



Artículo especial

Alimentos cárnicos funcionales: desarrollo y evaluación de sus propiedades saludables

Begoña Olmedilla-Alonso¹ y Francisco Jiménez-Colmenero²

¹Dpto Metabolismo y Nutrición. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos y Nutrición (ICTAN-CSIC). Madrid. España.
²Dpto. de Productos. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos y Nutrición (ICTAN-CSIC). Madrid. España.

Resumen

Por múltiples razones los productos cárnicos son alimentos excepcionalmente adecuados para introducir en la dieta diversos compuestos bioactivos sin modificar los hábitos de consumo. En los últimos años se ha producido un notable desarrollo de productos cárnicos diseñados como potencialmente funcionales. En el marco de la alimentación funcional, este artículo proporciona una panorámica general acerca de las razones que impulsan y justifican su obtención haciendo especial énfasis en: a) los aspectos a considerar en su diseño con el propósito de poder realizar declaraciones nutricionales y alegaciones de propiedades saludables; b) las estrategias empleadas para optimizar la presencia de ingredientes funcionales, favoreciendo la presencia de compuestos bioactivos beneficiosos y limitando la de aquellos otros con implicaciones negativas para la salud, y c) los procedimientos para demostrar una relación entre la ingesta de productos cárnicos potencialmente funcionales con un efecto beneficioso sobre la salud y de qué manera se reflejan tales estudios en la bibliografía.

(*Nutr Hosp.* 2014;9:1197-1209)

DOI:10.3305/nh.2014.29.6.7389

Palabras clave: *Carne y productos cárnicos. Alimentos funcionales. Compuestos bioactivos. Factores de riesgo. Estudio de intervención*

Introducción

En los últimos años se están produciendo importantes cambios en los hábitos de consumo impulsados por la continua aparición de evidencias científicas que acreditan como a través de la dieta y/o sus componentes se pueden modular algunas funciones fisiológicas

Correspondencia: Begoña Olmedilla Alonso.

ICTAN-CSIC.

José Antonio Novais, 10.

28040 Madrid. España.

E-mail: bolmedilla@ictan.csic.es

Recibido: 1-III-2014.

Aceptado: 20-III-2014.

FUNCTIONAL MEAT PRODUCTS: DEVELOPMENT AND EVALUATION OF THEIR HEALTH-PROMOTING PROPERTIES

Abstract

For a number of reasons, meat products are an exceptionally adequate means for introducing different bioactive compounds into the diet without modifying eating habits. In recent years, there has been a notable development of meat products designed as potentially functional foods. Within the framework of the functional food, this article provides a general view of the reasons that motivate and justify their formulation, with special emphasis on: a) aspects to be considered in their design in order to be able to make nutrition claims and statements concerning their health-promoting properties; b) the strategies employed to optimize the presence of functional ingredients, favoring the presence of beneficial bioactive compounds and limiting others with negative consequences for our health, and c) the procedures for demonstrating a relationship between the consumption of potentially functional meat products with beneficial effects on health and the way in which these studies are reflected in the literature.

(*Nutr Hosp.* 2014;9:1197-1209)

DOI:10.3305/nh.2014.29.6.7389

Key words: *Meat and meat products. Functional foods. Bioactive compounds. Risk factors. Intervention study.*

específicas en el organismo y por tanto favorecer el bienestar y la salud. Por otra parte, las enfermedades crónicas no transmisibles como la aterosclerosis, diabetes tipo 2, obesidad, y ciertos cánceres, comunes en los países ricos y en aumento en los países en vías de desarrollo, están influenciadas en mayor o menos extensión por la alimentación¹⁻⁵. En tal sentido se está produciendo continuos avances en el desarrollo de alimentos percibidos como más saludables, entre los que cabe destacar los *alimentos funcionales* que en la actualidad constituyen un mercado en alza y uno de los principales impulsores del desarrollo de nuevos productos. Aunque no existe una definición universal de alimento funcional, a nivel europeo la más ampliamente aceptada es la establecida en un documento de consenso del pro-

yecto FUFOS¹. Un alimento puede ser considerado funcional si, más allá de su valor nutricional intrínseco, ha demostrado satisfactoriamente tener un efecto beneficioso sobre una o más funciones selectivas del organismo, de tal modo que resulta apropiado para mejorar el estado de salud y bienestar y/o para la reducción de riesgo de enfermedad. Un alimento funcional será similar en apariencia a un alimento convencional, consumido en cantidades habituales y como un componente más de la dieta (no es un comprimido, ni una cápsula, ni ninguna otra forma de suplemento alimenticio). En este contexto resulta esencial que la cantidad de alimento a ingerir y las pautas de consumo requeridas para proporcionar el efecto funcional puedan ser racionalmente integradas en una dieta equilibrada. De esta definición también se infiere que el efecto beneficioso debe demostrarse científicamente, y además que este se produzca a niveles relevantes, lo que supone que los resultados no solo han de ser estadísticamente significativos, sino que han de tener cierta importancia desde una perspectiva clínica/ fisiológica/ biológica. Así pues un alimento funcional puede ser natural o transformado mediante procedimientos tecnológicos o biotecnológicos, englobando consecuentemente alimentos tradicionales siempre que existan evidencias científicas que demuestren su efecto funcional en sujetos con determinadas características o estados patológicos⁶.

El marco de la relación entre alimentación/nutrición y salud/enfermedad ha variado en las últimas décadas, pasando del concepto de “nutrición adecuada”, cuyo objetivo es cubrir los requerimientos nutricionales y por tanto, evitar enfermedades asociadas a una carencia nutricional, al de “nutrición óptima”, con la que se busca obtener un mayor bienestar y calidad de vida, así como una reducción en el riesgo de enfermedades crónicas. Su empleo abre extraordinarias posibilidades de optimizar las funciones fisiológicas de cada persona para asegurar el máximo de bienestar, salud y calidad de vida a lo largo de toda su existencia^{7,8}.

Este contexto cabe preguntarse sobre el papel –razones para su impulso y las posibilidades que ofrecen– de un sector como el cárnico en el marco de la alimentación funcional. La industria cárnica, al igual que otros sectores de la alimentación, está experimentando importantes transformaciones como consecuencia de continuas innovaciones tecnológicas y cambios en las demandas de los consumidores, entre ellas las relacionadas con la búsqueda de una alimentación más “saludable”. Desde el punto de vista de la alimentación/nutrición, la carne es un elemento fundamental de la dieta ya que concentra y proporciona un gran número de nutrientes de alto valor biológico y elevada biodisponibilidad (proteína, Fe, Zn, etc.). No obstante también (como cualquier otro alimento) contiene algunas sustancias que en ciertas circunstancias y en cantidades inadecuadas pueden tener efectos negativos para la salud. Por otra parte, su frecuencia y nivel de consumo son elevados, lo que facilita una notable contribución a la ingesta de distintos nutrientes. Además, debido al

elevado grado de aceptación por los consumidores, la gran versatilidad de presentación y la considerable aptitud para experimentar procesos de reformulación (cambios de composición) usando ingredientes de diversas procedencias, etc., los productos cárnicos son alimentos excepcionales para actuar como vehículo para condicionar la presencia de compuestos bioactivos sin modificar los hábitos de consumo⁹. Por todo ello, la elaboración de nuevos tipos de productos en los que se haya optimizado la presencia/ausencia de diversos compuestos puede facilitar el consumo de alimentos dirigidos a grupos específicos de la población en situación de riesgo de deficiencias nutricionales o con elevado riesgo de determinadas enfermedades crónicas. Por otra parte, los productos cárnicos funcionales pueden atenuar el efecto de un consumo excesivo de carne, el cual se ha asociado con un incremento en el riesgo de ciertas enfermedades crónicas (ej. carne roja y riesgo cardiovascular y cáncer). De esta forma se podría incrementar los aspectos positivos, limitando aquellos negativos asociados con un consumo excesivo de carne en los países desarrollados.

Adicionalmente hay que considerar la considerable importancia socio-económica de la industria cárnica en España que supone un 2% del PIB; en torno al 20% de los gastos en alimentación de los hogares españoles corresponde a la carne y sus derivados. Por todo ello, para el sector cárnico, la alimentación funcional, constituye una excelente oportunidad para mejorar su “imagen” al ofrecer una clase de alimentos más ajustados a los requerimientos específicos de amplios sectores de la sociedad, constituyendo en consecuencia, una excelente oportunidad de diferenciación, diversificación y posicionamiento en un mercado emergente⁹.

El objetivo de este artículo consiste analizar por un lado, las diferentes estrategias empleadas para modificar (optimizar) la composición cuali y cuantitativa de la carne y productos cárnicos dirigidas a obtener alimentos, que en base a la presencia/ausencia de determinados compuestos bioactivos (endógenos y/o exógenos), contribuyan a presentar propiedades nutricionales benéficas (declaraciones nutricionales), y a la mejora de la salud y el bienestar o a la reducción del riesgo de enfermedad (declaraciones de propiedades saludables). Y por otro, a exponer los diversos abordajes usados para demostrar una relación entre la ingesta de productos cárnicos potencialmente funcionales con un efecto beneficioso sobre la salud y de qué manera se reflejan tales estudios en la bibliografía.

