

Edición patrocinada por:



COLEGIO
OFICIAL DE
FARMACÉUTICOS DE
ZARAGOZA

OPTIMIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ENVASADO PARA LA CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS

Pedro Roncalés Rabinal

OPTIMIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ENVASADO Y DE LA CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS

POR EL ACADÉMICO DE NÚMERO ELECTO
ILMO. SR. DR. D. PEDRO RONCALÉS RABINAL
DISCURSO LEÍDO EN EL ACTO DE SU RECEPCIÓN ACADÉMICA
EL DÍA 30 DE JUNIO DE 2010

DISCURSO DE CONTESTACIÓN DEL
ACADÉMICO DE NÚMERO Y PRESIDENTE
EXCMO. SR. DR. D. MANUEL JOSÉ LÓPEZ PÉREZ



ACADEMIA DE FARMACIA "REINO DE ARAGÓN"
Zaragoza
2010

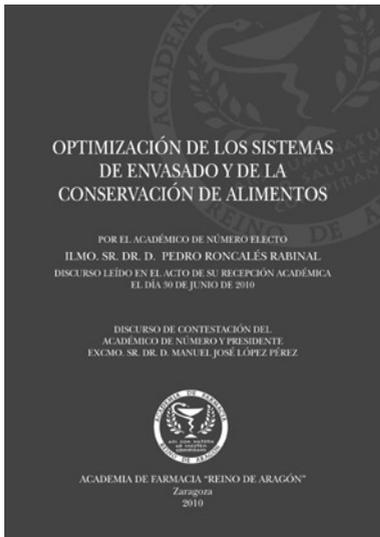
OPTIMIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ENVASADO Y DE LA CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS

POR EL ACADÉMICO DE NÚMERO ELECTO
ILMO. SR. DR. D. PEDRO RONCALÉS RABINAL
DISCURSO LEÍDO EN EL ACTO DE SU RECEPCIÓN ACADÉMICA
EL DÍA 30 DE JUNIO DE 2010

DISCURSO DE CONTESTACIÓN DEL
ACADÉMICO DE NÚMERO Y PRESIDENTE
EXCMO. SR. DR. D. MANUEL JOSÉ LÓPEZ PÉREZ



ACADEMIA DE FARMACIA "REINO DE ARAGÓN"
Zaragoza
2010



Edita:

Colegio oficial de Farmacéuticos de Zaragoza

Distribuye:

Academia de Farmacia "Reino de Aragón"

Imprime:

Cometa, S.A.
Ctra. Castellón, Km. 3,400 — 50013 Zaragoza

Depósito Legal:

Z-2151-10

Sumario

<i>DIRCURSO DE RECEPCIÓN ACADÉMICA</i>	
DR. D. PEDRO RONCALÉS RABINAL.....	9
PRESENTACIÓN Y AGRADECIMIENTOS.....	11
OPTIMIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ENVASADO Y DE LA CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS.....	17
1. INTRODUCCIÓN.....	19
2. ENVASADO DE LOS ALIMENTOS	21
3. ENVASADO Y DISTRIBUCIÓN DE CARNES FRESCAS	23
4. INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN LA MEJORA DEL ENVASADO; SISTEMAS ANTIOXIDANTES Y ANTIMICROBIANOS.....	27
4.1. Sistemas de iluminación no oxidantes.....	27
4.2. Adición de extractos naturales y otros agentes antioxidantes.....	30
4.3. Adición de extractos naturales y otros agentes antimicrobianos..	33
5. INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE ENVASES ACTIVOS.....	37
5.1. Investigaciones básicas en envases activos antioxidantes.....	38
5.2. Investigación en envases activos antimicrobianos	44
5.3. Desarrollo industrial piloto de envases activos.....	47
6. CONCLUSIÓN Y PROSPECCIÓN DE FUTURO.....	49
BIBLIOGRAFÍA.....	51
<i>Dircurso de Contestación</i>	
Excmo. Sr. Dr. D. Manuel José López Pérez	59

*A mi padre, Pedro Luis, y mis abuelos Manuel e Isidro.
Gracias a ellos se despertó mi curiosidad por la investigación
en el campo sanitario en su sentido más global.*

Discurso de recepción Académica

Dr. D. Pedro Roncalés Rabinal

Doctor en Farmacia
Catedrático de Tecnología de Alimentos
Facultad de Veterinaria
Universidad de Zaragoza
roncales@unizar.es

Excmo. Sr. Presidente de la Academia de Farmacia “Reino de Aragón” y Rector Magnífico

Ilmos. Sres. Académicos

Excmos. e Ilmos Sres. Miembros de otras Academias

Queridos familiares y amigos

Señoras y Señores:

Es para mí un gran honor optar a ser recibido como Académico en esta joven e ilustre Academia de Farmacia “Reino de Aragón”. Debo agradecer aquí al Presidente y a los miembros fundadores de la Academia que hayan considerado mi trayectoria académica merecedora de esta distinción. Naturalmente, es también una inmensa satisfacción personal que no puedo esconder y, al mismo tiempo, la asunción de una gran responsabilidad, pues esta Academia debe ser un referente en la sociedad de los avances en las ciencias farmacéuticas.

Antes de comenzar el tema de mi exposición, y aún a riesgo de olvidos involuntarios, debo expresar mi enorme agradecimiento a aquellas personas e instituciones que, a lo largo de mi vida académica, han hecho posible que esté ahora en esta tribuna delante de todos Vds.

En primer lugar, a mi director de Tesina de Licenciatura y Tesis Doctoral, José Luque, primero en el Dep. de Bioquímica de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid, que

dirigía entonces el Prof. Santos Ruiz, y después en la Facultad de Veterinaria de la misma Universidad. El tema de trabajo: los mecanismos de regulación de la vía glicolítica en la diferenciación celular. De él aprendí muchas cosas, pero ante todo debo destacar una, el esfuerzo, trabajar sin desánimo para ir consiguiendo poco a poco las metas que nos vamos proponiendo.

Fue una época, por otra parte, de grandes relaciones de trabajo y amistad con los compañeros en ambas facultades, que, además del enriquecimiento personal que supusieron, no hicieron sino fortalecer la decisión de la vía de desarrollo profesional que había elegido. Entre ellos se cuentan miembros actuales de esta Academia, los profesores Manuel López y Julio Montoya.

Coincidiendo con aquella época de la tesis doctoral, comencé mi actividad docente, si bien ésta se enmarcó en el campo de la Bromatología, y en particular de la Bioquímica de los Alimentos. Debo decir que fui recibido en el Dep. de Bromatología y Tecnología de los Alimentos de la Facultad de Veterinaria con las puertas abiertas. Por ello, estoy muy agradecido al Prof. Pascual López Lorenzo y al Prof. Bernabé Sanz, de los que recibí grandes enseñanzas e inquietudes, y a todos mis compañeros de entonces. Ante mí se abría un mundo, no nuevo, pero sí muy ilusionante, y en el que, desde el principio, puse mis esperanzas y deseos de desarrollo futuro, tanto en docencia como en investigación.

En los años 80-81 realicé una estancia post-doctoral en Alemania, gracias a una beca de la Fundación Humboldt. El Instituto al que me incorporé, el Bundesanstalt für Fleischforschung de Kulmbach, era en aquellos años el más prestigioso de Europa en investigación en Ciencia y Tecnología de la Carne. Mi agradecimiento al Prof. Hamm, director del Instituto, y especialmente al Prof. Karl Honikel, es enorme. Con ellos me inicié en la investigación básica y aplicada en el campo específico de la carne, que después desarrollaría a mi vuelta a España. Fueron casi dos años de gran crecimiento personal y profesional.

Al poco de mi vuelta a España, me incorporé al entonces Dep. de Tecnología de los Alimentos de la Facultad de Veterinaria de la

Universidad de Zaragoza. También aquí fui tan bien acogido, y así ha seguido siendo durante todos estos años, que, francamente, me siento por completo parte de la misma. A todos mis compañeros de la Facultad les estoy muy agradecido por ello; de muchos de ellos he aprendido buena parte de las cosas que sé. Pero entre los del Departamento guardo especial gratitud al Prof. Francisco Sala, con el que me une una sincera amistad.

En esta Facultad he desarrollado la mayor parte, y la más fructífera, de mi vida académica. Fui formando poco a poco un grupo de investigación, que con el tiempo ha llegado a cosechar razonables éxitos en el campo de la tecnología de alimentos, con desarrollos cada vez más tecnológicos y aplicativos; en particular en la aplicación de extractos naturales a la conservación y envasado de alimentos. A los muchos colaboradores que he tenido desde esos difíciles comienzos les debo un agradecimiento muy especial: no habría llegado a donde estoy sin su trabajo, esfuerzo y dedicación. Me es imposible citarlos a todos, muy a mi pesar, aunque no quiero dejar de referirme a los dos más antiguos, los profesores José Antonio Beltrán e Isabel Jaime, que siguieron la difícil senda académica en las universidades de Zaragoza y Burgos, respectivamente.

No puedo olvidar la estrecha relación que he mantenido a lo largo de todo este tiempo con un gran número de empresas y organizaciones empresariales, con los que hemos realizado multitud de trabajos de investigación y desarrollo. De todos estos empresarios y técnicos he ido adquiriendo prácticos y útiles conocimientos.

También mi relación con la Administración Pública ha sido igualmente intensa, tanto en el ámbito español como en el aragonés. Deseo hacer constar aquí mi reconocimiento y estima a todos aquéllos que han confiado en mi asesoramiento. En particular, debo destacar al Prof. Juan Badiola, Director de la Agencia Aragonesa de Seguridad Alimentaria, de cuyo Comité Científico soy miembro, y al Sr. Pedro Orduna, Director General de Promoción Agroalimentaria, de cuyo Comité de Calidad Alimentaria soy presidente.

No puedo finalizar este obligadamente largo apartado de agradecimientos sin hacer referencia a mi familia. En realidad, no sólo a la

actual, sino que debo remontarme también a los antecesores. Desde niño, la sanidad en todas sus vertientes fue parte de mi experiencia vital: mi padre, con su ingente trabajo en los Laboratorios Casen, abuelos, bisabuelo, tatarabuelos, todos ellos farmacéuticos, médicos o veterinarios.

Es difícil poder expresar la gratitud que siento hacia mis padres. No sólo he recibido de ellos ejemplo, una formación extraordinaria y unos valores perennes, sino que en todo momento he tenido toda su comprensión, estímulo y ayuda; también en momentos de decisiones difíciles.

Y, en fin, gracias a mi esposa, Carmen, y a nuestros hijos Pilar, Javier y Lucía. Gracias por compartir todo, los buenos momentos y los menos buenos, que de todo ha habido. Gracias por darme tanto. Gracias por el apoyo constante, que me ha permitido hacer todo lo que he hecho; en demasiadas ocasiones, a costa de dedicarles mucho menos tiempo del que hubiera debido.

La evolución de mi vida académica puede parecer a primera vista un tanto azarosa. Comencé allá por mitad de los años 70 en el campo de la Bioquímica y la Fisiología, pasé a la Bromatología, salté después a la Tecnología Alimentaria y, dentro de ella, me he ido centrando en la aplicación de principios activos naturales.

Sin embargo, si se examina con un poco más de atención, ya no resulta tan azarosa. No es más que la aplicación práctica de uno de los primeros conceptos que aprendí en la Facultad de Farmacia: nuestra ciencia es una ciencia multidisciplinar por definición, y su aplicación aún lo es en mayor medida. Pronto me di cuenta de lo que más me gustaba de nuestra carrera: la cantidad y variedad de las disciplinas sobre las que se basa. Químicas diversas, Botánica, Bioquímica y Fisiología, Microbiología, Farmacognosia, Farmacodinamia, Bromatología, Tecnología, Salud Pública... Pocas carreras son tan multidisciplinarias como lo es la nuestra.

Dijo Pascal que “más vale saber algo de todo, que todo de algo”. No sé bien si es cierto o no, pero a mí me ha guiado más este principio que el contrario.

En efecto, muchos años después, fui consciente de que mi trayectoria académica iba sumando más o menos ordenadamente buena parte de esos conocimientos, unidos a otros procedentes de las ciencias veterinarias, para ser lo que es: la aplicación de las ciencias básicas de la Farmacia a la investigación y docencia en el campo de los alimentos saludables, seguros y de calidad contrastada.

