



ACADEMIA DE FARMACIA DE GALICIA

Discurso de ingreso como Académico de Número

**MODIFICACIÓN DE LOS PERFILES LIPÍDICOS Y
DE LA FUNCIONALIDAD EN LOS ALIMENTOS DE
ORIGEN ANIMAL COMO NUEVAS HERRAMIENTAS
PARA UNA ALIMENTACIÓN MÁS SALUDABLE**

ILMO. SR. DR. ALBERTO CEPEDA SÁEZ

**Discurso de contestación
EXCMO. SR. DR. JESÚS ÁNGEL SIMAL LOZARO**



Santiago de Compostela

INDICE

•	PRÓLOGO.....	7
1.	INTRODUCCIÓN.....	11
2.	LA GRASA EN LOS ALIMENTOS. PERSPECTIVA ACTUAL.....	15
2.1.	Ácidos grasos esenciales. Funciones y metabolismo.....	16
2.2.	Fuentes dietéticas y disponibilidad de los ácidos grasos esenciales y sus derivados.....	19
2.3.	Importancia de los ácidos grasos poliinsaturados en la dieta.....	20
2.4.	Importancia del ácido linoleico conjugado en la dieta.....	25
2.5.	Efectos adversos de los ácidos grasos <i>trans</i>	28
2.6.	Perfil lipídico de la dieta. Recomendaciones actuales.....	30
3.	ALIMENTOS FUNCIONALES. CONTEXTO Y DEFINICIÓN.....	33
3.1.	Legislación relativa a los alimentos funcionales y su publicidad.....	42

3.2.	Declaraciones nutricionales y de propiedades saludables de los alimentos.....	47
3.3.	Dieta atlántica: ¿alimentación funcional?.....	51
3.4.	El pescado como alimento funcional.....	53
3.5.	Obtención de alimentos funcionales de origen animal.....	56
3.6.	Productos lácteos funcionales.....	60
3.7.	Productos cárnicos funcionales.....	63
3.8.	Perspectivas futuras de los alimentos funcionales.....	64
4.	AVANCES RECIENTES EN LA ALIMENTACIÓN FUNCIONAL EN GALICIA. EJEMPLOS.....	67
4.1.	Efectos de la pre-fritura industrial y del cocinado doméstico en la calidad nutricional de los alimentos.....	69
4.2.	Desarrollo de una leche natural enriquecida en ácidos grasos ω -3 y CLA mediante modificaciones en la alimentación y el manejo.....	73
4.3.	Un paso más: Aplicación de la tecnología farmacéutica para la liberación post-ruminal de ácidos grasos ω -3 de origen marino.....	79
4.4.	Desarrollo de una hamburguesa enriquecida en ácidos grasos ω -3 obtenida mediante procesos tecnológicos.....	81
5.	CONCLUSIONES.....	87
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	89
7.	DISCURSO DE CONTESTACIÓN.....	99

PRÓLOGO

Excmo Sr Presidente
Excmos e Ilmos Sres Académicos
Señoras y Señores
Queridos amigos todos

Con fecha del 11 de Enero de 2010 recibí la noticia por parte del Excmo. Sr. Presidente de la Academia de Farmacia de Galicia, el Dr. D. Isaac Arias Santos, de mi elección como Vocal número 20 “... *como reconocimiento a tus importantes méritos en pro de la Farmacia*”. Por ello, quisiera que mis primeras palabras sean de profundo agradecimiento a esta Ilustre Institución, ya que aunque ya formo parte de la misma como académico correspondiente, es para mí una satisfacción con esta nueva distinción seguir contribuyendo al trabajo que en ella se lleva a cabo, así como a su desarrollo y crecimiento con hechos que hagan de mí merecedor del alto honor que se me otorga.

Mi reconocimiento a la Universidad de Santiago de Compostela en cuyo seno me he formado y que tanto me ha aportado personal y profesionalmente. Es firme mi determinación de hacerme digno de ella en todo momento.

Mi agradecimiento más profundo al Profesor D. Jesús Simal Lozano, mi maestro y mentor. Desde que me recibió y me abrió las puertas del Laboratorio de Bromatología, Toxicología y Análisis Químico Aplicado de la Facultad de Farmacia de la Universidad de Santiago de Compostela, siempre he recibido de él su apoyo y

comprensión, y hoy una vez más me recompensa con su afecto y amistad al haber aceptado contestar en nombre de esta Academia, mi discurso de ingreso.

Un recuerdo especial a los profesores G. Mahuzier y P. Prognon de la Facultad de Farmacia de la Universidad de París XI. Las experiencias acumuladas en mi etapa postdoctoral también han marcado mi trayectoria personal y científica.

Al LHICA-USC. Hemos generado un grupo de investigación sólido y muy productivo constituido por los doctores D. Carlos Franco, Dña Cristina Fente, Dña Beatriz Vázquez, D. José Manuel Miranda López y D. Jorge Barros Velázquez, que más que colaboradores son los pilares básicos sobre los que se ha sustentado todo el desarrollo de nuestro laboratorio. Sin ellos nada habría sido posible. La posibilidad de que hoy pueda dirigirme a Uds. no es ni más ni menos que el fruto de su buen hacer, esfuerzo, trabajo y entusiasmo. A todos ellos, gracias por haber confiado en mí para vuestro proyecto profesional.