Consideraciones sobre el diseño de productos cárnicos funcionales

Los aspectos más importantes en el diseño, desarrollo y valoración del efecto del consumo de alimentos funcionales en general, y de cárnicos en particular, están esquematizados en la figura 1. En el apartado anterior se han comentado algunas de las razones generales

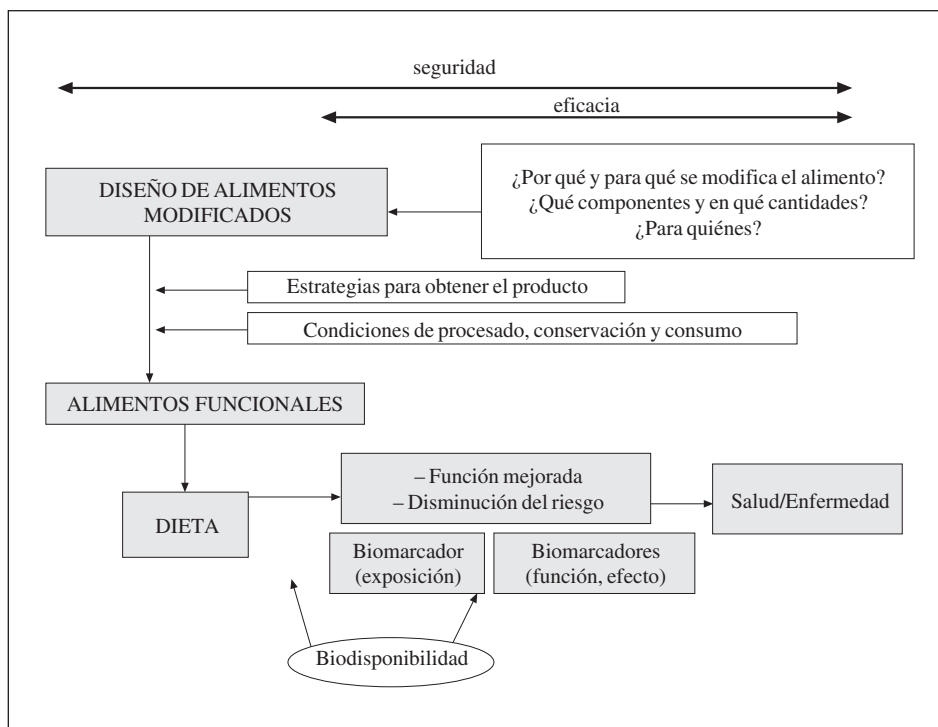


Fig. 1.—Aspectos a considerar en el diseño, desarrollo y valoración de productos cárnicos funcionales. Adaptada de Olmedilla-Alonso et al., 2013.

que impulsan los avances en la elaboración de productos cárnicos funcionales y apuntando los posibles beneficios para la salud del consumidor. Sin embargo, cuando se inicia el desarrollo de un nuevo producto, resulta necesario establecer la población diana a la que va dirigido, las personas que se beneficiarían con su consumo, así como determinar el beneficio esperable para estos sujetos. Todo esto condicionará las decisiones a adoptar en relación con el tipo de producto a elaborar, los componentes y modificaciones a realizar en el alimento (añadir o reducir ciertos compuestos) y en qué cantidades. Finalmente, hay que decidir qué parámetros (marcadores) se van a utilizar para verificar si se ha producido o no el efecto deseado tras su consumo en la cantidad y forma establecidas.

La carne y los productos cárnicos son generalmente reconocidos como alimentos altamente nutritivos, que proporcionan cantidades notables de proteína (que contiene aminoácidos esenciales para la salud humana), ácidos grasos, vitaminas (es una de las mayores fuentes de vitamina B₁₂), minerales (principalmente hierro y zinc) y otros compuestos bioactivos. Sin embargo, también contribuyen a la ingesta de grasas, ácidos grasos saturados (AGS), colesterol, sal y otras sustancias que, en cantidades inapropiadas y dependiendo de una amplia variedad de factores, pueden tener consecuencias negativas para la salud. Diferentes estudios han señalado la existencia de asociaciones entre el consumo de carne y el riesgo de padecer alguna de las enfermedades crónicas no transmisibles más importantes de nuestra sociedad. De hecho en los últimos años se han publicado varios estudios resumiendo las evidencias sobre los riesgos del consumo de carnes rojas y la

enfermedad cardiovascular (ECV)¹⁰⁻¹², el cáncer^{8,10-15}, obesidad^{11-12, 16} y diabetes tipo 2¹¹.

De la misma manera que se señalan los riesgos que para la salud presentan algunos componente de la carne a la hora de establecer las consecuencias de la ingesta de carne en la salud, también debería considerarse la presencia de diversos compuestos con implicaciones beneficiosas^{10,17}. Este es el caso de proteínas, ácido linoleico conjugado (CLA), minerales tales como el hierro, cinc o selenio, L-carnitina, histidil dipéptidos (carnosina y anserina), creatina, taurina, vitaminas (B, D, E), glutatión, ubiquinona, ácido lipoico, etc.^{11,12-18-22}. Incluso se ha señalado que la carne podría ser considerada como un alimento funcional sin ningún tratamiento adicional^{14,23,24}. En cualquier caso, la carne consumida como parte de una dieta variada, contribuye de forma importante a la mejora en la calidad de la dieta en todas las etapas de la vida²⁵.

Distintos tipos de componentes han sido utilizados en el desarrollo de productos cárnicos funcionales dirigidos a sujetos en diversas situaciones de salud. Las modificaciones de tales compuestos se realizan según el objetivo de salud perseguido, por lo que la conveniencia de aumentar o disminuir su consumo en la dieta, va depender de si los efectos asociados son beneficiosos o adversos. La enfermedad cardiovascular es a la que ha ido dirigidas la mayoría de las modificaciones de composición inducidas en la carne y productos cárnicos, y es también la enfermedad sobre la que hay más ensayos en humanos (tanto epidemiológicos como de intervención dietética). En dichos casos los estudios han sido encaminados a mejorar marcadores del perfil lipídico en sangre, la presión arterial y la obesidad, entre otros. El

perfil lipídico mejora con un mayor consumo de ácidos grasos monoinsaturados (AGMI), poliinsaturados (n-3 AGPI), CLA, fibra dietética, fitoesteroles, vitaminas C y E, péptidos bioactivos, licopeno y con un menor consumo de grasa, AGS, ácidos grasos *trans* y colesterol; la presión arterial mejora con el consumo de péptidos bioactivos y proteínas vegetales, y empeora con el de sodio; la relación entre obesidad y CLA es controvertida^{22, 27} y se reduce con la fibra dietética y la creatina y aumenta con el consumo de grasa, AGS y ácidos grasos *trans*; y otro tipo de marcadores de enfermedad mejoran con un mayor consumo de ácido fólico, vitaminas B₆ y B₁₂, licopeno, luteína, selenio, taurina, coenzima Q10, extractos de frutas y de especies ricas en flavonoides y otros compuestos fenólicos²⁸⁻³⁰.

Compuestos cuyo consumo ha sido asociado con efectos beneficios o adversos en relación con otras enfermedades también han sido utilizados en la elaboración de productos cárnicos. Así, con un potencial beneficio sobre disminución de riesgo de cáncer se han utilizado la fibra dietética, el ácido fólico, la vitamina E, el selenio, el CLA, los probióticos, el licopeno, extractos de frutas etc. Con el mismo fin se ha reducido la presencia de componentes tales como nitritos (nitrosaminas), productos de la oxidación lipídica, fosfatos inorgánicos, hidrocarburos aromáticos policíclicos, aminas heterocíclicas y hierro, en los productos cárnicos³¹.

También, se han desarrollado elaborados cárnicos a los que se ha añadido calcio, magnesio o L-carnitina

cuyo consumo podría ser valorado en relación con enfermedades óseas³², o hierro para contribuir a la prevención de la anemia ferropénica³³. Con objeto de potenciar el estatus inmunológico se ha añadido a los productos cárnicos, diversos tipos de probióticos, selenio y hierro. Para determinados grupos de población en los que interesa potenciar el crecimiento y desarrollo irían dirigidos los productos cárnicos a los que se ha incorporado yodo³⁴. Y otros, como las personas que padecen migrañas o alergias, serían los destinatarios de las modificaciones en las que se han restringido las aminas biógenas o potenciales alérgenos como el gluten o la lactosa³⁵.

De esta forma, y desarrollados mediante diversas estrategias, se han obtenido un amplio número de productos cárnicos muchos de los cuales pueden ser sujetos de “declaraciones nutricionales” o incluso de “declaraciones de propiedades saludables”.