A continuación pasaré a exponer el tema de disertación que creo que mejor resume mi quehacer investigador de los últimos años, que lleva por título:

OPTIMIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ENVASADO Y DE LA CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS

Optimización de los sistemas
de envasado y de la
conservación de alimentos

1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de comercialización y venta de alimentos han experimentado grandes cambios en las últimas décadas. Las razones para ello son muy variadas y de índole diversa, si bien dos palabras resuenan en el mundo alimentario más fuertemente que ninguna otra: seguridad y calidad. Los alimentos deben ser lo más seguros posible desde el punto de vista higiénico y de la salud, pero al mismo tiempo, deben poseer la máxima calidad sensorial, y conservarla el mayor tiempo que sea viable.

Los desarrollos en la tecnología de los alimentos a lo largo de los siglos han hecho posible que los niveles de seguridad y calidad sean en la actualidad mayores que nunca. Refrigeración, pasteurización, desecación y decenas de técnicas más permiten conservar los alimentos en buenas condiciones. Por otra parte, la cantidad de alimentos que obtenemos por transformación de materias primas son numerorísimos y variadísimos. Casi todos ellos, además, se conservan durante periodos de tiempo convenientemente dilatados.

La mayoría de los alimentos frescos, sin embargo, presentan el problema de que su vida útil es muy limitada, a causa sobre todo del crecimiento de microorganismos alterantes, y también de las reacciones oxidativas. Así, su vida es excesivamente limitada para adecuarse a los actuales sistemas de distribución y venta. La forma de venta tradicional va perdiendo peso relativo, de manera que la distribución y venta mediante autoservicio en supermercados e hipermercados se han ido haciendo mayoritarias. Ello comporta que estos alimentos frescos deban ser envasados tras una mínima preparación. De esta forma, son expuestos en las vitrinas frigoríficas de los establecimientos de venta.

2. ENVASADO DE LOS ALIMENTOS

Los sistemas de envasado de uso común para alimentos frescos son esencialmente tres, cada uno de ellos con sus ventajas y limitaciones.

El más sencillo y poco costoso, pues requiere poca infraestructura, es el que en inglés se denomina “over-wrap”, es decir, la simple “envoltura” del alimento con un material plástico sencillo y manejable, habitualmente sobre una bandeja rígida. Este material es un barato polietileno de baja densidad, o similar, que impide la desecación, permitiendo no obstante el libre paso de la atmósfera circundante. Son materiales, además, extensibles y autoadhesivos. También han alcanzado un gran uso en el ámbito doméstico. Los alimentos se encuentran así envueltos en condiciones en las que se mantienen sus propiedades sensoriales de color, olor, sabor, etc. Pero, puesto que no hay ningún agente que inhiba el crecimiento microbiano, salvo la temperatura de refrigeración, la vida útil es generalmente corta, y viene determinada por el crecimiento de microorganismos aerobios psicrotrofos.

El envasado a vacío supuso una revolución en la conservación de alimentos frescos. Implica el uso de materiales plásticos costosos, generalmente laminados en multicapas, y la utilización de máquinas capaces de alcanzar un grado de vacío elevado en el interior del envase. Los materiales de envasado deben ser impermeables a la humedad, para evitar la desecación, e impermeables a los gases, para evitar el intercambio con la atmósfera. Como es sabido, vacío significa ausencia de atmósfera, lo cual proporciona el efecto de-

seado de eliminar el oxígeno existente en ella. Este hecho determina que los microorganismos alterantes habituales, que son aerobios y necesitan por tanto oxígeno para crecer, vean fuertemente inhibido su crecimiento. De ahí la destacable extensión de la seguridad y la vida útil de los alimentos así envasados, siempre que se mantengan en refrigeración.

Este sistema podría parecer entonces la solución a todos los problemas de conservación, pero presenta también algunos inconvenientes. El mayor de todos ellos es que muchos alimentos necesitan oxígeno para mantener el color —y otras propiedades— que les caracterizan. Es el caso por ejemplo de la carne fresca, por lo que en este y en otros alimentos el vacío se utiliza sólo minoritariamente para la venta. Otros inconvenientes son que los alimentos blandos sufren problemas de deformación por aplastamiento y que las lonchas tienen tendencia a adherirse entre sí.

El envasado en atmósfera modificada —o protectora—, vino a solucionar muchas de estas limitaciones. En este sistema, la atmósfera que rodea al alimento en el envase es sustituida por otra diferente de la atmósfera ambiental. Para ello, después de hacer el vacío, se introduce en el envase una mezcla de gases que resulte óptima para conservar el alimento. Según este sistema, aquellos alimentos cuyo problema es sólo de aplastamiento o de adhesión, pueden ser envasados con un gas inerte como son el nitrógeno o el argón. Aquéllos que necesitan oxígeno, pueden ser envasados con mezclas ricas en este gas. En todos los casos, puede introducirse también en la mezcla un gas inhibidor del crecimiento de microorganismos, como es el dióxido de carbono. De esta forma se consigue el doble propósito de mantener las propiedades deseables del alimento y retrasar la alteración por causas microbianas. No obstante, la vida útil nunca llega a ser tan dilatada como en el envasado a vacío. A pesar de ello, este es el sistema de envasado de mayor utilización en la actualidad para alimentos frescos ofrecidos a la venta.

3. ENVASADO Y DISTRIBUCIÓN DE CARNES FRESCAS

En el caso de las carnes frescas, los cambios en la distribución y venta en los últimos años han sido más que evidentes. Es habitual que las piezas cárnicas sean obtenidas a partir de las canales en salas de despiece industriales anejas a los mataderos. En ellas, las piezas se someten a envasado a vacío para su distribución a los establecimientos de preparación para la venta, mayoritariamente super- e hipermercados, aunque también se sirve así la carne a las carnicerías tradicionales. En estos establecimientos las piezas se filetean, cortan, etc., y se envasan en bandejas con una atmósfera modificada. De esta manera, se colocan en las vitrinas frigoríficas para su exposición y venta.

La atmósfera de envasado contiene una elevada proporción de oxígeno (alrededor del 70-80%), que asegura el color rojo característico de la carne fresca por oxigenación de la mioglobina, y una menor cantidad de dióxido de carbono (20-30%), que actúa como inhibidor parcial del crecimiento microbiano. En estas condiciones, la carne tiene una vida útil mucho mayor que en “over-wrap”, pero limitada a unos 15 días, y ello siempre que se mantengan las adecuadas condiciones de refrigeración.

La presencia de oxígeno, sin embargo, se convierte con el paso del tiempo en un agente oxidante, lo cual, unido a la acción también oxidante del metabolismo microbiano, da lugar a la oxidación de la carne. Estas condiciones oxidantes se manifiestan principalmente en dos signos de deterioro. El más aparente a la vista es que la mioglobina se oxida a metamioglobina, la cual posee un color netamente

pardo. Con el sentido del olfato podemos apreciar también el resultado de la oxidación de los lípidos, la formación de un olor anormal, de carne vieja, que en inglés se denomina “off-odour”. De hecho, ambos signos de deterioro determinan el final de la vida útil de la carne envasada en atmósfera modificada.

La Figura 1 muestra la evolución del color de la carne, expresado en porcentaje de la forma oxidada de la mioglobina —metamioglobina—, para muestras, bien sometidas a un sencillo “over-wrap”, bien envasadas en atmósfera modificada, o bien envasadas a vacío. Las diferencias son evidentes; la carne simplemente envuelta en film plástico alcanzó valores superiores al 40-50% de metamioglobina a los 8 días de conservación; la envasada en atmósfera modificada, a los 15 días; por su parte, la envasada a vacío no llegó a alcanzar esa cifra ni al final del período estudiado, de 26 días.

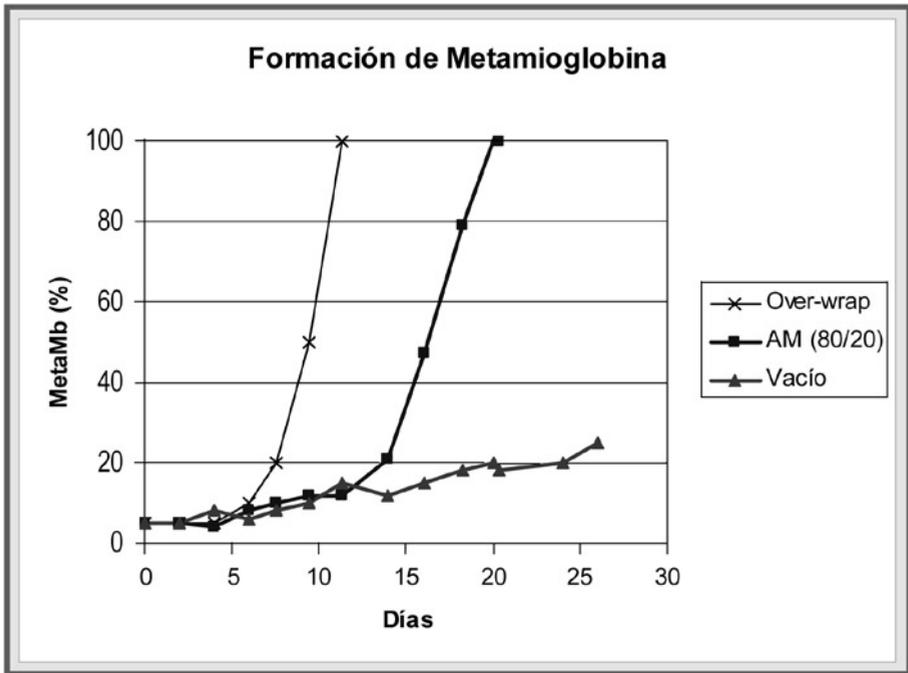


Figura 1. Formación de Metamioglobina en carne de vacuno sometida a envoltura en film plástico (“over-wrap”), envasado en atmósfera modificada y envasado a vacío.

Por otra parte, es preciso destacar que el envasado habitual en atmósfera modificada proporciona una protección suficiente a la carne para evitar los riesgos asociados al crecimiento de microorganismos patógenos. Todos los resultados experimentales existentes demuestran que, en las condiciones comúnmente utilizadas de envasado y conservación, los microorganismos potencialmente peligrosos para la salud sufren una fuerte inhibición, con muy pocas excepciones. Así, su presencia en niveles que puedan significar un riesgo sanitario es altamente improbable en las condiciones normales de comercialización.

Pero la limitación de la vida útil de la carne fresca causa graves problemas a las empresas de distribución y venta de la carne, pues los tiempos de rotación de los artículos expuestos para su venta son más reducidos de lo que sería deseable para una óptima gestión empresarial. En consecuencia, se hacía indispensable buscar métodos tecnológicos que permitieran incrementar el tiempo de permanencia de la carne en las vitrinas frigoríficas de venta sin menoscabo de la calidad de la misma ni, por supuesto, de su seguridad sanitaria.

4. INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN LA MEJORA DEL ENVASADO; SISTEMAS ANTIOXIDANTES Y ANTIMICROBIANOS

En el grupo de investigación en Calidad y Tecnología de la Carne (GICTC) nos planteamos buscar soluciones a este problema, con vistas al desarrollo de sistemas tecnológicos que permitieran extender en lo posible la vida útil de los alimentos. Puesto que las causas de la limitación de la misma son tanto de carácter oxidativo como microbiano, se hacía necesario investigar en ambos campos, bien buscando agentes o sistemas antioxidantes, bien antimicrobianos, o bien que ejerzan ambas funciones, o conjugando las dos acciones en sistemas combinados. Tras la realización de estudios previos sobre las atmósferas más idóneas para cada tipo de carne o producto cárnico, las líneas de trabajo que acometimos fueron las siguientes:

1. Búsqueda y desarrollo de sistemas de iluminación no oxidantes
2. Utilización de antioxidantes naturales
3. Utilización de antimicrobianos naturales

4.1. Sistemas de iluminación no oxidantes

La venta de carne envasada en el modo de autoservicio en vitrinas frigoríficas implica que éstas deben estar necesariamente sometidas a iluminación. Como es sabido, las radiaciones luminosas son catalizadores de la oxidación, es decir, son prooxidantes. Esto significa

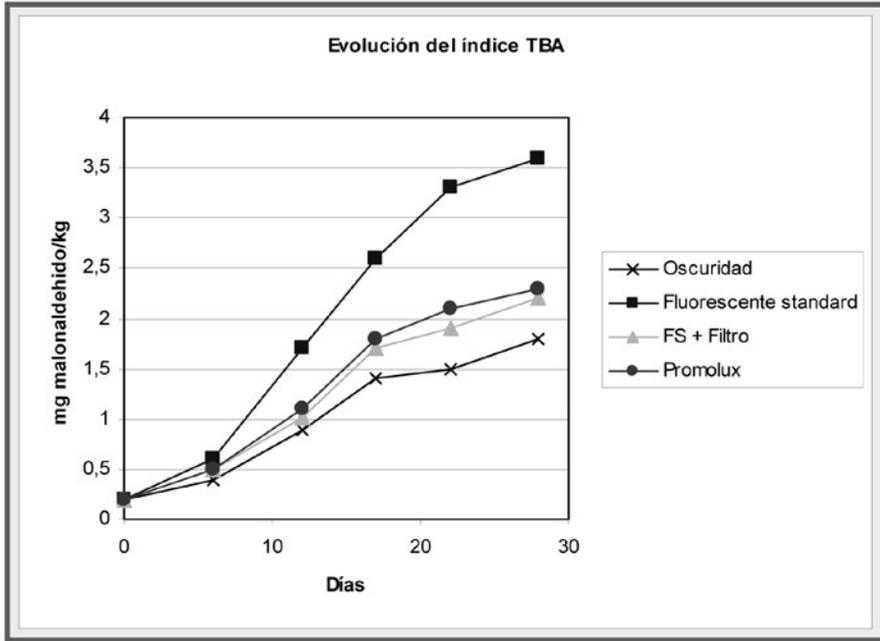
que los procesos oxidativos causantes del deterioro de la carne serán más rápidos en presencia de luz y, por lo mismo, disminuirá su vida útil. La Figura 2 muestra el efecto de la iluminación con un fluorescente estándar de supermercado sobre la oxidación lipídica; la velocidad de este proceso es aproximadamente el doble que en la carne mantenida en oscuridad.

El espectro de emisión de las lámparas habituales se muestra también en la misma figura. Es de destacar que, además de los picos característicos del espectro de emisión en las longitudes de onda de la luz visible, emiten un pequeño pico en la zona del ultravioleta más cercano (UVA), alrededor de 360 nm. Por otra parte, los plásticos utilizados en el envasado, a pesar de que entre sus características se hace figurar la de ser filtro UV, permiten el paso de las radiaciones comprendidas entre 300 y 400 nm. Esto quiere decir que la carne está sometida, no sólo a la radiación visible, sino también a una pequeña cantidad de la radiación UVA más cercana a la visible.

Con objeto de minimizar en lo posible este efecto, realizamos un diseño experimental en el que, junto a la iluminación habitual y la oscuridad, se sometió la carne a dos condiciones innovadoras. Una fue la utilización de una nueva lámpara (Promolux), recién desarrollada, que carece de emisión en la zona UVA. Otra fue la interposición de un filtro de policarbonato, material plástico rígido y transparente, capaz de eliminar la incidencia de radiación inferior a 400 nm. Los resultados se muestran en la misma Figura 2.

El uso de la lámpara Promolux, cuyo espectro de emisión se recoge también en la figura, dio lugar a una disminución altamente significativa de la oxidación lipídica, de modo que fue sólo ligeramente superior a la de la carne mantenida en oscuridad. Por lo que se refiere al filtro de policarbonato, cuyo espectro de transmisión está incluido igualmente en la figura, ocasionó una reducción similar de la oxidación. Estos resultados demostraron por primera vez en alimentos que, mientras la radiación visible es sólo ligeramente prooxidante, pequeñas cantidades de la radiación UVA más cercana al rango visible poseen un fuerte efecto catalizador de la oxidación. Más aún, por mecanismos todavía no bien conocidos, el crecimiento microbiano también se redujo al reducir la incidencia de radiación UVA.

A



B

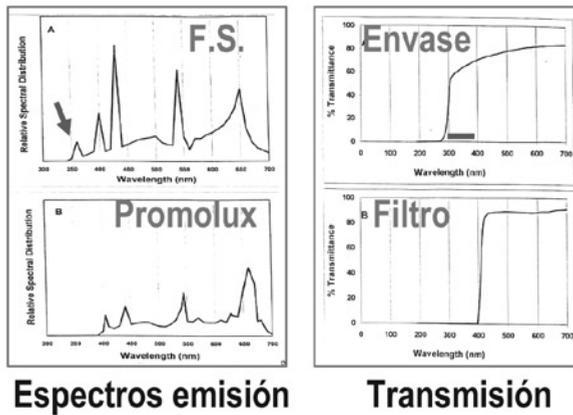


Figura 2. (A) Oxidación lipídica en carne de vacuno envasada en atmósfera modificada y sometida a oscuridad, iluminación con fluorescente standard (FS) de supermercado, iluminación con lámpara Promolux e iluminación con FS más un filtro de policarbonato. (B) Espectros de emisión y transmisión de los sistemas de iluminación utilizados en A.

En definitiva, ambos sistemas fueron capaces de reducir la oxidación y el crecimiento microbiano y, por tanto, de incrementar la vida útil de la carne casi hasta la misma extensión que si hubiera permanecido sin iluminar. Así pues, cualquiera de los dos sistemas podría ser utilizado en la práctica comercial para alargar la vida útil de la carne. De hecho, ambos están siendo aplicados por un número creciente de establecimientos, en particular el filtro de policarbonato, pues es sensiblemente más barato que la lámpara Promolux.

4.2. Adición de extractos naturales y otros agentes antioxidantes

A lo largo de los años 2000-2006 el GICTC llevó a cabo una fructífera investigación sobre el uso de antioxidantes naturales, generalmente en forma de extractos de plantas, en la conservación de diversas carnes y productos cárnicos frescos.

Las propiedades antioxidantes, y también antimicrobianas, de los extractos de numerosas plantas son bien conocidas, y las de algunas otras empiezan a serlo gracias a estas y otras investigaciones. El tradicional uso culinario e industrial de muchas de estas plantas está basado, aún muchas veces sin saberlo, precisamente en estas propiedades, pues contribuyen en gran medida a la adecuada conservación de multitud de alimentos y preparaciones culinarias. Así, muchas plantas de la familia de las Labiadas (*Lamiaceae*), tales como el romero (*Rosmarinus officinalis*), el orégano (*Origanum vulgare*), etc., de las Solanáceas (*Solanaceae*), como los pimientos (*Capsicum annuum*), el tomate (*Solanum lycopersicum*), etc., de las Piperáceas (*Piperaceae*), como la pimienta (*Piper nigrum*), de las Teáceas (*Theaceae*), como el té verde (*Camellia sinensis*), y muchísimas otras, poseen entre sus variadas acciones la de ser fuertes antioxidantes y moderados antimicrobianos. Todas ellas han tenido usos tradicionales, tanto en la cocina, aprovechando además sus virtudes como condimentos, como en la farmacopea, por sus propiedades medicinales.

El efecto antioxidante es debido esencialmente a su elevado contenido en polifenoles y ácidos fenólicos, tales como ácido rosmarínico, carnosol, ácido sinápico, catequinas, capsaicinas, carotenos, licopeno, etc. El efecto antimicrobiano, por su parte, reside en la gran

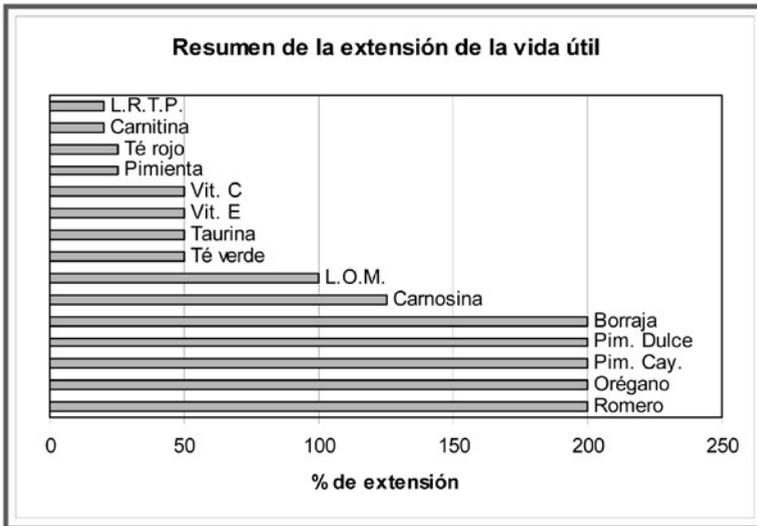


Figura 3. Resumen de la extensión de la vida útil de carne por acción de diversos antioxidantes naturales.

variedad de moléculas contenidas en forma de aceites esenciales, en general terpenos, terpinenos y terpinoides: carvacrol, eugenol, geraniol, timol, linalool, cineol, canfeno, etc.

Extractos de muchas de esas plantas, junto a algunos antioxidantes naturales presentes en los músculos del organismo, como carnosina, carnitina o taurina, además de vitaminas, han sido investigadas por nuestro grupo como agentes para la prolongación de la vida útil de diversos alimentos, en particular de las carnes frescas. La Figura 3 resume los resultados de extensión de la vida útil de carnes frescas, por su efecto inhibitor de la formación de colores u olores de oxidación, de algunos de estos antioxidantes naturales. Los resultados están expresados en porcentaje de extensión en relación con un control sin adiciones. Es decir, 100% significa que la vida útil se incrementa al doble de la del control.

Es de resaltar el efecto intenso, aunque moderado, de los extractos de tomate, pimientas, té, carnosina, carnitina, taurina y vitaminas C y E. Todos ellos extienden la vida útil en proporciones variables entre el 20 y el 120%. Pero destaca claramente sobre aquéllos el efecto de los pimientos (dulce y picante de Cayena), las labiadas romero y orégano, y la borraja. Su adición da lugar a incrementos del 200%; es decir, multiplican por 3 el período de vida útil de la carne fresca. En particular, se demuestra el extraordinario efecto antioxidante de los pimientos picantes y de la borraja, puesto que el índice de oxidación lipídica TBARS (sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico) se mantuvo cercano a 0 durante todo el tiempo estudiado. El contenido en polifenoles de todos ellos, y en especial de estos últimos, es elevadísimo, lo que explica su excepcional efecto. Pero, la presencia de capsaicinoides en el caso del pimiento de Cayena, responsables de la sensación picante que proporcionan, parece potenciar el efecto antioxidante de los polifenoles.

La borraja (*Borago officinalis*), por su parte, no era conocida con anterioridad por su efecto antioxidante. Recientemente, el grupo de investigación canadiense del Prof. Shahidi publicó la composición de las semillas de borraja, con un contenido extraordinario en moléculas polifenólicas, entre las que predominan los ácidos rosmarínico, siríngico y sinápico. Estas protegen a los ácidos grasos esenciales (gamma-linolénico en especial) que contienen en gran cantidad, motivo por el que son conocidas y utilizadas las semillas de esta planta Borraginácea en preparaciones farmacéuticas y de parafarmacia.

En nuestro laboratorio se despertó el interés por ellas, dado el consumo habitual como verdura en Aragón de las partes verdes tiernas de la planta. Así, preparamos una harina desengrasada de las semillas e investigamos su efecto antioxidante en productos cárnicos frescos. El resultado fue similar al de los pimientos de Cayena; la inhibición de la oxidación era total en todo el tiempo que duró el experimento. En definitiva, estamos ante uno de los mejores antioxidantes que se pueden encontrar en la naturaleza. Las posibilidades de utilización en otros alimentos y en otros campos farmacéuticos, como la dermofarmacia, son enormes y están por estudiar.

4.3. Adición de extractos naturales y otros agentes antimicrobianos

Junto a la investigación en el campo de los antioxidantes, y muchas veces en estrecha relación con ellos, abordamos también el estudio del efecto antimicrobiano de una diversidad de extractos naturales, siempre con la vista puesta en aumentar la calidad y la seguridad de los alimentos envasados.

