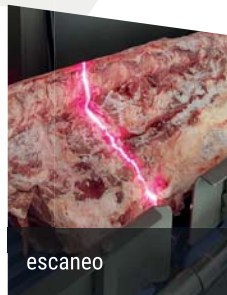


next step in sawing

REDUCE LAS MERMAS.

FÁCIL MANTENIMIENTO.

PRECISA Y EFICIENTE.



escaneo



corte con sierra



Descubre más sobre nosotros en: www.atech.es

ASTECH FOOD MACHINERY S.L.

(<https://doi.org/10.1021/acsami.2c09467>) y obtener información sobre polímeros inteligentes utilizados como sensores ópticos a través de la página web del Grupo de Polímeros de la Universidad de Burgos (<http://publicationslist.org/grupodepolimeros>).

Referencias

- 1 **Froning, G. W., Daddario, J., Hartung, T. E., Sullivan, T. W., & Hill, R. M.** (1969). Color of poultry meat as influenced by dietary nitrates and nitrites. *Poultry Science*, 48(2), 668-674.
- 2 **Honikel, K. O.** (2008). The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products. *Meat Science*, 78(1-2), 68-76.
- 3 **Macdougall, D. B., Mottram, D. S., & Rhodes, D. N.** (1975). Contribution of nitrite and nitrate to the colour and flavour of cured meats. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 26(11), 1743-1754.
- 4 **Walker, R.** (1990). Nitrates, nitrites and N nitrosocompounds: A Review of the Occurrence in Food and Diet and the Toxicological Implications. *Food Additives & Contaminants*, 7(6), 717-768.
- 5 **Pegg, R. B., & Shahidi, F.** (2008). Nitrite curing of meat: The N-nitrosamine problem and nitrite alternatives. *John Wiley & Sons*.
- 6 **Tsuchiya, K., Takiguchi, Y., Okamoto, M., Izawa, Y., Kanematsu, Y., Yoshizumi, M., & Tamaki, T.** (2004). Malfunction of vascular control in lifestyle-related diseases: formation of systemic hemoglobin-nitric oxide complex (HbNO) from dietary nitrite. *Journal of Pharmacological Sciences*, 96(4), 395-400.
- 7 **European Food Safety Authority** (2003). The effects of nitrites/nitrates on the microbiological safety of meat products. *The EFSA Journal*, 14, 1-31.
- 8 **ISO 2918:1975 Meat and meat products** - Determination of nitrite content (Reference method).
- 9 **El Sector cárnico en cifras.** Asociación Nacional de Industrias de la Carne de España (ANICE). Disponible en: www.anice.es/industrias/el-sector/el-sector-carnico-espanol_171_1_ap.html. Visto por última vez el 20/09/2022.
- 10 **Vallejos, S., Reglero, J. A., García, F. C., & García, J. M.** (2017). Direct visual detection and quantification of mercury in fresh fish meat using facilely prepared polymeric sensory labels. *Journal of Materials Chemistry A*, 5(26), 13710-13716.
- 11 **González-Ceballos, L., Melero, B., Trigo-López, M., Vallejos, S., Muñoz, A., García, F. C., & García, J. M.** (2020). Functional aromatic polyamides for the preparation of coated fibres as smart labels for the visual detection of biogenic amine vapours and fish spoilage. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 304, 127249.
- 12 **González-Ceballos, L., del Mar Cavia, M., Fernández-Muiño, M. A., Osés, S. M., Sancho, M. T., Ibeas, S., & Vallejos, S.** (2021). A simple one-pot determination of both total phenolic content and antioxidant activity of honey by polymer chemosensors. *Food Chemistry*, 342, 128300.
- 13 **González-Ceballos, L., Guirado-Moreno, J. C., Gumbre-García, M., Rovira, J., Melero, B., Arnaiz, A., & Vallejos, S.** (2022). Metal-free organic polymer for the preparation of a reusable antimicrobial material with real-life application as an absorbent food pad. *Food Packaging and Shelf Life*, 33, 100910.
- 14 **González-Ceballos, L., Fernández-Muiño, M. A., Osés, S. M., Sancho, M. T., Ibeas, S., Ruiz, J. A. R., & Vallejos, S.** (2021). Polymer film as starch azure container for the easy diastase activity determination in honey. *Food Chemistry*, 355, 129629.
- 15 **Šulni t , V., Jaime, I., Rovira, J., & Venskutonis, P. R.** (2016). Rye and wheat bran extracts isolated with pressurized solvents increase oxidative stability and antioxidant potential of beef meat hamburgers. *Journal of Food Science*, 81(2), H519-H527.
- 16 **Tamkut , L., Vaicekauskait , R., Melero, B., Jaime, I., Rovira, J., & Venskutonis, P. R.** (2021). Effects of chokeberry extract isolated with pressurized ethanol from defatted pomace on oxidative stability, quality and sensory characteristics of pork meat products. *LWT*, 150, 111943.
- 17 **Kryževič , N., Jaime, I., Diez, A. M., Rovira, J., & Venskutonis, P. R.** (2017). Effect of raspberry pomace extracts isolated by high pressure extraction on the quality and shelf life of beef burgers. *International Journal of Food Science and Technology*, 52(8), 1852-1861.
- 18 **Bustamante, S. E., Vallejos, S., Pascual-Portal, B. S., Muñoz, A., Mendía, A., Rivas, B. L., & García, J. M.** (2019). Polymer films containing chemically anchored diazonium salts with long-term stability as colorimetric sensors. *Journal of Hazardous Materials*, 365, 725-732.
- 19 **Yang, H., Xiang, Y., Guo, X., Wu, Y., Wen, Y., & Yang, H.** (2018). Diazo-reaction-based SERS substrates for detection of nitrite in saliva. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 271, 118-121. **e**