Estrategias de optimización de compuestos bioactivos en carne y productos cárnicos

El desarrollo de productos cárnicos funcionales se fundamenta en la puesta en práctica de distintas actuaciones para favorecer la presencia de compuestos beneficios y/o limitar la de aquellos otros con efectos negativos (fig. 2). Este proceso de optimización de ingredientes funcionales puede llevarse a cabo mediante

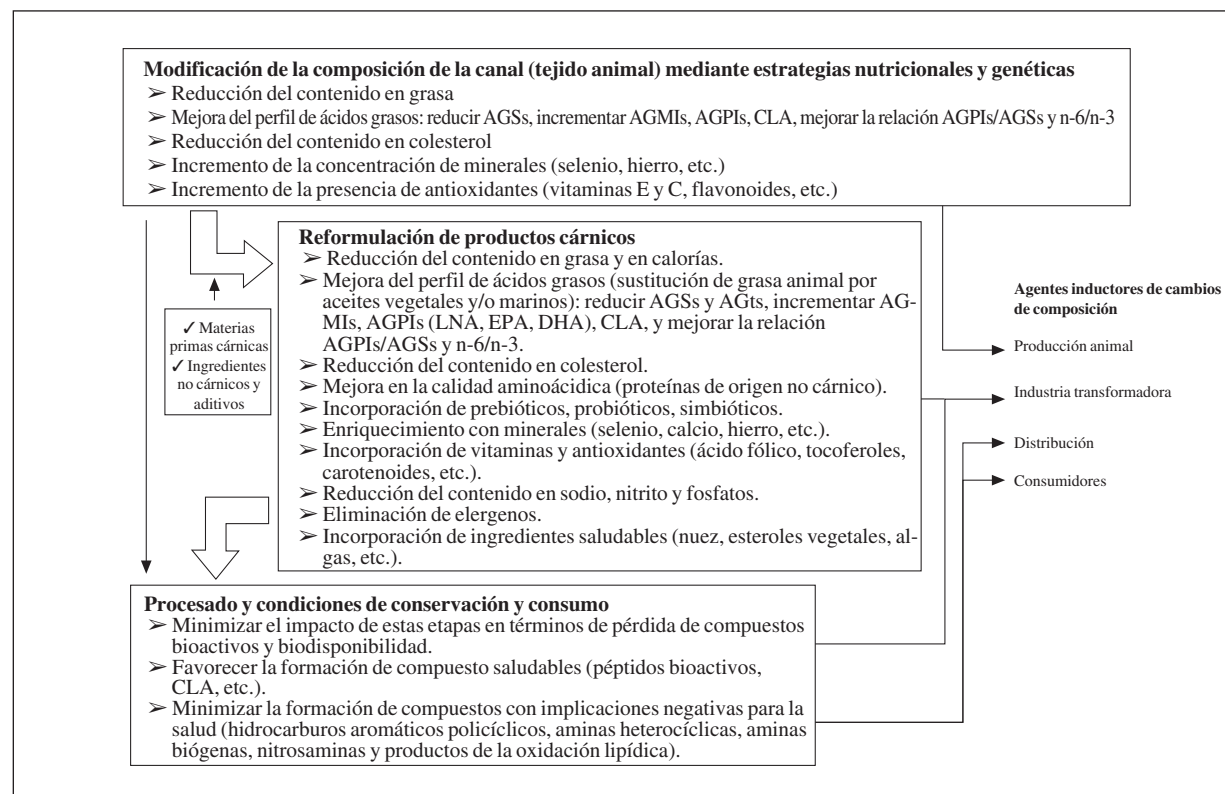


Fig. 2.—Estrategias y oportunidades para optimizar la presencia de compuestos bioactivos en carne y productos cárnicos. LNA: ácido α -linoléico. CLA: ácido lineoleico conjugado. DHA: ácido docosahexaenoico. EPA: ácido eicosapentaenoico. AGMIs: ácidos grasos monoinsaturados. AGPIs: ácidos grasos poliinsaturados. AGSs: ácidos grasos saturados. AGTs: ácidos grasos *trans*. Adaptada de Olmedilla-Alonso et al., 2013.

tres tipos de estrategias que abarcan actividades que van desde la granja a la mesa. De manera sintética son: a) las basadas en prácticas de producción animal (genéticas y nutricionales); b) las relacionadas con los sistemas de transformación de carne (aplicando fundamentalmente procesos de reformulación); y c) las que consideran aspectos relativos a las condiciones de procesamiento, almacenamiento y consumo. A continuación se describen brevemente las posibilidades que ofrecen dichas estrategias para modular la presencia de compuestos saludables/no saludables en matrices cárnicas.

Prácticas de producción animal

Durante la producción animal se origina la primera oportunidad para condicionar la composición de los tejidos animal. Existen varias estrategias para inducir cambios (*in vivo*) en diferentes constituyentes de la carne, si bien para ejercer tal opción los compuestos deberían cumplir dos requisitos esenciales: por un lado tener una actividad funcional demostrada y por otro que su contenido sea modificable en los tejidos de los animales. Entre tales compuestos se encuentran los lípidos (para condicionar grado de engrasamiento, perfil de ácidos grasos o contenido en colesterol), vitaminas y minerales³⁵.

A nivel de prácticas de producción animal los cambios más relevantes se han centrado en la reducción del contenido en grasa y en la mejora de su perfil lipídico de los tejidos animales. Como resultado de tales estrategias se han obtenido productos con mayor contenido en AGMI, AGPI, incluyendo el CLA y con menor presencia de colesterol. De igual modo actuaciones dietéticas han permitido incrementar la concentración en los tejidos de vitamina E y minerales como selenio, magnesio o hierro. Estrategias genéticas basadas en prácticas de selección y entrecruzamiento complementadas por los avances en la información genéticas han posibilitado la reducción del contenido en grasa de las canales. La modificación genética de los animales de abasto y la producción de carne *in vitro* abre nuevas perspectivas para condicionar la presencia de compuestos bioactivos en estos materiales³¹.

Procesos de reformulación

Las estrategias tecnológicas basadas en cambios en los sistemas de transformación de la carne abren interesantes posibilidades en el campo de la alimentación funcional. La forma más versátil de modificar la composición de los derivados cárnicos surge de la amplia oportunidad de introducir cambios en los ingredientes (cárnicos y no cárnicos) utilizados en su elaboración. Tales estrategias pueden emplearse para reducir, eliminar, incrementar y/o reemplazar una amplia variedad de ingredientes bioactivos de carácter exógeno o endógeno (fig. 2).

Dado que algunos componentes (naturalmente presentes o no) de la carne y sus derivados se han asociado con el desarrollo de ciertas enfermedades, su reducción ha sido estimada de interés. Este es el caso del contenido en grasa, AGS, ácidos grasos *trans*, valor energético, presencia de colesterol, alérgenos, sodio, nitritos, entre otros. Complementariamente se han desarrollado productos en los que se incorporan ingredientes con efecto beneficiosos (proteínas, n-3 PUFA, fibra, probióticos, antioxidantes, minerales, etc.). Estas sustancias se pueden adicionar de manera directa e intencionada o como constituyente de algunos ingredientes (extractos, harinas, concentrados, homogeneizados, etc.) empleados con distintos propósitos. La mayoría de tales ingredientes (habituales o no) son de origen vegetal (nuez, avena, soja, algas, trigo, girasol, romero, etc.), estando constituidos por combinaciones complejas de compuestos fitoquímicos bioactivos.

Condiciones de procesado, conservación y consumo

Diversos factores asociados a las condiciones de procesado, conservación y consumo pueden afectar de distinta manera a la presencia de compuestos bioactivos en los productos cárnicos. Tales cambios pueden suponer un incremento en la densidad de algunas sustancias, disminución de otras o incluso la formación de un grupo numeroso que, además de afectar a las propiedades sensoriales de los alimentos, pueden presentar efectos negativos para la salud. Este es el caso de nitrosaminas, hidrocarburos aromáticos policíclicos, aminas heterocíclicas, aminas biógenas, productos de la oxidación, etc. Adicionalmente, otros cambios pueden producir pérdida de biodisponibilidad de algunos compuestos bioactivos (taurina, carnosina, coenzima Q10). Por último también se pueden producir efectos beneficiosos como son por ejemplo los que suponen la generación de péptidos bioactivos (antihipertensivos, antioxidantes, antifatiga, etc.) o la formación de CLA.

Declaraciones nutricionales y de propiedades saludables en los productos cárnicos. Tipos de pruebas y procedimientos para su sustanciación

La aplicación de las diversas estrategias previamente descritas ha dado lugar a una gran variedad de productos cárnicos^{31,35}, que en base a la presencia/ausencia de diversos compuestos bioactivos presentan potenciales beneficios para la salud o el bienestar del consumidor. Tales beneficios pueden ser comunicados al consumidor mediante *declaraciones nutricionales*, siempre y cuando dichos componentes (grasa, sodio, etc.), además de mostrar propiedades nutricionales beneficiosas se encuentre presente en las cantidades y condiciones descritas en la reglamentación. Complementariamente se puede comunicar una *declaración de propiedad saludable*, en el caso de que existan suficientes evidencias que

demuestren la relación entre el consumo del alimento y la salud. En Europa, la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (European Food Safety Authority-EFSA), es la entidad responsable de la evaluación de las pruebas científicas en las que basar una declaración de propiedades saludables, mientras que es la Comisión Europea la encargada de autorizar las diferentes declaraciones, siempre y cuando se basen en suficientes y adecuadas pruebas científicas y estas puedan ser fácilmente entendidas por los consumidores³⁶.