Por una parte, investigamos el efecto antimicrobiano de los mismos extractos de plantas que habían demostrado ya su efecto antioxidante. Así, demostramos que, tanto los extractos de plantas labiadas (romero y orégano) como los pimientos, poseían un destacado efecto inhibitor del crecimiento microbiano en carnes frescas. La Figura 4 es representativa de la disminución de los recuentos de la flora alterante de la carne, retrasando la fase de crecimiento exponencial de los mismos y, en conclusión, contribuyendo a aumentar la vida útil de ese alimento. Una vez más, la presencia de capsaicinoides en los pimientos picantes pareció potenciar el efecto antimicrobiano de los aceites esenciales contenidos en los preparados de pimientos.

En la actualidad, estamos llevando a cabo un proyecto de investigación con profesores de la Universidad Tizi-Ouzou, de Argelia, enfocado a estudiar la composición y el efecto antimicrobiano *in vitro* de los aceites esenciales de plantas comunes y abundantes en todo el Magreb. La investigación se centra en el efecto frente a microorganismos alterantes de alimentos y algunos patógenos de interés sanitario, así como en su aplicación en alimentos frescos. Entre las plantas estudiadas, hemos obtenido buenos resultados con mirto (*Myrtus communis*), ajedrea (*Satureja hortensis*), eucalipto (*Eucalyptus globulus*), lentisco (*Pistacia lentiscus*), alhucema (*Lavandula angustifolia*), tomillo (*Thymus vulgaris*) y menta (*Mentha piperita*).

El ácido láctico, por su parte, es un conocido agente inhibitor del crecimiento microbiano. Su uso con este fin es común en muchos alimentos, bien añadido directamente, o bien, con más frecuencia, formado en el propio alimento en un proceso de fermentación llevado a cabo por bacterias lácticas. Este es el caso de muchos de-

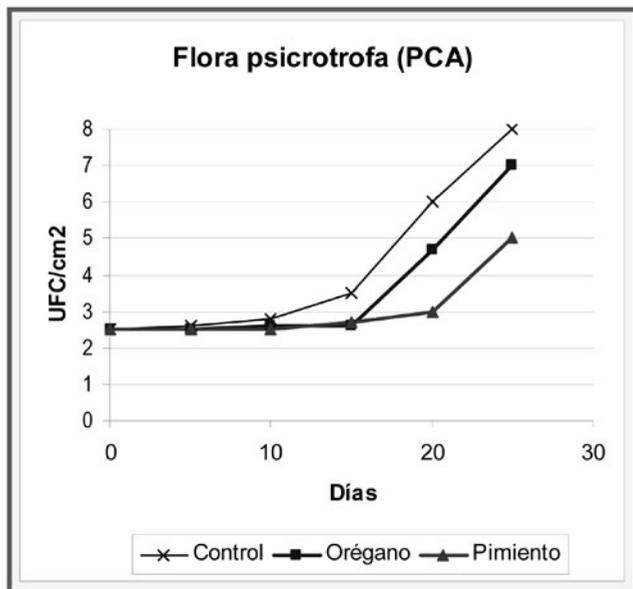
rivados lácteos, de algunos preparados de vegetales y de casi todos los embutidos cárnicos.

Como se muestra también en la Figura 4, la presencia de pequeñas cantidades de ácido láctico es suficiente para rebajar en aproximadamente un orden de magnitud los recuentos microbianos a lo largo de la conservación de carnes frescas. Así pues, su utilización solo o con otros agentes contribuye en gran medida a la extensión de la vida útil. De hecho, la elaboración de “marinados” a partir de muchos alimentos está basada en su uso, o en el de otros ácidos orgánicos naturales de acción similar, por el efecto antimicrobiano que proporcionan. Es sabido también que la inhibición no afecta sólo a los microorganismos alterantes más comunes, sino también a los patógenos responsables de toxiinfecciones alimentarias. Por ello, se han convertido en grandes aliados en la lucha contra estas enfermedades.

Como se ha dicho más arriba, la fermentación láctica llevada a cabo por bacterias lácticas es un proceso conocido desde antiguo, y aplicado a la tecnología alimentaria con gran frecuencia. Parte de la acción beneficiosa es debida, no sólo a la formación de ácido láctico, sino también a la síntesis y liberación por parte de estas bacterias de sustancias de acción antimicrobiana, conocidas como bacteriocinas. Las bacteriocinas pueden ser de espectro de acción amplio, o bien más específicas frente a determinados géneros o grupos de géneros. Muchas de ellas tienen también un efecto destacado y muy útil como antifúngicos. Un gran número de bacteriocinas procedentes de bacterias lácticas comunes en alimentos han sido bien caracterizadas y purificadas, de modo que están disponibles para su aplicación industrial.

Nuestro grupo de investigación abordó el estudio de la utilización de determinadas bacteriocinas para inactivar o inhibir el crecimiento de uno de los patógenos emergentes de mayor riesgo sanitario, *Listeria monocytogenes*. Se encuentra presente con cierta frecuencia en alimentos y es responsable de brotes de listeriosis, que afectan en mayor medida a los grupos de población de más edad. La Figura 5 muestra los resultados de un experimento *in vitro*, en el que se evaluaron los recuentos de *Listeria* en carne inoculada

A



B

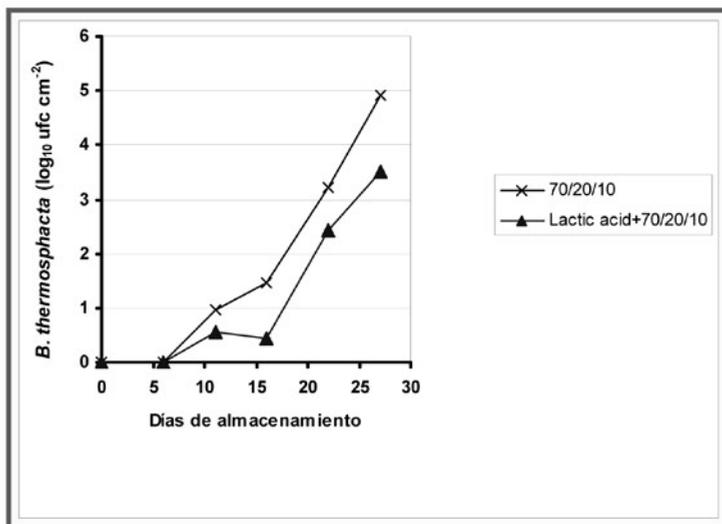


Figura 4. Evolución de los recuentos microbianos de (A) flora aerobia total psicrotrofa en carne de vacuno envasada en atmósfera modificada sin adición de antimicrobianos y en presencia de extractos de orégano y pimienta picante (pimienta de cayena), y (B) *Brochothrix thermosphacta* en ausencia o presencia de ácido láctico.

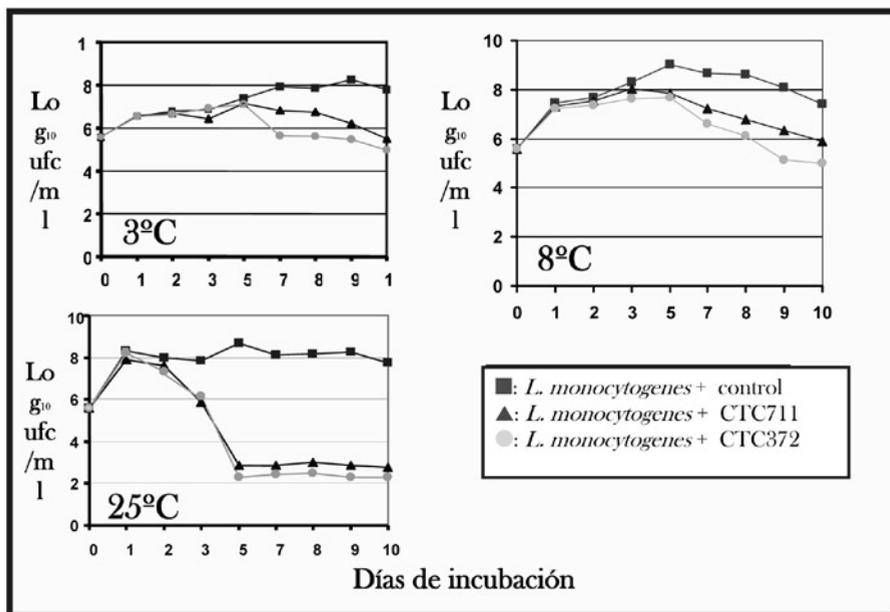


Figura 5. Evolución de los recuentos de *Listeria monocytogenes* en carne inoculada con este patógeno en ausencia o presencia de cepas productoras de bacteriocinas (CTC 711 y CTC 372) a 3 temperaturas de conservación (3, 8 y 25°C).

con este microorganismo hasta niveles mucho más elevados de lo normal, mantenida a diversas temperaturas, en presencia o ausencia de dos bacteriocinas diferentes. Resulta evidente que ambas bacteriocinas tuvieron un efecto significativo de inhibición a todas las temperaturas estudiadas. Pero lo más destacable es que este efecto fue mucho mayor a temperaturas elevadas, dando lugar a una fuerte inactivación del patógeno. Puesto que esas condiciones son las de mayor riesgo, los resultados presentan un interés excepcional en la protección frente a este ubicuo agente patógeno.

5. INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE ENVASES ACTIVOS

La innovación en el desarrollo de nuevos tipos de envasado a partir del envasado en atmósfera modificada se dirige en la actualidad hacia dos objetivos bien marcados: los envases inteligentes y los envases activos.

Los envases inteligentes son aquéllos que incorporan algún sistema que informe de las propiedades y/o estado del alimento envasado. Así, existen sensores para saber si ha habido cambios de temperatura, para conocer su estado de oxidación, para indicar el nivel de los recuentos microbianos, etc. Dichos sensores interiores están asociados a un indicador exterior que, por lo común mediante un sistema de cambio de color, informa convenientemente al distribuidor o al posible comprador del estado real del alimento envasado. Los avances en esta línea de desarrollo han sido extraordinarios, y de hecho existen varios sistemas comercializados, pero el escaso interés de las propias empresas de distribución en su implantación ha hecho que ésta, hasta el momento, no se haya generalizado.

Un envase activo, por su parte, es aquél que incorpora algún sistema que mejore y alargue la conservación de los alimentos envasados, sin estar en contacto directo con el alimento. Es decir, actúan mediante interacciones positivas envase-alimento a través de la atmósfera de envasado. Los sistemas más comunes incorporan al envase agentes naturales antioxidantes y/o antimicrobianos. La acción de estos agentes puede estar basada, bien en suministrar compuestos que protegen al alimento, o bien en absorber y secuestrar

compuestos que deterioran el alimento. Los mecanismos de acción están siendo estudiados en la actualidad por diversos equipos de investigación de la Universidad de Zaragoza.

En todo caso, se trata de conseguir que los procesos oxidativos y/o microbianos que afectan a la vida útil del alimento sean inhibidos en mayor o menor grado. El caso de los envases activos es pues completamente diferente del de los envases inteligentes; son las propias empresas de distribución las primeras interesadas en su implantación.