Al Dr. José Luis Rodríguez Rodríguez, sin su asesoramiento no hubiera sido posible el avanzar en la investigación de la temática que configura este discurso.

Lo mismo puedo decir de todas las personas que forman o han formado parte de nuestro proyecto científico (algunos de ellos hoy profesores de otras Universidades) y especialmente al resto del personal del LHICA-USC, que por la misma razón de antes, alargaría demasiado este discurso y correría el riesgo de dejarme a alguien en el “tintero”. A todos ellos mi agradecimiento personal más sincero. Saben que por ellos haré todo lo que esté en mi mano.

Especialmente quiero expresar ante Ustedes el profundo cariño y gratitud que le debo a mi familia, en particular a mi mujer Tere (palentina de origen) y a mis hijas Violeta y Teresita por su comprensión, tolerancia y sacrificada renuncia que significa mi dedicación profesional. Ellas me enseñan a valorar lo que es importante en la vida.

También quiero expresar mi gratitud a mi hermana Mercedes y a su marido Álvaro, farmacéuticos de profesión y hoy en día también “colegas”, ya que sin su interés en mis comienzos como estudiante, nada de esto hubiera podido ser. Y por supuesto a mis padres. No tengo palabras para expresar mi agradecimiento a ellos ya que todo lo que soy lo debo a su esfuerzo “por sacarme adelante”. Es lo que me han dejado como herencia. Me siento muy orgulloso de ellos.

Mi nueva situación de farmacéutico titular, me está permitiendo ver “que hay vida más allá de la Universidad”, conocer personas maravillosas con ideas a desarrollar y con experiencias muy interesantes en el campo de la práctica diaria del ejercicio profesional de farmacéutico comunitario y por ello, llegado a este punto, quisiera agradecer a los Colegios Oficiales de Farmacéuticos de Galicia el haber apreciado la actividad y esfuerzo diario en el campo de la Salud Pública y de la Alimentación de mis “colegas farmacéuticos”.

Así mismo quiero hacer extensivo este agradecimiento a todos mis compañeros de la Facultad de Veterinaria y de la Facultad de Ciencias de Lugo, que me han introducido en el mundo de las Ciencias Veterinarias y de la Tecnología de los Alimentos, y de los que he aprendido mucho, pero sobre todo al Prof. Dr. D. Luciano Sánchez García, amigo y padrino de mi hija Violeta. Siempre he buscado una ocasión diferente al acto de homenaje de su jubilación (y creo que este momento es el más adecuado), para agradecerle su amistad y apoyo incondicional a nuestra actividad de la que hoy en día como jubilado es partícipe.

En mi anterior discurso como académico correspondiente (2006), el tema elegido hacía referencia al control de residuos de medicamentos de uso veterinario empleados ilegalmente en la producción de carne, donde se pretendió vincular la importancia que tiene la adquisición de conocimientos procedentes de disciplinas distintas como son la Farmacia y la Veterinaria.

Desde entonces hemos llevado a cabo avances importantes en dicha temática especialmente en el control de hormonas naturales añadidas exógenamente, en el desarrollo de nuevas formas de extracción y

purificación de residuos mediante MIP's (Molecularly Imprinted Polymers), la determinación de la presencia de antibióticos usados en terapéutica animal y su impacto medioambiental, etc. Por todo ello podría haber sido para mí más sencillo haber presentado una actualización de mi discurso anterior recogiendo dichos trabajos.

La implantación del Grado de Nutrición Humana y Dietética por el que hemos luchado tanto, y al que pretendemos contribuir aportando “nuestro granito de arena” para su desarrollo y asentamiento en el Campus de Lugo, abre un nuevo escenario para compartir y desarrollar nuevos conocimientos multidisciplinares, siempre desde mi formación como farmacéutico. En esta línea, así como en el campo de la Nutrigenómica, es hacia donde pretenderemos dirigir nuestros próximos pasos y dónde plantearnos nuevos retos futuros.

Por ello, he desarrollado para este acto el tema “*Modificación de los perfiles lipídicos y de la funcionalidad en los alimentos de origen animal como nuevas herramientas para una alimentación más saludable,*” que hace referencia a otras líneas de investigación que venimos llevando a cabo como consecuencia de la relación establecida con determinados sectores productivos y empresas con las que colaboramos desde hace ya varios años de forma habitual: Clavo Congelados S.L., “Feiraco Sociedad Cooperativa Limitada”, la Asociación Gallega de la Carne (Asogacarne), la IGP Ternera Gallega, son algunos ejemplos de ello y que además de “clientes”, son estrechos colaboradores y estimados amigos. En un ejercicio de retroalimentación, con su relación también hemos aprendido mucho. Para ellos también mi reconocimiento y gratitud. Además, fruto de este esfuerzo, varios trabajos científicos hechos en colaboración han sido publicados en revistas científicas de prestigio internacional.