En el caso de algunas declaraciones de propiedades saludables, fundamentadas en pruebas científicas generalmente aceptadas, es posible admitir una relación de causa-efecto entre una categoría de alimentos, un alimento o uno de sus constituyentes, y el efecto declarado. Esto ha permitido a la Unión Europea establecer una lista de declaraciones autorizadas de propiedades saludables de los alimentos distintas de las relativas a la reducción del riesgo de enfermedad y al desarrollo y la salud de los niños³⁷. Desde finales de 2012, sólo aquellos alimentos y componentes de los mismos que estén incluidos en las Reglamentaciones 1924/2006³⁶ y 432/2012³⁷ están autorizadas a incluir declaraciones nutricionales y de propiedades saludables.

En el reglamento 432/2012³⁷, solo aparece una mención directa en relación con la carne. Se trata de una declaración de propiedad saludable autorizada para los alimentos que contengan al menos 50 g de carne por ración. Se basa en que su ingesta contribuye a mejorar la absorción de hierro cuando se consume con otros alimentos que contienen hierro no hemo (la forma en la que se encuentra en productos vegetales). Sin embargo, existe otra posibilidad de asignar este tipo de declaraciones a los productos cárnicos. El citado Reglamento 432/2012, incluye también una lista de declaraciones saludables (y las condiciones de aplicación) con referencia específica a la presencia de determinados nutrientes o sustancias, muchos de los cuales (ej. ácido alfa-linolénico, ácido docosahexaenoico, calcio, fibra, sodio, ácido fólico, etc.) han sido considerados en procesos de reformulación de productos cárnicos^{31,38} (tabla I³⁹⁻⁵¹). Sin embargo, cuando la relación causa-efecto no ha sido convincentemente establecida, resulta imprescindible poner en práctica procedimientos para evaluar adecuadamente el efecto funcional (referido al mantenimiento o a la mejora de funciones o a una reducción del riesgo de enfermedad).

Para sustanciar una declaración de propiedades saludables se compila y evalúa la información procedente de estudios de diversos tipos (desde los estudios *in vitro* y en animales, hasta los estudios en humanos), que se suele clasificar según cuatro grados de evidencia: convincente, probable, posible e insuficiente⁵¹. Entre las pruebas insuficientes están las aportadas por los estudios *in vitro*, en animales, los estudios –con pocos sujetos y no controlados– en humanos y los epidemiológicos con resultados contradictorios. Sin embargo, los datos epidemiológicos con resultados consistentes y estudios en humanos con datos de laboratorio, si hay

plausibilidad biológica, se considerarían evidencias de una posible relación entre exposición y efecto⁵¹. En el caso de la carne y de los productos cárnicos, hay numerosos estudios observacionales en grandes grupos de población que han dado lugar a resultados consistentes^{10-16,20,52}, pero este tipo de estudios aportan evidencia de asociaciones entre ingesta y situaciones de salud/enfermedad, pero no de una posible relación causa y efecto. En la literatura científica están descritos ensayos de intervención en humanos, en grupos pequeños, en los que se han utilizado algunos, muy pocos, de los productos cárnicos potencialmente funcionales descritos en la bibliografía³¹. Ensayos de este tipo permitirían obtener un nivel de evidencia “probable” respecto a una declaración de propiedad saludable, a condición de que ese tipo de estudios estuviesen bien diseñados y diesen lugar a resultados consistentes.

En el caso de que el objetivo sea sustanciar una declaración de propiedades saludables en relación con la reducción de riesgo de enfermedad, es necesario incluir, entre las pruebas a evaluar, datos de estudios en humanos, y entre ellos, ensayos controlados y aleatorizados, que son los considerados como el patrón de oro, ya que aportan las pruebas más convincentes en el estudio de la relación entre exposición y efecto. Estos estudios tienen que tener un diseño, metodología y marcadores adecuados y son las pruebas más importantes para la confirmación de las declaraciones de propiedades saludables de un alimento o de alguno de sus componentes^{36,53}. Por tanto, al diseñar y desarrollar un producto cárnico potencialmente funcional, se deberían tener presentes algunos puntos clave como son el correcto enunciado de la hipótesis a investigar, la selección de sujetos, los métodos de manejo de los abandonos del estudio, la definición clara de los objetivos buscados, la selección de marcadores y el empleo de análisis estadísticos adecuados.

El objetivo del diseño y desarrollo de un producto cárnico debe estar identificado de forma clara, por tanto, puede ser conveniente establecerlo en base a una declaración predefinida, porque el saber lo que se busca, permite establecer la forma correcta de lograrlo. En la adecuada selección de los sujetos es crítica la correcta definición de los criterios de inclusión/exclusión y estos deberían ser una muestra representativa de la población a la que el alimento va dirigido. Los grupos de sujetos en estudio deben ser comparables en cuanto a los factores que puedan influir en la evolución de la enfermedad (ej. tabaco, sexo, edad, raza) o en el efecto del consumo del alimento. Los sujetos deben ser seguidos durante el tiempo de intervención e indicar el número y características de los sujetos que abandonan el estudio. Es esencial también la descripción de la intervención (protocolo, cantidad de componente bioactivo, duración de la intervención) y la correcta selección y utilización de marcadores, válidos y fiables, analítica y biológicamente validados. Finalmente, el uso de un apropiado análisis estadístico para el diseño del estudio y el tipo de indicadores utilizados^{54,55}.

Table I
Ejemplo de productos cárnicos desarrollados mediante estrategias tecnológicas con declaraciones nutricionales (Reglamento 1924/2006) y de propiedades saludables (Reglamento 432/2012) autorizadas

<i>Productos cárnicos reformulados</i>	<i>Declaración nutricional</i>	<i>Declaración saludable</i>	<i>Ref.</i>
Salchichas Patés	Alto contenido en grasas insaturadas	La sustitución de grasas saturadas por grasas insaturadas en la dieta contribuye a mantener niveles normales de colesterol sanguíneo. El ácido oleico es una grasa insaturada.	39,40
Salchichas Paté	Fuente de ácidos grasos omega 3 (α -linolénico)	El ácido α -linolénico contribuye a mantener niveles normales de colesterol sanguíneo.	39-41
Chorizo Salchicha Patés	Fuente de ácidos grasos omega 3 (EPA+DHA)	El ácido docosahexaenoico contribuye a mantener el funcionamiento normal del cerebro. Los ácidos eicosapentaenoico y docosahexaenoico contribuyen al funcionamiento normal del corazón	39,40
Salchichas Chorizo	Alto contenido en proteína	Las proteínas contribuyen a conservar y aumentar la masa muscular, y al mantenimiento de los huesos en condiciones normales	42-44
Chorizo	Contenido reducido en sodio	Un menor consumo de sodio contribuye a mantener la tensión arterial normal	43
Hamburguesa Mortadela Salchichón	Fuente de ácido fólico	Los folatos contribuyen al crecimiento de los tejidos maternos durante el embarazo, a la síntesis normal de aminoácidos, a la formación normal de células sanguíneas, al metabolismo normal de la homocisteína, a la función psicológica normal, al funcionamiento normal del sistema inmunitario, al proceso de división celular, al metabolismo energético normal y ayudan a disminuir el cansancio y la fatiga.	45,46
Hamburguesas Mortadela Chorizo	Fuente de calcio	El calcio contribuye a la coagulación sanguínea normal, al metabolismo energético normal, al funcionamiento normal de los músculos, de la neurotransmisión y de las enzimas digestivas. El calcio contribuye al proceso de división y diferenciación de las células y es necesario para el mantenimiento de los huesos y dientes en condiciones normales.	43,47,48
Hamburguesa	Fuente de magnesio	El magnesio ayuda a disminuir el cansancio y la fatiga, contribuye al equilibrio electrolítico, al metabolismo energético normal, al funcionamiento normal de los músculos, etc.	49
Chorizo	Fuente de selenio	El selenio contribuye al mantenimiento del cabello y uñas en condiciones normales, al funcionamiento normal del sistema inmunitario, a la función tiroidea normal, a la protección de las células frente al daño oxidativo y a la espermatogénesis normal.	50
Chorizo	Fuente de yodo	El yodo contribuye a la función cognitiva normal, al metabolismo energético normal, al funcionamiento normal del sistema nervioso, al mantenimiento de la piel en condiciones normales a la producción normal de hormonas tiroideas y a la función tiroidea normal	50

Información en la bibliografía sobre los estudios de intervención en humanos con productos cárnicos potencialmente funcionales

A pesar del elevado número de productos cárnicos potencialmente funcionales que han sido desarrollados

utilizando mediante diversas estrategias, el efecto de su consumo en humanos ha sido evaluado en muy pocos casos y, en general, sin tener en cuenta los puntos claves mencionados anteriormente, según se ha podido comprobar al realizar una búsqueda en Web of Sciences® (palabras clave: carne, productos cárnicos, ali-

mentos funcionales, estudios de intervención, humanos, salud, enfermedad). En tal sentido en una reciente revisión³¹, se encontraron sólo 14 estudios, en cuatro de ellos se utilizaron carne y productos cárnicos potencialmente funcionales obtenidos mediante prácticas de producción animal y en el resto, se emplearon productos cárnicos obtenidos mediante estrategias tecnológicas (tabla II^{28-30,33,56-71}). Las modificaciones más frecuentemente llevadas a cabo eran las que afectan al contenido del perfil lipídico, y el objetivo, en la gran mayoría de los estudios, fue la reducción de la concentración de lípidos en sangre y la mejora de otros marcadores de enfermedad cardiovascular.