5.1. Investigaciones básicas en envases activos antioxidantes

Nuestro grupo de investigación, sobre la base de la experiencia adquirida en el campo de los antioxidantes naturales, la colaboración con otros investigadores y la cooperación con empresas del sector del envasado, abordó un gran proyecto de desarrollo de en-

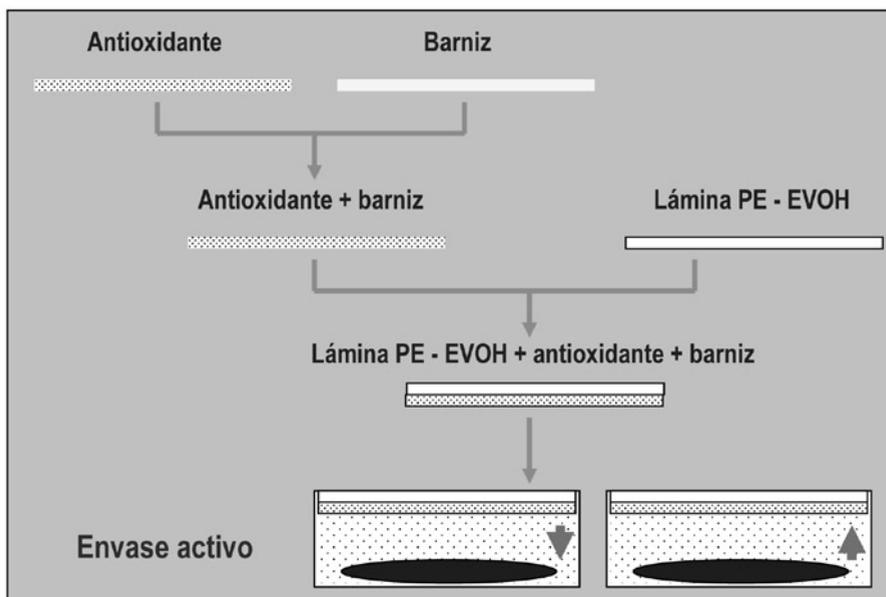


Figura 6. Descripción del sistema patentado por los autores para la incorporación de agentes antioxidantes a un envase activo para alimentos.

vases activos antioxidantes. El sistema desarrollado hace uso de la tecnología de recubrimiento interior de los envases plásticos con barnices inertes aislantes, en la que es pionera la empresa Artibal (Sabiñánigo), y que tienen como fin el aislamiento del alimento del envase, es decir, incorporar una barrera a la migración de compuestos potencialmente tóxicos desde los plásticos o metales al alimento. Es a estos barnices inertes a los que se incorpora en nuestro modelo el extracto natural antioxidante o antimicrobiano.

Un resumen del método protegido por patente europea se reproduce en la Figura 6. En síntesis, el extracto vegetal se disuelve en un barniz diseñado especialmente para ello; el barniz se fija en la superficie interior del material plástico, formada por polietileno, que servirá para cerrar el envase; se introduce el alimento y se sella el plástico sobre la bandeja rígida. El extracto ejercerá su acción a

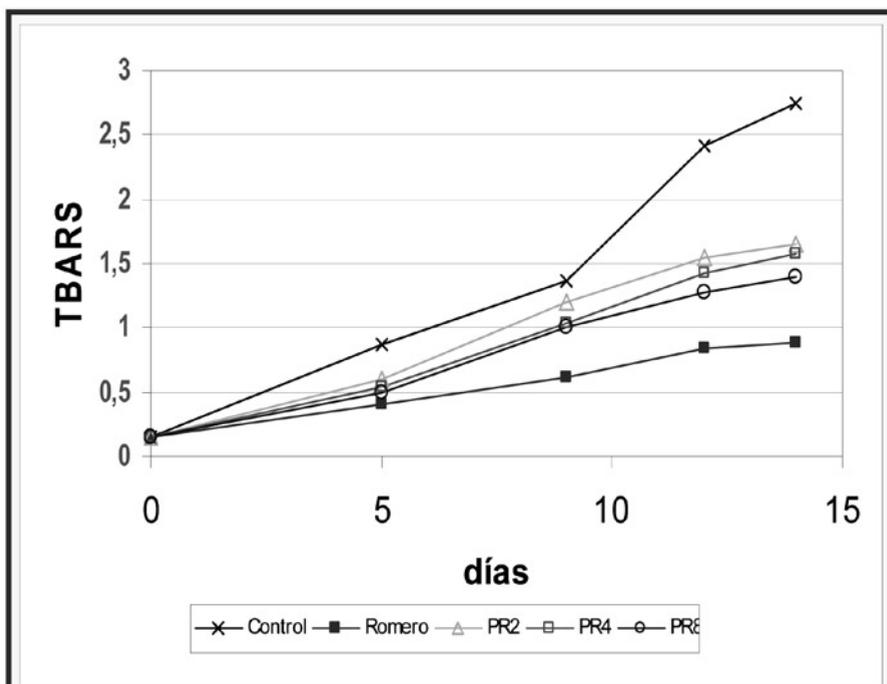


Figura 7. Evolución de la oxidación lipídica de carne de vacuno envasada en envases activos conteniendo 3 concentraciones de extracto de romero, o bien con el mismo extracto añadido directamente en la superficie.

lo largo del tiempo de conservación del alimento, como ya se ha dicho, bien liberando lentamente a la atmósfera interior moléculas activas, o bien secuestrando moléculas procedentes del alimento que participan en los mecanismos de deterioro del mismo.

Las investigaciones se han llevado a cabo mayoritariamente con carnes y elaborados cárnicos frescos. Por lo que se refiere a los extractos vegetales, se han ensayado principalmente romero y orégano, pues son abundantes y poco costosos, muy activos como antioxidantes y también poseen acción antimicrobiana. El primer modelo utilizado consistió en un film plástico activo que se incluía en el interior de un envase estándar, sin contacto con el alimento. Como extracto natural se ensayó en primer lugar romero, a varias concentraciones y proporciones con el barniz. Este modelo se aplicó a carnes de vacuno y cordero.

La Figura 7 recoge algunos de los resultados obtenidos, expresados como índice TBARS, es decir, sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico, que es una medida muy fiable de las primeras fases de los procesos oxidativos, en concreto de la oxidación de los lípidos. Se observa en ella que el envase activo, a tres concentraciones diferentes de extracto, ejerció un significativo efecto inhibitor de la oxidación, dependiente de la concentración. No obstante, y como es lógico, el efecto fue menor que el del extracto añadido directamente sobre la superficie de la carne. La acción antioxidante del film activo dio lugar a una moderada extensión de la vida útil de la carne de 3 días. El mismo efecto fue observado en el mantenimiento del color rojo brillante de la carne. Los resultados parecían ser pues muy prometedores.

Nos centramos entonces en la búsqueda de extractos de mayor calidad potencial, así como de mejorar las propiedades de las preparaciones barniz-extracto, sobre todo, de liberación de las moléculas integrantes de este último. En el experimento cuyos resultados se muestran en la Figura 8, se utilizaron dos preparaciones mejoradas de romero y orégano en el envasado de carne de cordero, que muestra una vida útil más corta que el vacuno. Puede observarse que el film activo con orégano ejerció un efecto inhibitor de la oxidación similar al del extracto de romero añadido directamente a la carne.

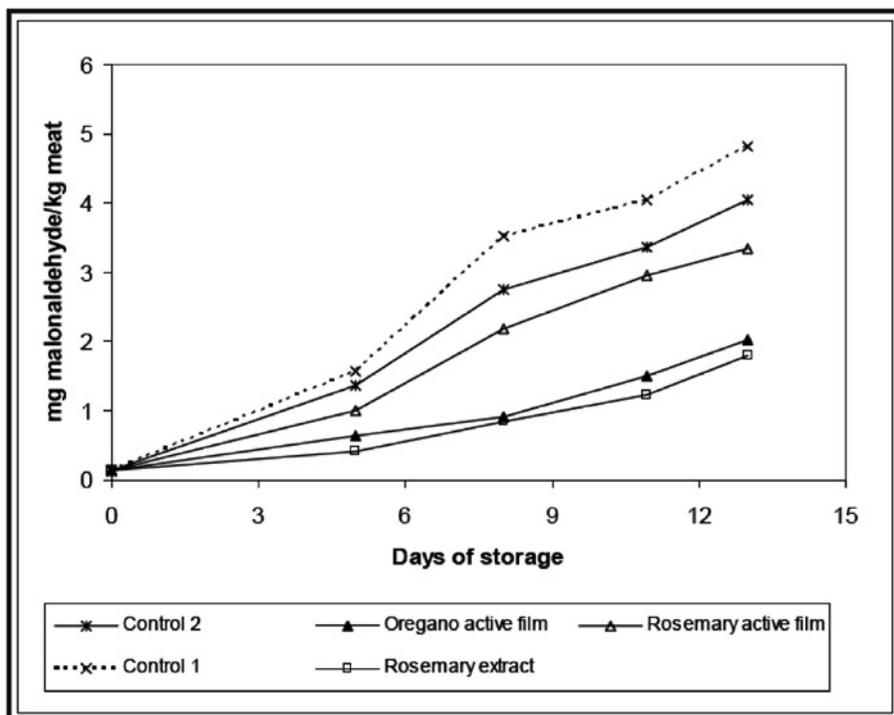


Figura 8. Evolución de la oxidación lipídica de carne de cordero envasada en envases activos conteniendo extractos de romero u orégano, o bien con el extracto de romero añadido directamente en la superficie.

Esta inhibición resultó en un alargamiento muy significativo de la vida útil de la carne.

Por otra parte, la Figura 9 muestra los resultados de los recuentos microbianos de la flora psicotrofa alterante en el mismo experimento. Resulta evidente el potente efecto inhibitor del crecimiento microbiano, de modo que disminuyen aproximadamente dos órdenes de magnitud los recuentos a lo largo de la conservación. El efecto final fue el de incrementar la vida útil de la carne alrededor de un 30%. Así pues, a partir de ese momento, trabajamos mayoritariamente con ese extracto de orégano.

En colaboración con la empresa Artibal, se fue mejorando la capacidad de liberación del extracto o su disponibilidad efectiva a

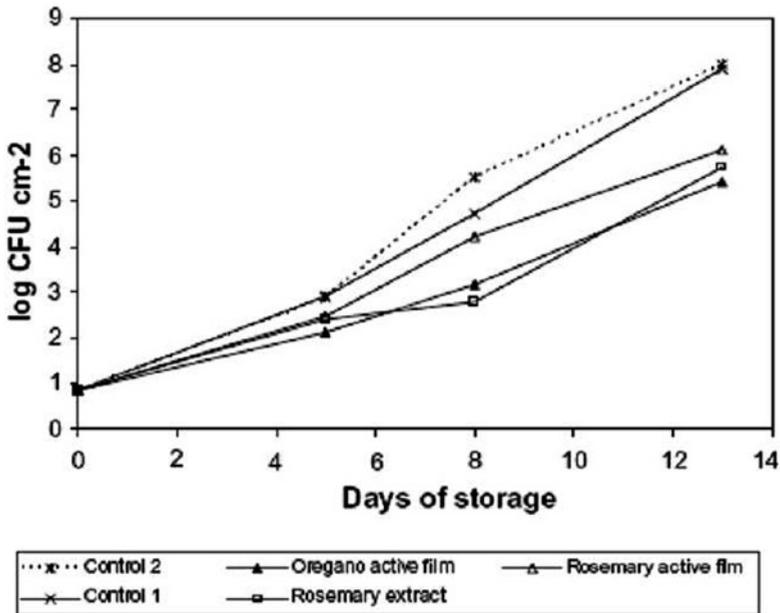


Figura 9. Evolución de los recuentos de flora aerobia total psicrotrófica en carne de cordero envasada en envases activos conteniendo extractos de romero u orégano, o bien con el extracto de romero añadido directamente en la superficie.

partir del barniz del film, y se aplicó a una variada gama de carnes y preparados cárnicos frescos. La Figura 10 muestra los resultados de evolución del color, expresado como índice CIE a^* , que es la medida instrumental estandarizada de la intensidad de color rojo. Es evidente el efecto del film activo con orégano, en función de la concentración, en el mantenimiento del color rojo característico de la carne fresca. Bastó en este caso una concentración del 1% en el barniz, para retrasar en unos 7 días la pérdida del color rojo que se manifiesta cuando el índice CIE a^* cae por debajo de 10. La vida útil pasó de 15 a 22 días (un incremento de casi el 50%, por tanto). Es de destacar que el film activo con esta concentración de extracto proporciona sólo un muy tenue olor a la carne, que desaparece en poco tiempo tras la apertura del envase. La Figura 11 es muy representativa del aspecto y color de los filetes envasados en las distintas condiciones analizadas y mantenidos durante 20 días en refrigeración. Compárese por ejemplo el control, ya pardo, con la muestra envasada con film activo al 1%.