Actualmente, este tipo de alimentos y prácticas tecnológicas están cobrando un gran auge como estrategia para la reducción de la obesidad y las enfermedades cardiovasculares, que sin duda, son y serán cada vez más la gran epidemia nutricional de las sociedades occidentales en las próximas décadas.

1. INTRODUCCIÓN

El concepto de alimentación en el mundo desarrollado ha sufrido un cambio sustancial en las últimas décadas. En épocas pasadas la alimentación se enfocaba hacia la supervivencia, la satisfacción del apetito y el ponerse a salvo de enfermedades causadas por deficiencias de ciertos nutrientes, mientras que en la actualidad, en los países del primer mundo, los alimentos deben promocionar la salud y contribuir al bienestar del consumidor. Parece exigible que la “dieta saludable”, reflejada en las tradicionales “pirámides alimentarias” (Figura 1) sea eficaz en la protección frente a enfermedades cardiovasculares, diversos tipos de cánceres u obesidad. No obstante, en nuestros días, la nutrición humana en los países desarrollados se caracteriza por un excesivo consumo de proteínas, ácidos grasos saturados (AGS), ácidos grasos polinsaturados (AGPI) omega-6 (ω -6), calorías y sodio, mientras que presenta deficiencias en el consumo de AGPI omega-3 (ω -3), fibra y antioxidantes (Mata y Ortega, 2003). Estos desequilibrios son en parte responsables de la alta incidencia de obesidad (que ha alcanzado en estos países unos niveles alarmantes), así como de la aparición de enfermedades crónicas y degenerativas (Lo y col., 2008).



Figura 1. Pirámide alimentaria en la estrategia NAOS.

Fuente: AESAN.

En particular, las enfermedades cardiovasculares son a menudo causadas o exacerbadas por un alto consumo de AGPI ω -6 y sodio, así como una baja ingesta de AGPI ω -3. Con el fin de mejorar la salud pública, las autoridades científicas, como en nuestro país la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) y los organismos internacionales relacionados, como la OMS, han recomendado persistentemente una reducción en la ingesta de alimentos con alto contenido en AGS, como las carnes rojas y los productos que contengan grasas hidrogenadas, como es el caso de la bollería industrial. Por otra parte, estas agencias recomiendan una dieta rica en frutas y verduras, cereales, legumbres, productos lácteos bajos en grasa, carnes

magras y pescado, especialmente especies de pescados grasos con alto contenido en AGPI *w*-3 (OMS, 2003). En el marco de estas recomendaciones, en el caso de nuestro país, en el año 2005 se puso en marcha la Estrategia NAOS (Estrategia para la Nutrición, Actividad Física y Prevención de la Obesidad), desde el Ministerio de Sanidad y Consumo, a través de la AESAN, con el objeto de sensibilizar a la población del problema que la obesidad representa para la salud, y de impulsar todas las iniciativas que contribuyan a lograr que los ciudadanos, y especialmente los niños y los jóvenes, adopten hábitos de vida saludables, principalmente a través de una alimentación saludable y de la práctica regular del deporte (AESAN; 2005). Este programa se complementó con el programa PERSEO (Programa Piloto Escolar de Referencia para la Salud y el Ejercicio, contra la Obesidad), cuyo principal objetivo es promover la adquisición de hábitos alimentarios saludables y estimular la práctica de actividad física regular entre los escolares, para prevenir la aparición de la obesidad y otras enfermedades relacionadas.

Aunque hoy en día existe un elevado grado de concienciación sobre este problema por parte de la población, y afortunadamente, la composición nutricional ya es un factor importante en la elección de los alimentos por parte del consumidor (Norton y Sun, 2008), éstos muestran reticencias a cambiar sus hábitos dietéticos. Este hecho sugiere que hay un gran mercado potencial para los alimentos que son consumidos de manera habitual, que sean modificados en su composición, ya sea para incluir ciertos ingredientes beneficiosos para la salud, o bien modificando la cantidad de algunos de los ingredientes o componentes habituales de los alimentos en cuestión para hacerlos más adecuados a las recomendaciones de los expertos en nutrición (Jiménez-Colmenero, 2007).

En este marco se sitúan los alimentos funcionales, específicamente destinados a la mejora de la salud y a la prevención de enfermedades. Según Palou y col. (2003), un alimento puede considerarse funcional si como tal se ha demostrado suficientemente que afecta beneficiosamente (más allá de proporcionar nutrición adecuada desde el punto de vista

tradicional) a una o varias funciones relevantes del organismo, de manera que proporciona un mejor estado de salud y bienestar y/o reduce el riesgo de padecer una enfermedad. La ciencia de la alimentación funcional tiene pues, por objeto, identificar las interacciones beneficiosas entre un alimento concreto y una o más funciones del organismo. La aparición de estos alimentos ha supuesto un salto muy importante en la evolución de la manera de alimentarse en los países industrializados (Figura 2).