Los estudios en los que se utilizaron productos obtenidos mediante prácticas de producción animal estaban todos dirigidos a mejorar factores de riesgo de enfermedad cardiovascular, algunos de los cuales tienen relevancia clínica (ej. colesterol, LDL-colesterol), mientras que otros factores están asociados con dicha enfermedad (ej. obesidad, estatus antioxidante).

Al estudiar la enfermedad cardiovascular, al igual que otras enfermedades crónicas, en el contexto de la relación dieta y salud/enfermedad, es importante recordar que esta es una relación compleja, ya que las enfermedades crónicas son multifactoriales, tanto en su origen como en su desarrollo. Son enfermedades que muestran largos periodos de desarrollo y los individuos difieren en susceptibilidad ante ellas. Por otra parte, hay que tener en cuenta que los alimentos no se ingieren de manera individual sino formando parte de dietas variadas. Por tanto, es necesario utilizar biomarcadores que evalúen el efecto del consumo de un alimento bajo unas determinadas condiciones. Idealmente, los biomarcadores aportarán información sobre la fase preclínica de la enfermedad en la cual la intervención dietética debería ser eficaz (ej. LDL-colesterol o la presión arterial en relación con la ECV), y por lo tanto, estos marcadores deberían ser evaluados en sujetos sin la enfermedad, pero en presencia de los factores de riesgo en estudio. Por ello, la selección de individuos “sanos” o de “normocolesterolemicos”, que se ha hecho en algunos estudios^{28,56,59}, en un amplio rango de edad (20-75 años), no puede ser considerada como una muestra representativa ya que lo que se va a evaluar en esos sujetos es una posible mejoría en los factores de riesgo de ECV, algo difícil de observar si se parte de concentraciones de colesterol o de otros marcadores que estén dentro del rango de normalidad.

Por otra parte, en los estudios de intervención publicados (tabla II), en muchas ocasiones no se indicaron los criterios de inclusión/exclusión de los sujetos (ej. respecto a las enfermedades crónicas, uso de suplementos o de fármacos) y esto va en detrimento del valor de los estudios, porque sería muy difícil poder compararlos con otros, ya que podrían existir factores de confusión cuyos datos no fueron recogidos o manejados adecuadamente como covariables en el análisis estadístico. Sin embargo, en muchos de estos estudios se encuentra información sobre las dietas y el estilo de vi-

da de los sujetos (ej. actividad física, tabaco). Otro aspecto muy importante en este tipo de estudios es el cálculo del tamaño de la muestra, el cual prácticamente no está documentado en ninguno de los artículos revisados y por tanto, es muy posible que los resultados obtenidos no tuviesen el suficiente poder estadístico para extrapolar cualquiera de los efectos observados a otras poblaciones similares.

En cuanto al diseño, en la mayoría de los estudios (tabla II) se utilizaron diseños cruzados o en paralelo. La elección de uno u otro depende fundamentalmente del objetivo de la investigación, ya que, si se compara más de un tipo de producto, es conveniente utilizar un estudio cruzado que permita una comparación en la que cada individuo actúa como su propio control. Sin embargo, también tiene aspectos adversos asociados con la mayor duración del ensayo y la posibilidad de que los resultados pueden estar influidos por el efecto aprendizaje⁵⁴.

Finalmente, respecto al tiempo de la intervención dietética con los productos cárnicos modificados, los estudios reseñados (tabla II) fueron de una duración adecuada para el objetivo perseguido, reducir factores de riesgo de ECV, ya que en todos ellos la duración del estudio fue superior a tres semanas, tiempo considerado como el mínimo necesario para valorar el efecto de una intervención con grasas saturadas sobre la concentración de LDL-colesterol⁷². Por otra parte, en casi todos los estudios consultados se tuvieron en cuenta otros importantes aspectos relativos a la calidad del estudio como es la aleatorización, el diseño controlado por placebo y el desarrollo de doble-ciego, hechos que facilitan un mayor grado de evidencia en la relación dieta/enfermedad en estudio.

Conclusiones

Actualmente existe una gran variedad de productos cárnicos potencialmente funcionales obtenidos mediante diversas estrategias de optimización de compuestos bioactivos. No obstante aún se pueden identificar amplias posibilidades de desarrollo a nivel de productos y compuestos bioactivos. Por diversas razones (aceptación, variedad, frecuencia de consumo, nivel de ingesta, etc.), la carne constituye una matriz adecuada para vehicular ingredientes funcionales a través de la dieta sin modificaciones de los hábitos dietéticos de los consumidores. Sin embargo, en los nuevos desarrollos, además de tomar en consideración aspectos tecnológicos, muy estrechamente relacionados con el tipo de matriz cárnica, habría que asegurar que los compuestos bioactivos se encuentren presentes en el alimento en una proporción tal que su ingestión proporcione una cantidad significativa de los mismos y que sean capaces de producir un determinado efecto fisiológico en el organismo. Esto plantea la necesidad llevar a cabo más estudios sobre la caracterización de los productos cárnicos potencialmente funcionales en cuanto a procesamiento, conservación y consumo.

Tabla II
Estudios de intervención en humanos utilizando carne y productos cárnicos (adaptada de Meat Sci., 2013)

Producto cárnico e ingrediente bioactivo	Objetivo y diseño del estudio	Sujetos	Marcadores diana	Resultados	Ref.
Carne y productos cárnicos obtenidos mediante prácticas de producción animal Productos con carne de cerdo enriquecido en AGPI n-3 (1,3 g n-3/semana)	- Salud cardiovascular de los consumidores - Estudio paralelo, doble ciego, aleatorizado y controlado con placebo (12 semanas).	Sanos N=33 (17 H y 16 M) 28-65 años	Composición de ácidos grasos en eritrocitos TG Tromboxano B2	Aumento del DHA eritrocitaria 15% EPA sin cambios Disminución de TG 0,3% Tromboxanos en suero aumentan menos que en el grupo control	28
Carne de pollo enriquecida en selenio (800 g pollo/semana; 22 µg Se/día)	- Composición corporal y estatus antioxidante. - Estudio paralelo, doble ciego (10 semanas).	Normo y sobrepeso. N=24 20-45 años	- estatus antioxidante (Se, actividad glutatión peroxidasa) - estatus inflamatorio (homocisteína, ácido úrico, proteína C reactiva) - lípidos, glucosa e insulina.	- reducción peso corporal. - mejora de la composición corporal. - sin efectos sobre los biomarcadores antioxidantes e inflamatorios.	30
Carne de pollo enriquecida con AGPI n-3 (160 g pollo/día, 160 g AGPI n-3/día)	- Concentraciones de lípidos en sangre. - Estudio doble ciego, aleatorizado, controlado con placebo (4 semanas).	Sanos N=46 (11 H, 35 M) 20-29 años	- colesterol (total, LDL, HDL) y TG. - ácidos grasos fosfolípidicos. - presión arterial - proteína C reactiva - peso corporal	- EPA y AA/EPA aumentan en los fosfolípidos séricos. - DHA disminuye. - no hay diferencia en otros marcadores, peso corporal o presión arterial.	29
Carne de vacuno, con elevado contenido en AGMI y bajo contenido en AGS. a) AGMI bajo; b) AGMI alto. (114 g carne picada, 5 veces/semana)	- Concentraciones de colesterol- HDL y diámetro de partículas LDL. - Estudio cruzado, aleatorizado (5 semanas/tipo dieta)	Normocholesterolemia N=27 (H) 23- 60 años.	- lipoproteínas en plasma. VLDL, LDL, y HDL-colesterol. - diámetro de las lipoproteínas HDL ₁ , HDL ₂ y LDL. - insulinemia y glucemia.	- Ambos intervenciones disminuyeron la insulina en plasma y los diámetros de partícula de HDL ₂ y HDL ₁ , y aumentaron los 18:0 y 20:4 (n-6) en plasma respecto a la basal. - la intervención con AGMI elevados provocó un aumento en la concentración de colesterol-HDL respecto a basal.	56
Productos cárnicos reformulados Productos cárnicos (diversos embutidos) enriquecidos con AGPI n-3	- AGPI n-3 en la ingesta, en sangre y en las proporciones tisulares. - Intervención dietética (4 semanas)	Sanos N= 16 (H) 39 ± 4,5 años	- ingesta dietética - ácidos grasos fosfolípidicos en plasma, plaquetas y células mononucleares.	- Aumento de la ingesta dietética de ALA, EPA y DHA, y disminución de LA. - Aumento de las proporciones de EPA y DHA en el grupo de fosfolípidos.	57
Salchichas tipo Frankfurt y patés: a) con grasa reducida (GR) b) con grasa reducida y enriquecidos en n-3 (n-3GR) c) con grasa normal (GN). (200 g salchichas y 250 g patés/semana; GR aportan 2g AGn-3/día, 1,5g de lo cuales son ALA y aprox. 0,4g EPA+DHA)	- lípidos, lipoproteínas, ratios aterogénicos, LDL oxidadas y presión arterial. - Estudio cruzado, no aleatorizado, controlado con placebo (4 semanas/ período).	Sobrepeso u obesidad, hipercolesterolemia media. N= 22 44 ± 12 años	- colesterol (total, HDL, LDL). - LDL oxidadas. - presión arterial.	- los productos n-3GR y GN provocaron una disminución en el colesterol LDL, las LDL oxidadas y la relación LDL-co/HDL-col (12%, 17% y 11% respectivamente). - los productos GR respecto a aquellos con GN provocaron una disminución de un 15% en la oxidación de las LDL.	58