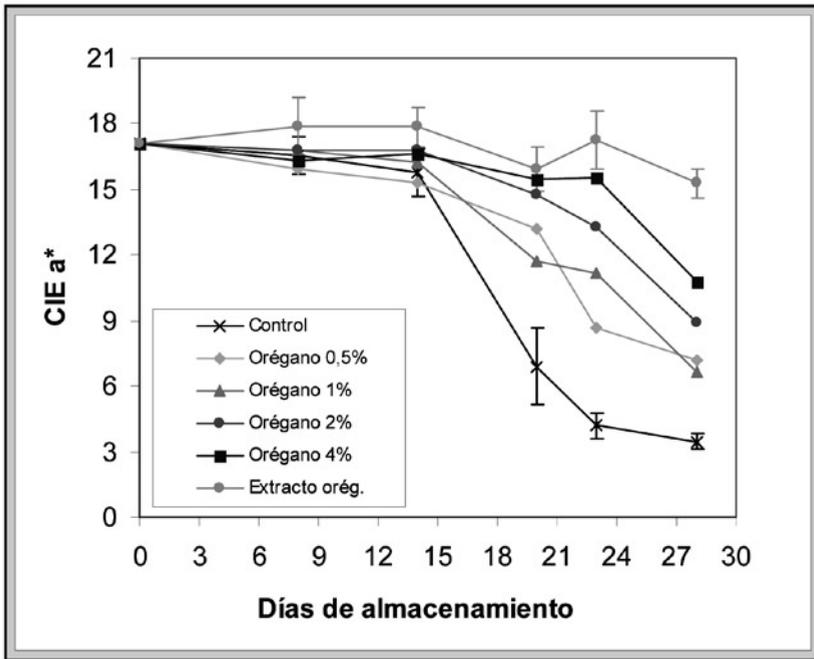


Figura 10. Evolución del índice de rojo (a^*) de carne de vacuno envasada en envases activos conteniendo concentraciones crecientes de extracto de orégano, o bien con el mismo extracto añadido directamente en la superficie.

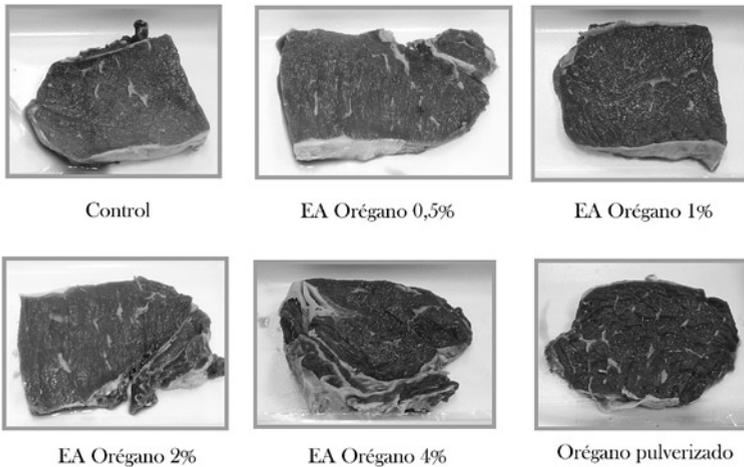


Figura 11. Fotografías de carne de vacuno envasada en envases activos conteniendo concentraciones crecientes de extracto de orégano, o bien con el mismo extracto añadido directamente en la superficie, a los 20 días de conservación en vitrina frigorífica.

Estos resultados han podido ser reproducidos con mayor o menor éxito en todo tipo de carnes, preparados cárnicos, pescado fresco y sus productos, y otros alimentos, también de origen vegetal.

5.2. Investigación en envases activos antimicrobianos

Como se ha indicado al principio, tanto la calidad como la seguridad alimentaria están estrechamente relacionadas con el cre-

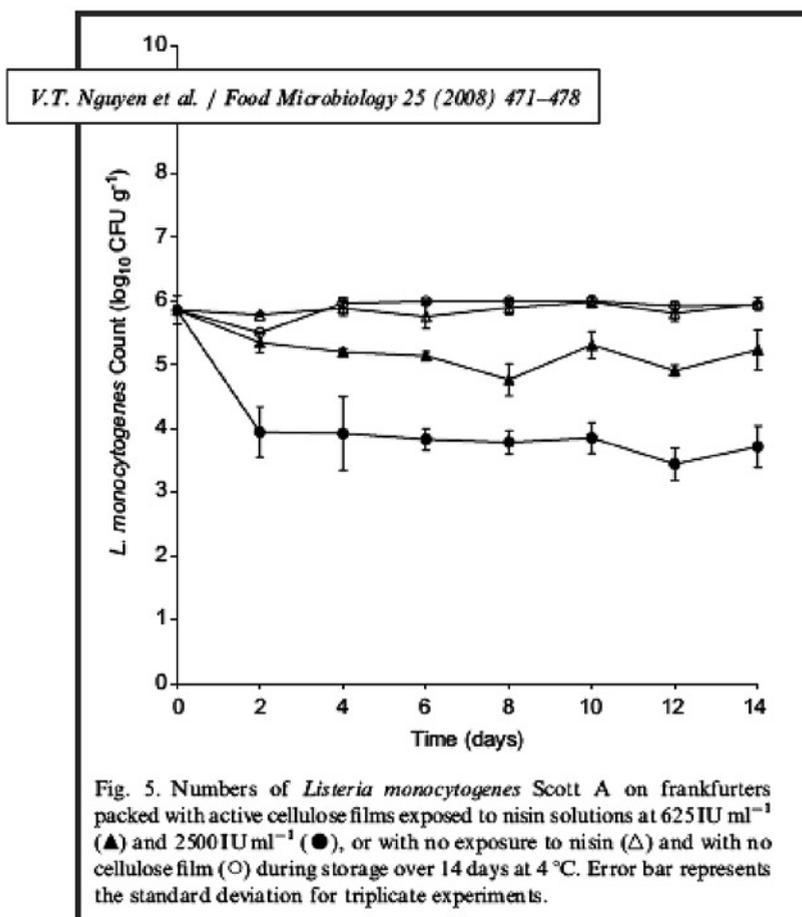


Figura 12. Evolución de los recuentos de *Listeria monocytogenes* en salchichas envasadas en envases activos conteniendo concentraciones crecientes de nisina.

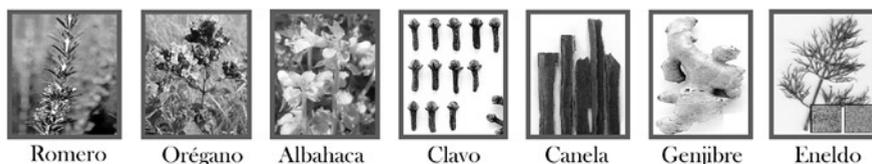
cimiento microbiano. Nuestras investigaciones se han centrado de manera especial en el deterioro oxidativo, aunque no hemos descuidado el estudio del efecto antimicrobiano de nuestros envases activos. En la Figura 9 se ha puesto de manifiesto que los extractos utilizados son también potentes inhibidores del crecimiento de los microorganismos más comunes en la carne fresca.

Sin embargo, nuestro grupo no ha realizado estudios de cómo afectan los envases activos al crecimiento de los microorganismos patógenos potenciales causantes de enfermedades en la población. No obstante, existen una buena cantidad de trabajos sobre este tema, aunque utilizan otros modelos de envase activo. Son de destacar los llevados a cabo por otros autores sobre el efecto de sistemas activos que contienen bacteriocinas (nisina, enterocina, etc.) sobre un patógeno tan ubicuo como *Listeria monocytogenes*.

La Figura 12 es muy representativa de los resultados obtenidos por estos y otros autores. En efecto, se observa que un envase activo con nisina fue capaz de inactivar parcialmente e inhibir después en su totalidad el crecimiento de este microorganismo, aún cuando el patógeno había sido inoculado experimentalmente hasta obtener recuentos muy superiores a los que podrían encontrarse en las condiciones reales. Así pues, esto significa un gran avance en la utilidad de los envases activos para disminuir el riesgo de aparición de brotes infecciosos transmitidos por los alimentos.

Por otra parte, el grupo de la Profesora Nerín, en colaboración con el del profesor Gómez-Lus —ambos de la Universidad de Zaragoza—, con el que el nuestro colabora en los proyectos de desarrollo de envases activos, ha llevado a cabo estudios exhaustivos de la actividad antimicrobiana de nuestro modelo de envase. Para ello, han utilizado extractos naturales de plantas de uso muy común en la industria y las técnicas culinarias: canela (*Cinnamomum zeylanicum*), clavo (*Syzygium aromaticum*), jengibre (*Zingiber officinale*), eneldo (*Anethum graveolens*), etc.

El cuadro de la Figura 13 recoge parte de estos resultados, que se expresan en forma de concentración mínima inhibitoria (MIC). Obsérvese la variedad de microorganismos estudiados, entre los que



TYPE	SPECIES	MIC ($\mu\text{L}/\text{dm}^2$)		
		Clove	Cinn.-A	Cinn.-B
GRAM -	<i>Escherichia coli</i>	2.36	1.18	0.79
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	-	-	3.14
	<i>Yersinia enterocolitica</i>	0.79	0.33	0.16
	<i>Salmonella choleraesuis</i>	4.72	11.8	1.53
GRAM +	<i>Staphylococcus aureus</i>	2.36	1.57	1.18
	<i>Listeria monocytogenes</i>	1.57	3.14	1.18
	<i>Enterococcus faecalis</i>	7.86	4.57	2.36
	<i>Bacillus cereus</i>	1.57	3.14	0.39
MOULDS	<i>Penicillium islandicum</i>	0.79	0.79	0.4
	<i>Aspergillus flavus</i>	1.18	1.18	0.4
YEASTS	<i>Candida albicans</i>	1.18	1.18	0.39

López P, Sánchez C, Batlle R, Nerin C. J AGRIC FOOD CHEM 53: 6939-6946 2005
Solid- and vapor-phase antimicrobial activities of six essential oils: Susceptibility of selected foodborne bacterial and fungal strains

Figura 13. Concentraciones mínimas inhibitorias de envases activos con extractos de clavo o canelas de dos procedencias sobre diversos microorganismos patógenos alimentarios.

se encuentran la mayoría de los patógenos que pueden causar enfermedades transmitidas por los alimentos, además de mohos y levaduras. El efecto más destacable es el de uno de los extractos de canela ensayados (Cinn.-B), como se demuestra por los bajos MIC para casi todas las especies estudiadas. De manera particular, su acción fue excepcional sobre *Yersinia enterocolitica* y *Bacillus cereus*, entre las bacterias, así como sobre mohos y levaduras.

Estos resultados han abierto la puerta a su utilización práctica en la industria alimentaria, en especial en los sectores de panadería y bollería.

5.3. Desarrollo industrial piloto de envases activos

Una vez alcanzados estos resultados tan satisfactorios, nuestras investigaciones se han centrado esencialmente en el desarrollo tecnológico de sistemas industriales para la aplicación del envasado activo. Para ello, se hacía necesario conseguir la fabricación, primero a escala piloto y luego industrial, de bobinas de material activo para el cerrado de envases en sistemas automáticos de alta capacidad. El desarrollo, aún en marcha, se está llevando a cabo con diversas

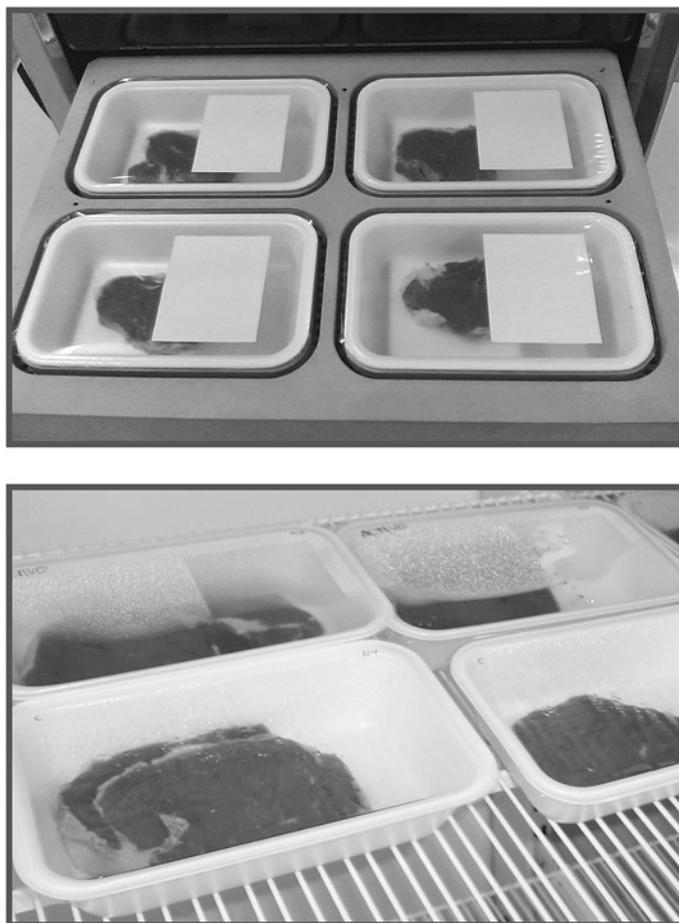


Figura 14. Desarrollos en el escalado piloto pre-industrial de los sistemas de incorporación del barniz activo en envases activos.

empresas del sector de los plásticos y del envasado. Las posibilidades de aplicación del material activo a los envases incluyen sistemas muy variados, tanto en el material de cierre del envase como en la bandeja rígida que le sirve de base.