De entre todos los nutrientes que están presentes en los alimentos, son sin duda las grasas las que han sido objeto de una mayor atención, tanto por parte de los expertos en nutrición, como de los consumidores. En la actualidad el interés por la grasa alimentaria en los países desarrollados abarca no sólo la cantidad de grasa que se ingiere, sino que también preocupa, a pesar de la dificultad que entraña su conocimiento, la calidad de la grasa ingerida.

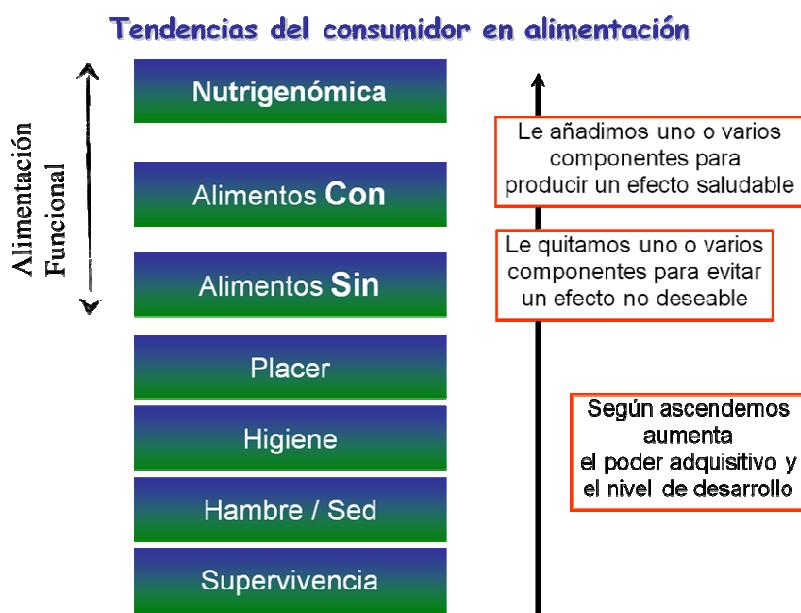


Figura 2. Tendencias históricas en la alimentación en los países industrializados.

2. LA GRASA EN LOS ALIMENTOS. PERSPECTIVA ACTUAL

El excesivo consumo de grasa, debido a su gran aporte energético, se relaciona con la gran prevalencia en las sociedades occidentales del sobrepeso y la obesidad, la gran epidemia nutricional del siglo XXI (Mataix y col., 2001a). En nuestro país, por ejemplo, las enfermedades cardiovasculares, tradicionalmente relacionadas con un consumo excesivo de grasa, ocupan el primer lugar entre las causas de muerte (Figura 3). Por dicho motivo, para gran parte de los consumidores, ajenos a conocimientos técnicos en el campo de la nutrición, la grasa de los alimentos tiene connotaciones negativas sobre la salud. Sin embargo, no debemos olvidar que la grasa, especialmente algunos ácidos grasos concretos, son nutrientes esenciales y por lo tanto, imprescindibles para la vida (Gil, 2010). Además de su función energética, la grasa presenta también una función plástica, incorporándose a los tejidos y órganos corporales y determinando la composición y funcionalidad de las membranas celulares (Garg y col., 2006).

Indicadores de Salud en España

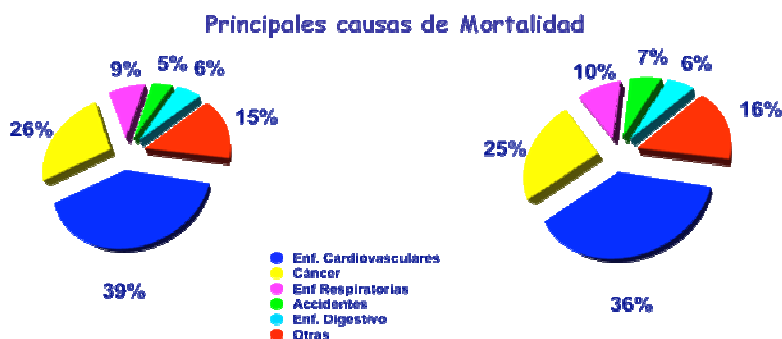


Figura 3. Principales causas de muerte en España. Fuente: AESAN.

Actualmente, existen recomendaciones dietéticas específicas para cada grupo de ácidos grasos, dado que los efectos beneficiosos (o potencialmente perjudiciales) que éstos pueden aportar al organismo, varían en función del grupo de ácidos grasos del que estemos hablando (AESAN; 2005; Mataix y col., 2001a). Para entender estas recomendaciones, es preciso que previamente aclaremos unos conceptos básicos sobre el papel que los ácidos grasos (especialmente en el caso de los ácidos grasos esenciales) desempeñan en nuestro organismo.