Tabla II (cont.)
Estudios de intervención en humanos utilizando carne y productos cárnicos (adaptada de Meat Sci., 2013)

Producto cárnico e ingrediente bioactivo	Objetivo y diseño del estudio	Sujetos	Marcadores diurno	Resultados	Ref.
Salchichas con probióticos (<i>Lactobacillus paracasei</i> LTH 2579) (50g salchichas/día)	<ul style="list-style-type: none"> - lípidos sanguíneos y parámetros inmunológicos. - Estudio controlado con placebo (5 semanas) 	<p>Sanos N= 20 (10 H, 10M) 22-45 años</p>	<ul style="list-style-type: none"> - colesterol (total, LDL, HDL) - TG - anticuerpos frente a la LDL oxidada. - parámetros inmunológicos. 	<ul style="list-style-type: none"> - sin efecto sobre las fracciones de colesterol y los TG. - mejora del sistema inmunitario (mayor título de anticuerpos frente a la oxidación de las LDL). 	59
Pañés enriquecidos con hierro (sulfato ferroso y pirofosfato férrico encapsulado en liposomas, con o sin adición del pigmento AproRED) (19 mg hierro/día)	<ul style="list-style-type: none"> - Efecto de las diversas formas químicas sobre la biodisponibilidad del hierro. - Estudio de biodisponibilidad, cruzado, doble ciego, aleatorizado (6 horas) 	<p>Mujeres con bajas reservas de hierro. N= 17 (M) 21-25 años</p>	<ul style="list-style-type: none"> - hierro sérico 	<ul style="list-style-type: none"> - aumento de las concentraciones séricas de hierro. 	33
Productos cárnicos bajos en grasa enriquecidos con esteroides vegetales (1,25 o 2,5 g/día).	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción del colesterol total y del LDL-colesterol. - Estudio doble ciego, aleatorizado, controlado con placebo (5 semanas) 	<p>Hipercolesterolemia media o elevada. N=78 25-75 años</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Colesterol total, LDL-colesterol, ratio HDL/LDL-colesterol. 	<ul style="list-style-type: none"> - disminución del 8% colesterol y 13% del LDL-colesterol. - la dosis menor con efecto reductor de colesterolemia: 0,9 g/día. 	60
Carne picada con esteroides de soja (2,7 g porción de carne)	<ul style="list-style-type: none"> - lípidos y lipoproteínas plasmáticas. - Estudio triple ciego, aleatorizado y controlado con placebo (4 semanas). 	<p>Hipercolesterolemia media o elevada. N= 34 (H)</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Disminución del colesterol total y del LDL-colesterol (14,6%). - Sin cambios en el tamaño de las partículas de LDL. 	61
Productos cárnicos enriquecidos con esteroides vegetales no esterificados y con minerales y bajos en grasa y en sal (1,2 o 2,1 g/día)	<ul style="list-style-type: none"> - lípidos séricos y presión arterial. - Estudio simple ciego, aleatorizado y controlado con placebo (3 semanas). 	<p>Colesterolemia media o elevada. N= 21 30-65 años</p>	<ul style="list-style-type: none"> - colesterol - TG - presión arterial 	<ul style="list-style-type: none"> - Disminución del colesterol total (cuando la ingesta de esteroides es de 2,1 g/día). - Sin efecto sobre la presión arterial. 	62 63
Carne de vacuno y salchichas restructuradas y enriquecidos con nueces (aprox. 20%) (136 g nueces/semana, aportados por 600 g carne/semana y 80 g salchichas/semana).	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción de biomarcadores de enfermedad cardiovascular. - Estudio cruzado, de biodisponibilidad a dosis única (g-tocoferol) (1 día) - Estudio cruzado, aleatorizado, controlado con placebo (5 semanas) 	<p>Colesterolemia media a elevada y sobrepeso. N= 25 45-70 años</p>	<ul style="list-style-type: none"> - colesterol (total, HDL y LDL), TG, homocisteína, vitaminas B₆ y B₁₂, ácido fólico, HDL/LDL y test de función plaquetaria. - Agregación plaquetaria, tromboxano A₂, proacalcina I₁, ratio trombogénico (TXB₂/6-ceto-PGF1α) - quimioatrácticos y moléculas de adhesión de monocitos (VCAM, ICAM, LTB₄) - enzimas antioxidantes (SOD, CAT, GR, GP, AE, PON-1), GSH y GSH/(GSH + GSSG) 	<ul style="list-style-type: none"> - aumento del g-tocoferol sérico (marcador de exposición). - disminución colesterol total (4,5% respecto basal y 3% respecto a productos sin nuez). - Mejora estatus trombogénico. - Respuesta dietética dependiente de polimorfismos de PON-1 y ApoA4. - Disminución de quimioatrácticos y moléculas de adhesión. - Mejora estatus antioxidante. 	64 65,66
Procesado, almacenamiento y consumo Dieta rica en carne vs vegetariana 1) carne roja fresca vs dieta vegetariana 2) carne roja preservada con nitratos vs dieta vegetariana. 420 g/día (H); 306 g/día (M)	<ul style="list-style-type: none"> - Disminución del riesgo de cáncer colorectal (mediante estimulación de la nitratación y efecto sobre daño en DNA). - Estudio cruzado, aleatorizado (14 días (período) 	<p>Sanos N= 12 (período 1) N= 16 (período 2) 20-85 años</p>	<ul style="list-style-type: none"> - ARN-m de glicoproteína P, CYP1A, CYP1B1 (biopsia duodenal). 	<ul style="list-style-type: none"> - la carne preservada con nitrato tiene el mismo efecto que la carne fresca sobre la nitratación endógena pero muestra un aumento en el daño oxidativo al DNA. 	71

Marcadores analizados en suero cuando no se indica otra matriz: H: hombres; M: mujeres; HDL: lipoproteínas de alta densidad; LDL: lipoproteínas de baja densidad; TG: triglicéridos; AA= ácido araquidónico; SOD= superóxido dismutasa; CAT= catalasa; GR= glutatión reductasa; GPx= glutatión peroxidasa; AE= amilasa; PON-1= paraoxonasa; GSH = glutatión reducido; GSSG = glutatión oxidado; AGPI: ácidos grasos poliinsaturados; AGM: ácidos grasos monoinsaturados; AGS: ácidos grasos saturados.

Aunque determinadas declaraciones de propiedades saludables pueden establecerse en base a pruebas científicas ampliamente aceptadas (ej. declaración de propiedades saludables para alimentos que contengan carne, en base a su contenido en hierro), la comprobación de los posibles efectos funcionales derivados del consumo de alimentos para los que todavía no haya datos que permitan determinar una relación causa-efecto o que estos sean insuficientes, supone un reto importante. Hasta ahora los estudios de intervención en humanos realizados sobre productos cárnicos diseñados como potencialmente funcionales, son muy escasos y muestran una gran variabilidad en cuanto a definición de objetivos, caracterización de sujetos y selección de marcadores. Tales estudios se han centrado en la valoración de marcadores de factores de riesgo de enfermedad cardiovascular (varios son comunes a otras enfermedades crónicas), algunos de los cuales son de relevancia clínica, aunque otros necesitan todavía validación metodológica y/o biológica. Este tipo de estudios, de los cuales el mejor modelo es el ensayo aleatorizado y controlado, son costosos y hay que asumir que no siempre pueden ser compensados con datos suficientemente robustos que permitan obtener una declaración de propiedades saludables (ej. reducción de riesgo de enfermedad).

Por todo ello, se requiere un esfuerzo adicional para valorar la “funcionalidad” de los productos cárnicos potencialmente funcionales mediante estudios de intervención en humanos con adecuados diseños y metodologías que incluyan una correcta selección de sujetos y de marcadores (de función y de riesgo), así como unos objetivos que sean relevantes en el contexto de las enfermedades crónicas más prevalentes, en las cuales una intervención dietética con determinados productos pudiera permitir una reducción de riesgo o una mejora de la calidad de vida.