Básicamente, el trabajo se ha enfocado en dos líneas diferentes. Una es la aplicación de papel adhesivo, previamente tratado para incorporar el barniz activo, a la bobina que servirá de material de sellado de los envases (ver Figura 14). De manera automática, el papel activo es situado en la cara interna de la tapa del envase, a intervalos regulares correspondientes a cada bandeja, debajo del lugar donde se colocará la etiqueta del producto comercializado. Es este un sistema de fácil desarrollo, pero más costoso para el proceso de envasado en la industria.

La segunda, a la que se está dedicando más esfuerzo por su complejidad técnica, es la incorporación directa de “ventanas” de barniz activo a la bobina de envasado. Los mayores problemas radican en la modificación de las propiedades del plástico al incorporar la capa de barniz activo, que se manifiesta en dificultad de sellado y formación de vaho. En todo caso, los progresos son muy notables, de modo que está cercana la consecución del objetivo final.

Mientras tanto, son muy numerosos los estudios particulares llevados a cabo con diversas empresas para la aplicación de este sistema a la conservación de todo tipo de alimentos.

6. CONCLUSIÓN Y PROSPECCIÓN DE FUTURO

El estado actual de las investigaciones en el campo de los envases activos permite ser optimista en cuanto a su desarrollo futuro. Los sistemas actuales de distribución y venta de alimentos frescos envasados necesitan avances tecnológicos innovadores para asegurar el mantenimiento de una elevada calidad y seguridad de los mismos durante el mayor tiempo posible. Los hechos demuestran que el envasado activo reúne todos los requisitos para realizar esa función en el futuro más inmediato. De hecho, son numerosísimos los proyectos de desarrollo coordinados entre empresas y grupos de investigadores para mejorar las tecnologías y aplicaciones existentes. El hecho de utilizar extractos naturales como agentes de conservación no es ajeno a este éxito.

Entre las tecnologías innovadoras para su desarrollo se cuenta la utilización de nanopartículas en la construcción o recubrimiento de envases. La nanotecnología está suponiendo una revolución científica, de alcance todavía desconocido, en todos los campos de la medicina, la farmacia, la tecnología alimentaria, etc. En el campo de la tecnología del envasado, las nanopartículas permiten inmovilizar allá donde se desee los extractos o compuestos que poseen actividad antioxidante y/o antimicrobiana. A partir de estos reservorios, pueden ser liberados para interaccionar muy eficazmente con el alimento, ejerciendo su acción beneficiosa de manera sostenida a lo largo del tiempo de conservación.

Las líneas de trabajo prioritarias hacia el futuro son aquéllas encaminadas a la obtención de envases activos de alta eficacia como

antioxidantes y como antimicrobianos, que confieran el menor olor o sabor posibles, que sean aplicables a una diversidad de alimentos, que no supongan riesgos para la salud, que puedan ser fácilmente implementables en la industria y que tengan un coste razonable.

He dicho.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aguirrezábal, M.M., Mateo, J, Domínguez, M.C. & Zumalacárregui, J.M. (2000). The effect of paprika, garlic and salt on rancidity in dry sausages. *Meat Science* 54, 77-81.
2. Appendini, P. & Hotchkiss, J.H. (2002). Review of antimicrobial food packaging. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 3, 113-126.
3. Aymerich, M.T., Hugas, M., Monfort, J.M., (1998). Review: Bacteriocinogenic lactic acid bacteria associated with meat products. *Food Science and Technology International*, 4, 141-158.
4. Bentayeb, K., Vera, P., Rubio, C. & Nerín, C. (2009). Adaptation of the ORAC assay to the common laboratory equipment and subsequent application to antioxidant plastic films. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 394, 903-910.
5. Bertelsen, G., & Skibsted, L. H. (1987). Photooxidation of oxymyoglobin. Wavelength dependence of quantum yields in relation to light discolouration of meat. *Meat Science* 19, 243-253.
6. Buckley, D.J., Morrissey, P.A. & Gray J.I., (1995). Influence of dietary vitamin E on the oxidative stability and quality of pig meat. *Journal of Animal Science* 73, 3122-3130.
7. Burt, S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods. A review. *International Journal of Food Microbiology* 94, 223-253.
8. Camo, J., Beltrán, J.A. & Roncalés, P. (2008). Extension of the display life of lamb with an antioxidant active packaging. *Meat Science* 80, 1086-1091.

9. Careaga, M., Fernández, E., Dorantes, L., Mota, L., Jaramillo, M. & Hernández-Sánchez, H. (2003). Antibacterial activity of Capsicum extract against Salmonella typhimurium and Pseudomonas aeruginosa inoculated in raw beef meat. *International Journal of Food Microbiology* 83, 331-335.
10. Chang, S.S., Ostric-Matijasevic, B., Hsieh, O.A.L. & Huang, C.L. (1977). Natural antioxidants from rosemary and sage. *Journal of Food Science* 42, 1102-1106.
11. Clinton, S.K. (1998). Lycopene: chemistry, biology, and implications for human health and disease. *Nutrition Reviews* 56, 35-51.
12. Coma, V. (2008). Bioactive packaging technologies for extended shelf life of meat-based products. *Meat Science* 78, 90-103.
13. Cutter, C.N. & Siragusa, G.R. (1996). Reductions of *Listeria monocytogenes innocua* and *Brochothrix thermosphacta* on beef following nisin spray treatments and vacuum packaging. *Food Microbiology* 13, 23-33.
14. Daood, H.G., Vinkler, M., Márkus, F., Hebshi, E.A. & Biacs, P.A. (1996). Antioxidant vitamin content of spice red pepper (paprika) as affected by technological and varietal factors. *Food Chemistry* 55, 365-372.
15. De Azeredo, H.M.C. (2009). Nanocomposites for food packaging applications. *Food Research International* 42, 1240-1253.
16. Delgado, A, Molero, A, & Martínez, E. (1999). Caracterización del aceite de semilla de borraja extraído con dióxido de carbono supercrítico. *Grasas y Aceites* 50, 283-288.
17. Djenane, D., Sánchez-Escalante, A., Beltrán, J.A. & Roncalés, P. (2001). Extension of the retail display life of fresh beef packaged in modified atmosphere by varying lighting conditions. *Journal of Food Science* 66, 181-186.
18. Djenane, D., Sánchez-Escalante, A., Beltrán, J.A. & Roncalés, P. (2002). Ability of alpha-tocopherol, taurine and rosemary, in combination with vitamin C, to increase the oxidative stability of beef steaks displayed in modified atmosphere. *Food Chemistry* 76, 407-415.
19. Djenane, D., Sánchez-Escalante, A., Beltrán, J.A. & Roncalés, P. (2003). The shelf-life of beef steaks treated with DL-lactic acid and antioxidants and stored under modified atmospheres. *Food Microbiology* 20, 1-7.
20. Djenane, D., Sánchez-Escalante, A., Beltrán, J.A. & Roncalés, P. (2003). Extension of the shelf life of beef steaks packaged in modified atmos-

- phere by treatment with rosemary and display under UV-free lighting. *Meat Science* 64, 417-426.
21. Djenane, D., Sánchez-Escalante, A., Beltrán, J.A. & Roncalés, P. (2004). Antioxidant effect of carnosine and carnitine in fresh beef steaks stored under modified atmosphere. *Food Chemistry* 85, 453-459.
 22. Djenane, D. & Roncalés, P. (2004). Revisión: Sistemas antioxidantes para la preservación de la carne. *Alimentaria* 356, 37-51.
 23. Djenane, D., Montañés, L. & Roncalés, P. (2005). Nuevas perspectivas para la conservación natural de la carne. *Eurocarne* 133, 153-180.
 24. Djenane, D., Martínez, L., Sánchez-Escalante, A., Montañés, L., Blanco, D., Yangüela, J., Beltrán, J.A. & Roncalés, P. (2006). Effect of Lactic acid bacteria on beef steak microbial flora stored under modified atmosphere and on *Listeria monocytogenes* in broth cultures. *Food Science and Technology International* 12, 287-295.
 25. Dorantes, L., Colmenero, R., Hernández, H., Mota, L., Jaramillo, M.E., Fernández, E., & Solano, C. (2000). Inhibition of growth of some food-borne pathogenic bacteria by *Capsicum annum* extracts. *International Journal of Food Microbiology* 57, 125-128.
 26. Economou, K.D., Oreopoulou, V., & Thomopoulos, C.D., (1991). Antioxidant properties of some plant extracts of the Labiatae family. *Journal of the American Oil Chemical Society* 68, 109-113.
 27. Elliott, J.G. (1999). Application of antioxidant vitamins in foods and beverages. *Food Technology* 53(2), 46-48.
 28. Farkas, J. (2000). Spices and Herbs. In: Baird Parker T.C., Lund B.M., Gould G.W. (ed.), *The microbiological safety and quality of food*, vol. 1, 897-918, Aspen Publishers.
 29. Faustman, C. & Cassens, R.G., (1990). The biochemical basis for discoloration in fresh meat: a review. *Journal of Muscle Foods* 1, 217-243.
 30. Fernández-López, J., Pérez-Alvarez, J.A., Sayas-Barberá, E. & López-Santoveña, F. (2002). Effect of Paprika (*Capsicum annum*) on colour of Spanish-type sausages during the resting stage. *Journal of Food Science* 67, 2410-2414.
 31. García de Fernando, G.D., Nychas, G.J.E., Peck, M.W. & Ordóñez, J.A. (1995). Growth / survival of psychrotrophic pathogens on meat packaged under modified atmospheres. *International Journal of Food Microbiology* 28, 221-231.

32. Giese, J., (1996). Antioxidants: tools for preventing lipid oxidation. *Food Technology* 50 (11), 73-80.
33. Giménez, B., Roncalés, P. & Beltrán, J.A. (2004). The effects of natural antioxidants and lighting conditions on the quality characteristics of gilt-head sea bream (*Sparus aurata*) fillets packaged in modified atmospheres. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 84, 1053-1060.
34. Giménez, B., Roncalés, P. & Beltrán, J.A. (2005). The effects of natural antioxidants and lighting conditions on the quality characteristics of salmon fillets (*Salmo salar*) packaged in modified atmosphere. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 85, 1033-1040.
35. Granda-Restrepo, D., Peralta, E., Troncoso-Rojas, R. & Soto-Valdez, H. (2009). Release of antioxidants from co-extruded active packaging developed for whole milk powder. *International Dairy Journal* 19, 481-488.
36. Harpaz, S., Glatman, L., Drabkin, V. & Gelman, A. (2003). Effects of herbal essential oils used to extend the shelf life of freshwater-reared Asian sea bass fish (*Lates calcarifer*). *Journal of Food Protection* 66, 410-417.
37. Hinneburg I., Damien-Dorman H.J. & Hiltunen R. (2006). Antioxidant activities of extracts from selected culinary herbs and spices. *Food Chemistry* 97, 122-129.
38. Hugas, M., Garriga, M., Aymerich, T. & Monfort, J.M. (1995). Inhibition of *L. monocytogenes* in dry fermented sausages by the bacteriocinogenic *Lactobacillus sake* CTC 494. *Journal of Applied Bacteriology* 79, 322-330.
39. Jakobsen, M. & Bertelsen, G., (2000). Colour stability and lipid oxidation of fresh beef. Development of a response surface model for predicting the effects of temperature, storage time, and modified atmosphere composition. *Meat Science* 54, 49-57.
40. Kerry, J.P., O'Grady, M.N. & Hogan, S.A. (2006). Past, current and potential utilisation of active and intelligent packaging systems for meat and muscle-based products: A review. *Meat Science* 74, 113-130.
41. Kotula, K.L. & Thelappurate, R. (1994). Microbiological and sensory attributes of retail cuts of beef treated with acetic and lactic acid solutions. *Journal of Food Protection* 57, 665-670.
42. LaCoste, A., Schaich, K., Zumbrunnen, D. & Yam, L. (2005). Advancing controlled release packaging through smart blending. *Packaging Technology Science* 18, 77-87.