2.1. Ácidos grasos esenciales. Funciones y metabolismo

Los AGPI se agrupan fundamentalmente en tres familias o series: los pertenecientes a serie ω -3, de los cuales su precursor es el ácido α -linolénico, la serie ω -6, de los cuales el precursor es el ácido linoleico, y la serie omega-9 (ω -9), de los cuales el precursor es el ácido oleico. Aunque existen otras series de AGPI, como es la serie omega-7 (ω -7) o la serie omega-11 (ω -11), éstas son minoritarias dentro de la grasa de los alimentos y no alcanzan la importancia nutricional de las tres series citadas anteriormente. Estos ácidos grasos pueden ser sintetizados por las células vegetales a partir de AGS o AGMI, pero en el caso de los mamíferos, nuestras células sólo pueden introducir insaturaciones a

partir del carbono 9 en adelante y en dirección hacia el grupo carboxilo (Gil, 2010). Es decir, no pueden desaturar las posiciones $w-6$ y $w-3$. Por esta razón, para los mamíferos, el ácido linoleico y el α -linolénico son los únicos ácidos grasos considerados esenciales que, al no poder ser sintetizados dentro del organismo, deben estar en la dieta en cantidades y proporciones adecuadas. El ácido oleico no se considera esencial para los mamíferos, ya que puede ser sintetizado a partir del ácido esteárico (Mataix y col., 2001a).

A priori, cabría pensar que un aporte adecuado de los dos ácidos grasos esenciales, al ser precursores de sus correspondientes series, proporcionarían un aporte adecuado de la serie de ácidos grasos completa. No obstante, en la práctica esto no es así, ya que dentro del organismo existen interacciones entre los distintos nutrientes que provocan tanto aumentos como descensos en los requerimientos de cada uno de los ácidos grasos (Gil, 2010). Tampoco es infrecuente, especialmente en niños y en adultos de edad avanzada, que debido a un déficit en alguna de las enzimas que catalizan las correspondientes vías enzimáticas, no se asegura con el aporte de estos dos ácidos grasos ya mencionados la síntesis adecuada de los distintos miembros de las familias de ácidos grasos correspondientes (Koletzko y col., 2010).

A partir de los tres ácidos grasos mencionados, se originan, a través de sucesivos procesos de elongación y desaturación, las tres principales familias de AGPI (Figura 4). Estas transformaciones ocurren principalmente en una primera etapa en el retículo endotelial liso (microsomias), y más tarde en los peroxisomas citoplasmáticos. Estas transformaciones son realizadas por enzimas denominadas elongasas, las cuales aumentan el tamaño de la cadena hidrocarbonada, y desaturasas, las cuales introducen nuevos dobles enlaces. Las enzimas más relevantes desde el punto de vista metabólico en estos procesos son la $\Delta 5$ -desaturasa y la $\Delta 6$ -desaturasa, y en particular esta última. Su afinidad por los diferentes ácidos grasos es muy distinta, siendo mayor por el α -linolénico que por el ácido linoleico, y por este motivo, si el aporte nutricional de α -linolénico es muy elevado, no habrá suficiente enzima para producir los derivados de la familia $w-6$ de mayor insaturación. No

obstante, si tal y como suele suceder en los países occidentales, el aporte a través de la dieta de ácido linoleico es mucho mayor que el de α -linolénico, la transformación de éste último en sus derivados ω -3 será insuficiente (Gil, 2010).

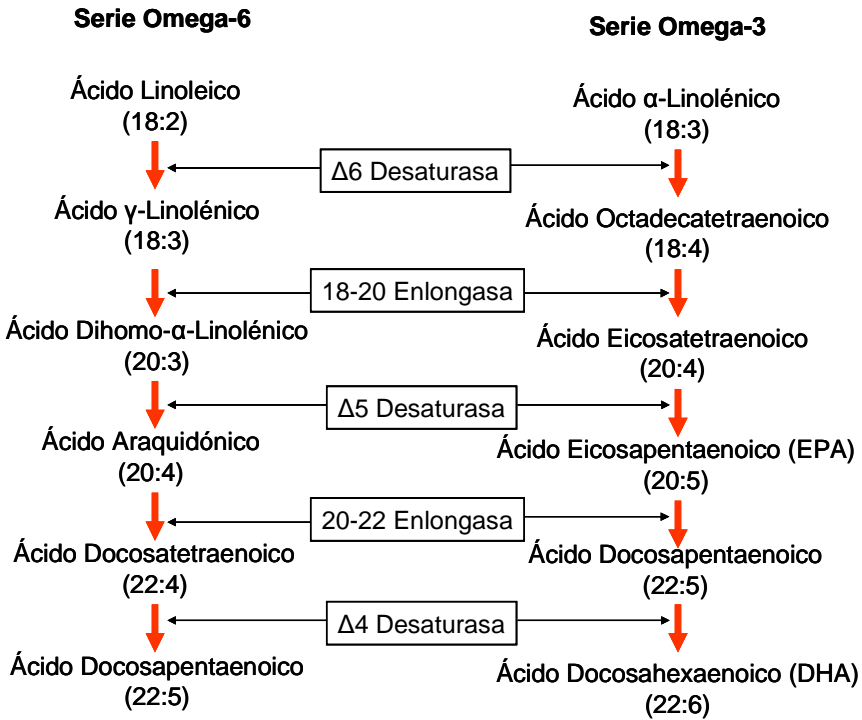


Figura 4. Rutas de la síntesis de los ácidos grasos ω -3 y ω -6.