Agradecimientos

Al proyecto AGL 2011-29644-C02-01, Ministerio de Economía y Competitividad, España.

Este artículo está basado en una ponencia presentada en el 59th International Congress of Meat Science and Technology (ICOMST), Estambul (Turquía), agosto de 2013.

Referencias

1. Diplock AT, Aggett PJ, Ashwell M, Bornet F, Fern EB, Roberfroid MB. Scientific concept of functional foods in Europe. Consensus document. *Brit J Nutr* 1999; 81: S1-S27.
2. WHO. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. WHO Technical Report Series 916. WHO Library Cataloguing-in-Publication Data. Geneva. 2003
3. Kushi LH, Byers T, Doyle C, McCullough M, McTiernan A, Gansler T, Andrews KS, Thun MJ. American Cancer Society Guidelines on Nutrition and Physical Activity for Cancer Prevention: Reducing the Risk of Cancer with Healthy Food

- Choices and Physical Activity. *CA Cancer J Clin* 2006; 56: 254-81.
4. WCFR. World Cancer Research Fund. American Institute for Cancer Research Food, Nutrition, Physical Activity, and the Prevention of Cancer: a Global Perspective. AICR; Washington, DC. 2007.
5. Reedy J, Krebs-Smith SM. A comparison of food-based recommendations and nutrient values of three food guides: USDA's MyPyramid, NHLBI's Dietary Approaches to Stop Hypertension Eating Plan, and Harvard's Healthy Eating Pyramid. *J Am Diet Assoc* 2008; 108: 522-8.
6. Howlett J. Functional foods from science to health and claims. ILSI Europe Concise monograph series. ILSI Press, Washington, DC. 2008.
7. Ashwell M. Concepts of Functional Foods. ILSI - International Life Sciences Institute, Brussels. 2002.
8. Biesalski HK. Meat and cancer: meat as a component of a healthy diet. *Eur J Clin Nutr* 2002; 56: S2-11.
9. Jiménez Colmenero F, Herrero A, Cofrades S, Ruiz-Capillas C. Meat and functional foods. En Y H Hui (Ed.). *Handbook of meat and meat processing*. (2nd ed.). (pp. 225-248). Boca Raton: CRC Press. Taylor & Francis Group. 2012.
10. McAfee AJ, McSorley EM, Cuskelly GJ, Moss BW, Wallace J M W, Bonham MP, Fearon AM. Red meat consumption: An overview of the risks and benefits. *Meat Sci* 2010; 84: 1-13.
11. Wyness L, Weichselbaum E, O'Connor A, Williams EB, Benelam B, Riley H, Stanner S. Red meat in the diet: an update. *Nut Bull* 2011; 36: 34-77.
12. McNeill S, Van Elswyk ME. Red meat in global nutrition. *Meat Sci* 2013; 92: 166-73.
13. Demeyer D, Honikel K, De Smet S. The World Cancer Research Fund report 2007: A challenge for the meat processing industry. *Meat Sci* 2008; 80: 953-9.
14. Ferguson LR. Meat and cancer. *Meat Sci* 2010; 84: 308-13.
15. Corpet DE. Red meat and colon cancer: Should we become vegetarians, or can we make meat safer? *Meat Sci* 2011; 89: 310-6.
16. Schönfeldt HC, Gibson N. Changes in the nutrient quality of meat in an obesity context. *Meat Sci* 2008; 80: 20-7.
17. Williamson CS, Foster RK, Stanner SAY, Buttriss JL. Red meat in the diet. *Nut Bull* 2005; 30: 323-55.
18. Arhara K. Strategies for designing novel functional meat products. *Meat Sci* 2006; 74: 219-29.
19. Arhara K, Ohata M. Functional meat products. In F. Toldrá (Ed). *Handbook of Meat Processing*. (pp. 423-439). Ames, Iowa: Wiley-Blackwell. 2010
20. Biesalski HK. Meat as a component of a healthy diet – are there any risks or benefits if meat is avoided in the diet? *Meat Sci* 2005; 70: 509-24.
21. Williams PG. Nutritional composition of red meat. *Nutr & Dietetics* 2007; 64: S113-9.
22. Khan MI, Arshad MS, Anjum FM, Sameen A, Aneeq-ur-Rehman, Gill WT. Meat as a functional food with special reference to probiotic sausages. *Food Res Int* 2011; 44: 3125-33.
23. Arihara K. Functional foods. In Jensen W, Devine C, Dikemann M (Eds). *Encyclopaedia of Meat Sciences*. Vol 1. (pp. 492-499) London, UK: Elsevier Science Ltd. 2004.
24. Hasler CM, Bloch AS, Thomson CA, Enrione E, Manning C. Position of the American Dietetic Association: Functional Foods. *J Am Diet Assoc* 2004; 104: 814-26.
25. Ruxton CHS, Derbyshire E, Pickard RS. Micronutrient challenges across the age spectrum: Is there a role for red meat? *Nut Bull* 2012; 38: 178-90.
26. Wang YW, Jones PJH. Conjugated linoleic acid and obesity control: efficacy and mechanisms. *Internat J Obes* 2004; 28: 941-55
27. Kennedy A, Martinez K, Schmidt S, Mandrup S, LaPoint K, McIntosh M. Antiobesity mechanisms of action of conjugated linoleic acid. *J Nutr Biochem* 2010; 21 (3): 171-9.
28. Coates AM, Sioutis S, Buckley JD, Howe PRC. Regular consumption of n-3 fatty acid-enriched pork modifies cardiovascular risk factors. *Br J Nutr* 2009; 101: 592-7.
29. Haug A, Nyquist NF, Mosti TJ, Andersen M, Hostmark AT. Increased EPA levels in serum phospholipids of humans after