4. Lambert, A.D., Smith, J.P. & Dodds, K.L. (1991). Shelf life extension and microbiological safety of fresh meat-a review. *Food Microbiology* 8, 267-297.
44. López, P., Sánchez, C., Batlle, R. & Nerín, C. (2005). Solid- and vapor-phase antimicrobial activities of six essential oils: Susceptibility of selected foodborne bacterial and fungal strains. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53, 6939-6946.
45. Madsen, H. L., & Bertelsen, G. (1995). Spices as antioxidants. *Trends in Food Science and Technology* 61, 271-277.
46. Martínez, L., Djenane, D., Cilla, I., Beltrán, J.A. & Roncalés, P. (2005). Effect of different concentrations of carbon dioxide and low concentration of carbon monoxide on the shelf-life of fresh pork sausages packaged in modified atmosphere. *Meat Science* 71, 563-570.
47. Martínez, L., Cilla, I., Beltrán, J.A. & Roncalés, P. (2006). Comparative effect of red yeast rice (*Monascus purpureus*), red beet root (*Beta vulgaris*) and betanin (E-162) on colour and consumer acceptability of fresh pork sausages packaged in modified atmosphere. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 86, 500-508.
48. Martínez, L., Cilla, I., Beltrán, J.A. & Roncalés, P. (2006). Antioxidant effect of rosemary, borage, green tea, pu-erh tea and ascorbic acid on fresh pork sausages packaged in modified atmosphere. Influence of the presence of sodium chloride. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 86, 1298-1307.
49. Martínez, L., Cilla, I., Beltrán, J.A. & Roncalés, P. (2006). Effect of *Capsicum annuum* (Red Sweet and Cayenne) and *Piper nigrum* (Black and White) Pepper Powders on the Shelf-Life of Fresh Pork Sausages Packaged in Modified Atmosphere. *Journal of Food Science* 71, 48-53.
50. Martínez, L., Cilla, I., Beltrán, J.A. & Roncalés, P. (2006). Combined effect of modified atmosphere packaging and addition of rosemary (*Rosmarinus officinalis*), ascorbic acid, red beet root (*Beta vulgaris*) and sodium lactate and their mixtures on the stability of fresh pork sausages. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54, 4674-4680.
51. Martínez, L., Djenane, D., Cilla, I., Beltrán, J.A. & Roncalés, P. (2006). Effect of varying oxygen concentrations on the shelf-life of fresh pork sausages packaged in modified atmosphere. *Food Chemistry* 94, 219-225.

52. Martínez, L., Cilla, I., Beltrán, J.A. & Roncalés, P. (2007). Effect of illumination on the display-life of fresh pork sausages packaged in modified atmosphere. Influence of the addition of rosemary, ascorbic acid and black pepper. *Meat Science* 75, 443-450.
53. Martínez-Tomé, M., Jiménez, A.M., Ruggieri, S., Frega, N., Strabbioli, R. and Murcia, M.A. (2001). Antioxidants properties of mediterranean spices compared with common food additives. *Journal of Food Protection* 64, 1412-1419.
54. Martínez-Valverde, I., Periago, M.J., Provan, G. & Chesson, A. (2002). Phenolic compounds, lycopene and antioxidant activity in commercial varieties of tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Journal of the Science of Food and Agriculture* 82, 323-330.
55. Mastromatteo, M., Barbuzzi, G., Conte, A. & Del Nobile, M.A. (2009). Controlled release of thymol from zein based film. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 10, 222-227.
56. Mateo, J., Aguirrezábal, M.M., Domínguez, M.C. & Zumalacárregui, J.M. (1997). Volatile compounds in Spanish paprika. *Journal of Food Composition and Analysis* 10, 225-232.
57. McCarthy, T.L., Kerry, J.P., Kerry, J.F., Lynch, P.B. & Buckley, D.J. (2001). Evaluation of the antioxidant potential of natural food/plant extracts as compared with synthetic antioxidants and vitamin E in raw and cooked pork patties. *Meat Science* 57, 45-52.
58. Mejlholm, O. & Dalgaard, P. (2002). Antimicrobial effect of essential oils on the seafood spoilage micro-organism *Photobacterium phosphoreum* in liquid media and fish products. *Letters in Applied Microbiology* 34, 27-31.
59. Nakatani, N. (1992). Natural antioxidants from spices. In: Huang MT, Ho CT, Lee CY, editors. Phenolic Compounds in Food and their Effects on Health. II. Antioxidants and Cancer Prevention. ACS Symposium Series 507. American Chemical Society. Washington, DC. pp 72-86.
60. Nerín, C., Tovar, L., Djenane, D., Camo, J., Salafranca, J., Beltrán, J.A. & Roncalés, P. (2006). Studies on the stabilization of beef meat by a new active packaging containing natural antioxidants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54, 7840-7846.
61. Nguyen, M.L. & Schwartz, S.J. (1999). Lycopene: chemical and biological properties. *Food Technology* 53, 38-53.

62. Nguyen, V.T., Gidley, M.J. & Dykes, G.A. (2008). Potential of a nisin-containing bacterial cellulose film to inhibit *Listeria monocytogenes* on processed meats. *Food Microbiology* 25, 471-478.
63. O'Grady, M.N., Monahan, F.J., Burke, R.M. & Allen, P., (2000). The effect of oxygen level and exogenous α -tocopherol on the oxidative stability of minced beef in modified atmosphere packs. *Meat Science* 55, 39-45.
64. Ouattara, B., Simard, R.E., Holley, R.A., Piette, G.J.P. & Bégin, A. (1997). Antibacterial activity of selected fatty acids and essential oils against six meat spoilage organisms. *International Journal of Food Microbiology* 37, 155-162.
65. Pezo, D., Salafranca, J. & Nerín, C. (2008). Determination of the antioxidant capacity of active food packagings by in situ gas-phase hydroxyl radical generation and high-performance liquid chromatography-fluorescence detection. *Journal of Chromatography A* 1178, 126-133.
66. Quintavalla, S. & Vicini, L., (2002). Antimicrobial food packaging in meat industry. *Meat Science* 62, 373-380.
67. Risch, S.J. (2009). Food packaging history and innovations. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57, 8089-8092.
68. Rooney, M.L. (1995). Active Food Packaging, Blackie Academic & Professional, Chapman & Hall, London,
69. Sánchez-Escalante, A., Djenane, D., Torrescano, G., Beltrán, J.A. & Roncalés, P. (2001). The effects of ascorbic acid, taurine, carnosine and rosemary powder on colour and lipid stability of beef patties packaged in modified atmosphere. *Meat Science* 58, 421-429.
70. Sánchez-Escalante, A., Torrescano, G., Djenane, D., Beltrán, J.A. & Roncalés, P. (2003). Stabilization of colour and odour in beef patties by using lycopene-rich tomato and peppers as a source of antioxidants. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 83, 187-194.
71. Sánchez-Escalante, A., Djenane, D., Torrescano, G., Beltrán, J.A. & Roncalés, P. (2003). Antioxidant action of borage, rosemary, oregano and ascorbic acid in beef patties packaged in modified atmosphere. *Journal of Food Science* 68, 339-344.
72. Sánchez-Escalante, A., Djenane, D., Torrescano, G., Beltrán, J.A. & Roncalés, P. (2003). Combined effect of modified atmosphere packaging and addition of lycopene rich tomato pulp, oregano and ascorbic acid

- and their mixtures on the stability of beef patties. *Food Science and Technology International* 9, 77-84.
73. Schillinger, U. & Lücke, F.K. (1990). Lactic acid bacteria as protective cultures in meat products. *Fleischwirtschaft* 70, 1296-1299.
 74. Shahidi, F., Wanasundara, P. & Janhita, P.K., (1992). Phenolic antioxidants. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 32, 67-103.
 75. Smulders, F.J.M. (1995). Preservation by microbial decontamination; the surface treatment of meats by organic acids. In *New Methods of Foods Preservation* (Eds G.W. Gould) pp. 253-282. Blackie, Glasgow.
 76. Tovar, L., Salafranca, J., Sánchez, C. & Nerín, C. (2005). Migration studies to assess the safety in use of a new antioxidant active packaging. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53, 5270-5275.
 77. Tsigarida, E., Skandamis, P. & Nychas, G.J.E. (2000). Behaviour of *Listeria monocytogenes* and autochthonous flora on meat stored under aerobic, vacuum and modified atmosphere packaging conditions with or without the presence of oregano essential oil at 5° C. *Journal of Applied Microbiology* 89, 901-909.
 78. Tsimidou, M., Papavergou, E. & Boskou, D. (1995). Evaluation of oregano antioxidant activity in mackerel oil. *Food Research International* 28, 431-433.
 79. Van Netten, P., Huis In't Veld, J. & Mossel, D.A.A. (1994). The effect of lactic acid decontamination on the microflora on meat. *Journal of Food Safety* 14, 243-257.
 80. Vermeiren, L., Devlieghere, F., van Beest, M., de Kruijf, N. & Debevere, J. (1999). Developments in the active packaging of foods. *Trends in Food Science and Technology* 10, 77-86.
 81. Wettasinghe, M., Shahidi, F., Amarowicz, R. & Abou-Zaid, M.M. (2001). Phenolic acids in defatted seeds of borage (*Borago officinalis* L.). *Food Chemistry* 75, 49-56.
 8. Wong, P.Y.Y. & Kitts, D.D. (2002). The effects of herbal pre-seasoning on microbial and oxidative changes in irradiated beef steaks. *Food Chemistry* 76, 197-205.
 83. Zheng, W. & Wang, S.Y. (2001). Antioxidant Activity and Phenolic Compounds in Selected Herbs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49, 5165-5170.

Discurso de Contestación

Excmo. Sr. Dr. D. Manuel José López Pérez

Profesor Roncalés: es Vd. el académico con la medalla nº 6 de esta Corporación. Su entrada representa algo más que un número, puesto que con Vd. entra en la Academia una de las Ciencias de base farmacéutica más querida en la profesión como es la de la Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Pero permítame que empiece esta pequeña contestación comentando los lazos de amistad que tengo con Vd.

Nos conocimos en los años 70 en la Facultad de Farmacia de Madrid cuando Vd. acababa su Licenciatura. Desde entonces mi aprecio y admiración no ha dejado de crecer primero hacia Vd. y luego hacia su familia. Le seguí empezando sus pasos por la Bioquímica y la Fisiología y luego su fructífera carrera profesional universitaria en el ámbito de la Ciencia y Tecnología de Alimentos, primero en Madrid y luego en Zaragoza. Su capacidad de investigación en diferentes temas queda claramente demostrada en su brillante currículum investigador. Nunca ha dicho que no a una colaboración, y me consta por la que hemos tenido ambos. Ya más recientemente, y después de la obtención de su cátedra se ha dedicado a este tema tan importante en la alimentación moderna como es la optimización de envasado para la conservación de alimentos.

La alimentación moderna no podría entender la existencia de alimentos saludables, seguros y de calidad contrastada si no fuera por el desarrollo de su envasado y distribución, con la innovación tan importante que ha supuesto la protección a la oxidación o la existencia de envases activos antimicrobianos, y toda una gama de investigación sobre envases inteligentes. Enhorabuena a Vd. y permítame que también lo haga hacia su padre al que tanto le debe la

Farmacia Aragonesa. Muchas gracias padre e hijo por lo que han hecho por las Ciencias Farmacéuticas en Aragón.

Prof. Roncalés, es Vd. muy bienvenido. Muchas gracias por atender nuestra demanda. Enhorabuena y esperamos sus aportaciones y trabajo en beneficio de nuestra Academia y nuestra sociedad a la que se debe.