Por otra parte, la afinidad de esta enzima por el ácido oleico es muy inferior a la apetencia por los ácidos α -linolénico y linoleico. Por este motivo sólo se van a producir sus compuestos de mayor número de carbonos y mayor insaturación cuando la concentración en la dieta de los ácidos α -linolénico y linoleico sea muy baja. Así, si la transformación de los ácidos α -linolénico y linoleico en sus respectivos ácidos grasos de cadena larga es inhibido totalmente, se formará a partir del ácido oleico una alta proporción de un ácido grasos de cadena larga de la serie ω -9, el ácido eicosatrienoico, como un efecto compensatorio a la carencia de ácidos grasos de cadena pertenecientes a la serie ω -3 y ω -6.

6. La presencia de este ácido graso puede tomarse, por lo tanto, como una clara señal de insuficiente aporte por la dieta de α -linolénico y linoleico en nuestra dieta (Valenzuela y Morgano, 1999).

Aproximadamente, el 95% del ácido linoleico que se aporta por la dieta es oxidado en las mitocondrias, con la finalidad de obtener energía, y sólo un pequeño porcentaje (5%) es transformado en ácido araquidónico, el principal producto metabólico de la serie ω -6. Esta transformación ocurre sobre todo en el hígado, desde donde es transportado hacia los tejidos periféricos, principalmente hacia el cerebro, órganos visuales y en caso de los hombres hacia los testículos (Gil, 2010).

El α -linolénico aportado por la dieta es también oxidado en su mayor parte (alrededor de un 85%), y el resto se transforma fundamentalmente en ácido docoxahexaenoico (DHA), su principal producto metabólico.

2.2. Fuentes dietéticas y disponibilidad de los ácidos grasos esenciales y sus derivados.

Los tejidos animales aportan grasas y aceites con una composición rica en AGS (principalmente esteárico) y ácidos grasos monoinsaturados (AGMI), pero muy pequeñas cantidades de AGPI. Por otra parte, los aceites vegetales aportan, sobre todo, ácido oleico y ácido linoleico, pero muy bajas cantidades de α -linolénico, de los cuales sus fuentes principales son, vegetales, frutos secos, y especialmente, los alimentos de origen marino entre los que destaca el pescado azul. Cabe señalar además que desde que a principios del siglo XX se introdujese el proceso de hidrogenación para lograr un mejor manejo y estabilidad de los aceites de origen vegetal y animal, se produjo una importante disminución en la cantidad de AGPI consumidos por el hombre, ya que éstos, por su mayor grado de insaturación, son los ácidos grasos más afectados por el proceso de hidrogenación (Mataix y col., 2001b). Este proceso de hidrogenación produce, además, isómeros *trans*, muy frecuentes hoy en día en nuestra dieta, y de los cuales más

recientemente conocimos sus negativos efectos sobre nuestra salud. Estos ácidos grasos *trans* son aterogénicos y modifican la formación de ácidos grasos de cadena larga derivados de los ácidos α -linolénico y linoleico, principalmente, mediante la inhibición de la enzima $\Delta 6$ -desaturasa (Valenzuela y Morgado, 1999).

Por otra parte, el bajo consumo de productos del mar en algunos países, especialmente en las regiones de interior, ha desequilibrado todavía más la relación entre los ácidos grasos ω -6 y ω -3, ya que, además del bajo consumo de ácido α -linolénico descrito antes, también se consume muy poco DHA y ácido eicosapentaenoico (EPA), presentes sobre todo en los productos de la pesca. Esta desproporción afecta mucho más al mundo occidental que al oriental, en el cual las tradiciones culinarias utilizan mucho más los productos del mar.

2.3. Importancia de los ácidos grasos poliinsaturados en la dieta.

Los AGPI, especialmente los pertenecientes a la serie ω -3, han sido objeto de un gran interés en los últimos años, a raíz del descubrimiento de que las poblaciones en las cuales su consumo (por medio del consumo de pescado) es muy abundante, registran las tasas de mortalidad debidas a enfermedades cardiovasculares más bajas del mundo.

Una dieta regular y rica en ácidos grasos ω -3 es recomendable para la población en general, pero existen determinados grupos poblacionales (como los niños y lactantes) y estados fisiológicos (como las personas con altos niveles de triglicéridos en sangre) para los cuales este aporte es más importante. No obstante, también debemos tener en cuenta que en algunos pescados azules, especialmente en los de escala trófica superior (túnidos, salmónidos, pez espada, etc), hay frecuentemente concentraciones elevadas de contaminantes como el metil-mercurio, que pueden afectar fundamentalmente al desarrollo cerebral y al crecimiento en la infancia, por lo que hay que limitar su consumo, especialmente en mujeres gestantes y niños (Gil-Campos y Dalmau-Serra, 2010). Por este motivo, una interesante alternativa para el consumo de estos alimentos

sería el consumo de alimentos enriquecidos en ácidos grasos ω -3, a través de los cuales podamos cubrir nuestras necesidades diarias sin necesidad de modificar nuestros hábitos alimenticios. El consumo de este tipo de alimentos es especialmente recomendable para las poblaciones que por sus hábitos o edad, presenten un mayor riesgo de aparición de enfermedades cardiovasculares.