- four weeks daily ingestion of one portion chicken fed linseed and rapeseed oil. *Lipid in Health & Disease* 2012; 11: 104.
30. Navas-Carretero S, Cuervo M, Abete I, Zulet MA, Martínez JA. Frequent consumption of selenium-enriched chicken meat by adults causes weight loss and maintains their antioxidant status. *Biol Trace Elem Res* 2011; 143: 8-19.
 31. Olmedilla-Alonso B, Jimenez-Colmenero F, Sánchez-Muniz F. Development and assessment of healthy properties of meat and meat products designed as functional foods. *Meat Sci* 2013; 95: 919-30.
 32. Selgas MD, Salazar MP, García ML. Usefulness of calcium lactate, citrate and gluconate for calcium enrichment of dry fermented sausages. *Meat Sci* 2009; 82: 478-80.
 33. Navas-Carretero S, Pérez-Granados AM, Sarriá B, Vaquero MP. Iron absorption from meat pâté fortified with ferric pyrophosphate in iron-deficient women. *Nutrition* 2009; 25: 20-4.
 34. García Iñiguez de Ciriano M, Larequi E, Rehecho S, Calvo MI, Caverro RY, Navarro I, Astiasarán I, Ansorena D. Selenium, iodine, ω -3 PUFA and natural antioxidant from *Melissa officinalis* L.: a combination of components for healthier dry fermented sausages formulation. *Meat Sci* 2010; 85: 274-9.
 35. Jiménez-Colmenero F. Meat based functional foods. In Y. H. Hui et al. (Eds.). *Handbook of Food Products Manufacturing* (pp. 989-1015). New Jersey: John Wiley & Son, Inc. 2007.
 36. Regulation EU 1924/2006. No 1924/2006 of the European parliament and of the council of 20 December 2006 on nutrition and health claims made on foods. Official Journal of the European Union, L 404, 9-25.
 37. Regulation EU 432/2012. Commission Regulation (EU) No 432/2012 of 16 May 2012 establishing a list of permitted health claims made on foods, other than those referring to the reduction of disease risk and to children's development and health. Official Journal of the European Union, L136, 1-40
 38. Jiménez Colmenero F, Herrero A, Cofrades S, Ruiz-Capillas C. Meat and functional foods. In Y. H. Hui (Ed.). *Handbook of meat and meat processing*. (2nd ed.). (pp. 225-248). Boca Raton: CRC Press. Taylor & Francis Group. 2012.
 39. Delgado-Pando G, Cofrades S, Ruiz-Capillas C, Jiménez-Colmenero F. Healthier lipid combination as functional ingredient influencing sensory and technological properties of low-fat frankfurters. *Eur J Lip Sci Tech* 2010; 112: 859-70.
 40. Delgado-Pando G, Cofrades S, Rodríguez-Salas L, Jiménez-Colmenero F. A healthier oil combination and konjac gel as functional ingredients in low-fat pork liver pâté. *Meat Sci* 2011; 88: 241-8.
 41. García Iñiguez de Ciriano M, García-Herreros C, Larequi E, Valencia I, Ansorena D, Astiasarán I. Use of natural antioxidants from lyophilized water extracts of *Borago officinalis* in dry fermented sausages enriched in ω -3 PUFA. *Meat Sci* 2009; 83: 271-7.
 42. Valencia I, O'Grady M, Ansorena D, Astiasarán I, Kerry JP. Enhancement of the nutritional status and quality of fresh pork sausages following the addition of linseed oil, fish oil and natural antioxidants. *Meat Sci* 2008; 80: 1046-54.
 43. García Iñiguez de Ciriano M, Berasategi I, Navarro-Blasco I, Astiasarán I, Ansorena D. Reduction of sodium and increment of calcium and ω -3 PUFA in dry fermented sausages: effects on the mineral content, lipid profile and sensory quality. *J Sci Food Agric* 2013; 93: 876-81.
 44. Jiménez-Colmenero F, Triki M, Herrero AM, Rodríguez-Salas L, Ruiz-Capillas C. Healthy oil combination stabilized in a konjac matrix as pork fat replacement in low-fat, PUFA-enriched, dry fermented sausages. *LWT-Food Sci Tech* 2013; 51: 158-63.
 45. Galán I, García ML, Selgas MD. Effects of irradiation on hamburgers enriched with folic acid. *Meat Sci* 2010; 84: 437-43.
 46. Galán I, García ML, Selgas MD. Irradiation is useful for manufacturing ready-to-eat cooked meat products enriched with folic acid. *Meat Sci* 2011; 87: 330-5.
 47. Soto AM, Galán I, Gámez MC, García ML, Selgas MD. Sensory properties of fresh meat products enriched with calcium. Proceeding of the Fourth European Conference on Sensory and Consumer Research. 5-8 September, P1.039. Pp. 1. Vitoria-Gasteiz, España, 2010.
 48. Soto AM, Galán I, Gámez MC, García ML, Selgas MD. Cooked meat products enriched with calcium. Proceedings 57th ICoMST International Congress of Meat Science and Technology. 7-12 August Com. P396. Pp. 1-4. Gante. Bélgica. 2011.
 49. López-López I, Cofrades S, Solas MT, Jiménez Colmenero F. Frozen storage characteristics of low-salt and reduced-fat beef patties as affected by Wakame addition and replacing pork backfat with olive oil-in-water emulsion. *Food Res Internat* 2010; 43: 1244-54.
 50. García Iñiguez de Ciriano M, Larequi E, Rehecho S, Calvo MI, Caverro RY, Navarro I, Astiasarán I, Ansorena D. Selenium, iodine, ω -3 PUFA and natural antioxidant from *Melissa officinalis* L.: a combination of components for healthier dry fermented sausages formulation. *Meat Sci* 2010; 85: 274-9.
 51. Biesalski HK, Agget PJ, Anton A, Bernstein PS, Blumberg J, Heaney RP, Henry J, Nolan JM, Richardson DP, van Ommen B, Witkam RF, Rijkers GT, Zöllner I. 26th Hohenheim Consensus Conference, September 11, 2010 Scientific substantiation of health claims: evidence-based nutrition. *Nutrition* 2011; 27: S1-20.
 52. Pan A, Sun Q, Berstein AM, Schulze MB, Manson JE, Stampfer MJ, Willett WC, Hu FB. Red meat consumption and mortality: results from 2 prospective cohort studies. *Arch Intern Med* 2012; 172: 555-63.
 53. Reglamento CE 353/2008 nº 353/2008 por el que se establecen normas de desarrollo para las solicitudes de autorización de declaraciones de propiedades saludables con arreglo al artículo 15 del Reglamento (CE) nº 1924/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo.
 54. Aggett P, Antoine J-M, de Vries J, Gallagher A, Hendriks H, Kozianowski G, Meijer G, Richardson D, Rondeau V, Tweedie G, Welch R, Wittwer J. Beyond passclaim- Guidance to substantiate health claims on foods. ILSI Europe Report Series. K. Yates (Ed.). 2010.
 55. USDA/HHS Commitment to Evidence-Based Process. <http://www.nel.gov/default.cfm?library=DGAC> Acceso: 13 septiembre 2013.
 56. Gilmore LA, Walzem RL, Crouse SF, Smith DR, Adams TH, Vaidyanathan V, Cao X, Smith SB. Consumption of high-oleic acid ground beef increases HDL-cholesterol concentration but both high- and low-oleic acid ground beef decrease HDL particle diameter in normocholesterolemic men. *J Nutr* 2011; 141: 1188-94.
 57. Metcalf RG, James MJ, Mantzioris E, Cleland LG. A practical approach to increasing intakes of n-3 polyunsaturated fatty acids: use of novel foods enriched with n-3 fats. *Eur J Clin Nutr* 2003; 57: 1605-12.
 58. Delgado-Pando G, Celada P, Sánchez-Muniz FJ, Jiménez-Colmenero F, Olmedilla-Alonso B. Effects of improved fat content of frankfurters and pâtés on lipid and lipoprotein profile of volunteers at increased cardiovascular risk. A placebo controlled study. *Eur J Nutr* 2013; 53 (1): 83-93.
 59. Jahreis G, Vogelsang H, Kiessling G, Schubert R, Bunte C, Hammes WP. Influence of probiotic sausage (*Lactobacillus paracasei*) on blood lipids and immunological parameters of healthy volunteers. *Food Res Internat* 2002; 35: 133-8.
 60. Tikkanen MJ, Höögström P, Tuomilehto J, Keinänen-Kiukaanniemi, Sundvall J, Karppanen H. Effect of a diet based on low-fat foods enriched with nonesterified plant sterols and mineral nutrients on serum cholesterol. *Am J Cardiol* 2001; 88: 1157-62.
 61. Matvienko OA, Lewis DS, Swanson M, Arndt B, Rainwater DL, Stewart J, Alekel DL. A single daily dose of soy bean phytoosterols in ground beef decreases serum total cholesterol and LDL cholesterol in young, mildly hypercholesterolemic men. *Am J Clin Nutr* 2002; 76: 57-64.
 62. Tapola NS, Lyyra ML, Karvonen HM, Uusitupa MI, Sarkkinen ES. The effect of meat products enriched with plant sterols and minerals on serum lipids and blood pressure. *Internat J Food Sci Nutr* 2004; 55: 389-97.
 63. Olmedilla-Alonso B, Granado-Lorencio F, Herrero-Barbudo C, Blanco-Navarro I, Blázquez-García S, Pérez-Sacristán B.

- Consumption of restructured products with added walnuts has a cholesterol-lowering effect in subjects at high cardiovascular risk: a randomised, crossover, placebo-controlled study. *J Am Coll Nutr* 2008; 27: 342-8.
64. Jiménez-Colmenero F, Sanchez-Muniz F, Olmedilla-Alonso B. Design and development of meat-based functional foods with walnut: Technological, nutritional and health impact. *Food Chem* 2010; 123: 959-67.
 65. Canales A, Bastida S, Librelotto J, Nus M, Benedí J, Sánchez-Muniz FJ. Platelet aggregation, eicosanoid production and thrombogenic ratio in individuals at high risk consuming walnut-enriched meat. A cross-over, placebo-controlled study. *Br J Nutr* 2009; 102: 134-41.
 66. Canales A, Benedí J, Bastida S, Corella D, Guillen M, Librelotto J, Nus M, Sánchez-Muniz FJ. The effect of consuming meat enriched in walnut paste on platelet aggregation and thrombogenesis varies in volunteers with different apolipoprotein A4 genotype. *Nutr Hosp* 2010; 25: 746-54.
 67. Canales A, Sánchez-Muniz FJ, Bastida S, Librelotto J, Nus M, Corella MD, Guillén M, Benedí J. Effect of walnut-enriched meat on the relationship between VCAM, ICAM, and LTB4 levels and PON-1 activity in ApoA4 360 and PON-1 allele carriers at increased cardiovascular risk. *Eur J Clin Nutr* 2011; 65: 703-10.
 68. Canales A, Benedí J, Nus M, Librelotto J, Sánchez-Montero JM, Sánchez-Muniz F. J. Effect of walnut-enriched restructured meat in the antioxidant status of overweight/obese senior subjects with at least one extra CHD-risk factor. *J Am Coll Nutr* 2007; 26: 225-32.
 69. Nus M, Frances F, Librelotto J, Canales A, Corella D, Sánchez-Montero JM, Sánchez-Muniz FJ. Arylesterase activity and antioxidant status depend on PON1-Q192R and PON1-L55M polymorphisms in subjects at increased cardiovascular disease consuming a walnut-enriched meat. *J Nutr* 2007; 137: 1783-8.
 70. Sánchez-Muniz FJ, Canales A, Nus M, Bastida S, Guillen M, Corella D, Olmedilla-Alonso B, Granada-Lorencio F, Benedí J. The antioxidant status response to low fat- and walnut paste enriched-meat differs in volunteers at high cardiovascular risk carrying different PON-1 polymorphisms. *J Am Coll Nutr* 2012; 31: 194-205.
 71. Joosen AM, Kuhnle GG, Aspinall SM, Barrow TM, Lecommandeur E, Azqueta A, Collins AR, Bingham SA. Effect of processed and red meat on endogenous nitrosation and DNA damage. *Carcinogenesis* 2009; 30: 1402-7.
 72. Kris-Ehterton PM, Dietschy J. Design criteria for studies examining individual fatty acid effects on cardiovascular disease risk factors: human and animal studies. *Am J Clin Nutr* 1997; 65: 1590S-6S.