El efecto más importante para la salud humana que se ha demostrado científicamente de los ácidos grasos ω -3 es su capacidad para disminuir la aparición de las arritmias coronarias, dado que estos ácidos grasos tienen la capacidad de estabilizar eléctricamente la contracción de las células musculares (miocitos) cardíacos. No obstante, también juegan un papel importante en la modificación de los mecanismos relacionados con la disfunción endotelial, inflamación, trombosis y la arteriosclerosis, además de reducir la presión arterial sistólica y diastólica. Así pues, puede afirmarse que los ácidos grasos ω -3 presentan un efecto antitrombótico, antiinflamatorio, vasodilatador y regulador de la tensión (Mataix y Gil, 2003, Mata y Ortega, 2003).

No obstante, el efecto más “mediático” que presentan estos ácidos grasos son su capacidad de reducir los niveles en sangre de colesterol LDL (colesterol “malo”), aumentar el colesterol HDL (colesterol “bueno”), y especialmente, de reducir la trigliceridemia. Se ha evidenciado que dosis de 3-4 g/ día de estos ácidos grasos consiguen reducciones de hasta un 45% en las concentraciones de triglicéridos circulantes (Mataix y col., 2003). En la Tabla 1 podemos observar un resumen de los principales efectos beneficiosos de los ácidos grasos ω -3, así como del ácido oleico.

Tabla 1. Efectos saludables de los ácidos grasos insaturados a nivel cardiovascular.

Ácidos grasos En especial	Monoinsaturados Oleico	Poliinsaturados Omega-3
Mejora perfil lipídico	X	X
Reducción en la oxidación de las LDL	X	
Reducción de la presión arterial	X	X
Aumento de la vasodilatación arterial	X	X
Disminución de la trombosis	X	X
Mejora del metabolismo de la glucosa	X	
Prevención de arritmia y muerte súbita		X

Fuente: Mataix y col., 2001.

Otros efectos menos conocidos, aunque no menos importantes de los ácidos grasos ω -3 son sus efectos antiinflamatorios. De este modo, estos ácidos grasos presentan efectos beneficios para pacientes fumadores, asmáticos, con neumonía y también en aquellos con enfermedad inflamatoria intestinal o artritis reumatoide, por poner sólo algunos ejemplos.

El consumo de ácidos grasos ω -3 durante el embarazo y la lactancia (Tabla 2) es fundamental para el correcto desarrollo neurológico y el crecimiento del recién nacido. Los ácidos grasos ω -3 reducen hasta en 2,6 veces el riesgo de hipertensión asociada al embarazo, mejoran las funciones posturales, motoras y sociales de los bebés prematuros y tienen un efecto positivo en el desarrollo mental del recién nacido. Por el contrario, se sabe que la deficiencia de estos ácidos grasos condiciona una alta mortalidad perinatal y puede provocar serias alteraciones en el neonato, tales como alteraciones en el crecimiento, cambios en el comportamiento y disminución de la agudeza visual. También en

algunos estudios se ha llegado a relacionar la carencia de estos ácidos grasos, conjuntamente con otros AGPI de cadena larga, en la dieta con una gestación más corta y menores perímetros cefálicos en el recién nacido (Mataix y Gil, 2003; Meyer y col., 2003).

Es también un hecho bien conocido que los AGPI, incluidos los ω -3 son constituyentes de los fosfolípidos de las membranas celulares y por lo tanto forman parte de las estructuras neuronales. En consecuencia, las necesidades de estos ácidos grasos por parte de la mujer embarazada y el feto (especialmente durante el primer trimestre de la gestación, que es cuando se desarrollan y diferencian las neuronas), así como de los niños lactantes, son muy elevadas. Además, el contenido de AGPI de cadena larga en los tejidos se asocia positivamente con el crecimiento, sugiriendo este hecho que estos ácidos grasos pueden actuar como promotor del mismo durante la vida postnatal temprana (Gil, 2010, Mataix y Gil., 2003). Dentro de los ácidos grasos de la serie ω -3, el que juega un papel más importante en estas fases tempranas de la vida es el DHA.

Existen estudios que demuestran que una dieta rica en ácidos grasos ω -3, especialmente en DHA, en los primeros meses de vida mejora la capacidad de aprendizaje, así como el desarrollo del sistema visual (Gil-Campos y Dalmau-Serra, 2010). Además, se conoce que un déficit de DHA durante la gestación y los primeros años de vida afecta de manera importante a la neurotransmisión, a la capacidad de unión con los sustratos de los enzimas de membrana, a la actividad de los canales iónicos, y a la expresión génica (Darios y col., 2006). Por otra parte, este ácido graso (y en menor medida también otros de la serie ω -3), parece modular la respuesta inmune, y por lo tanto se cree que tiene un papel protector en alergias y otras enfermedades inflamatorias (Gil-Campos y Dalmau-Serra, 2010).

Es también conocido que un déficit de DHA durante la infancia está asociada con la aparición de enfermedades peroximales, hiperactividad, déficit de atención, fenilcetonuria y fibrosis quística durante la infancia, y posteriormente, cuando la persona llega a la edad adulta, a un envejecimiento más rápido y a una mayor probabilidad de aparición de

la enfermedad de Alzheimer (Riediger y col., 2009). Por todos estos motivos, en los últimos años un comité de expertos ha concluido que, basados en las evidencias científicas, en la fórmula infantil se deben añadir entre el 0,2-0,5% de los ácidos grasos como DHA. También es conocido que la cantidad de EPA no debe superar la de DHA (Gil-Campos y Dalmau-Serra, 2010; Lien y Clandinin, 2009).

Teniendo en cuenta pues que introducción en la dieta de alimentos como el pescado no se produce normalmente hasta superar el primer año de vida, es muy importante prolongar la lactancia materna tanto tiempo como sea posible y/o asegurar un aporte suficiente de DHA a partir de fórmulas suplementadas, al menos hasta alcanzar los niveles de DHA que sería normal obtener a través de alimentos como el pescado (Gil-Campos y Dalmau-Serra, 2010; Sarjuro-Crespo y col., 2008).

Otro de los efectos beneficiosos que se le conocen a los AGPI, y especialmente a los pertenecientes a la serie ω -3, es su efecto en la prevención del cáncer, especialmente en el caso del cáncer de mama, colon y en el melanoma maligno cutáneo, ya que, en cierta medida, detienen o ralentizan el crecimiento de las células cancerígenas. Con respecto a este tema, existen además trabajos científicos que afirman que una ingesta adecuada de ácidos grasos ω -3 hace posible una reducción de la dosis, tiempo y ciclos de quimioterapia, lo cual, mejora sustancialmente la vida de los pacientes con cáncer (Gil, 2010).

Tabla 2. Principales efectos saludables de los ácidos grasos omega-3 en la gestación y el recién nacido.

Gestación	Recién nacido
Disminuye el riesgo de hipertensión	Favorece la maduración sensorial y neurodesarrollo
Esencial para el desarrollo neurológico del feto	Mejora el crecimiento
Esencial para el desarrollo del tejido nervioso del feto en el tercer trimestre	Mejora las funciones posturales, motoras y sociales
	Efectos positivos en el desarrollo mental
	Mejora la solución de problemas en niños con retraso en crecimiento
	Aumento del desarrollo de la agudeza visual

Fuente: Mataix y col., 2001

2.4. Importancia del ácido linoleico conjugado en la dieta

Se denomina ácido linoleico conjugado (CLA) a, de forma colectiva, una serie de isómeros producidos a partir del ácido linoleico, que son generadas principalmente por la microbiota del aparato digestivo de los rumiantes, como la bacteria *Butyrivibrio fibrisolvens*, a la que se le atribuye el mayor protagonismo en la producción de estos isómeros (Park y col., 2009) (Figura 5). Aunque es mucho menos importante cuantitativamente, existe otra vía metabólica para la síntesis de CLA. Esta puede ocurrir en el hígado y en la glándula mamaria de los mamíferos, en donde el ácido vaccénico puede ser desaturado en el carbono 9 por mediación enzimática, dando como resultado CLA (Figura 6).

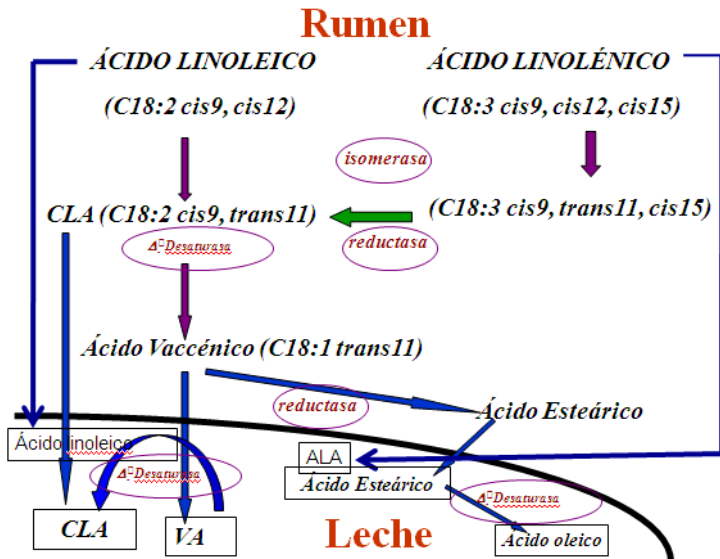


Figura 5. Esquema del metabolismo de los CLA en el rumen.

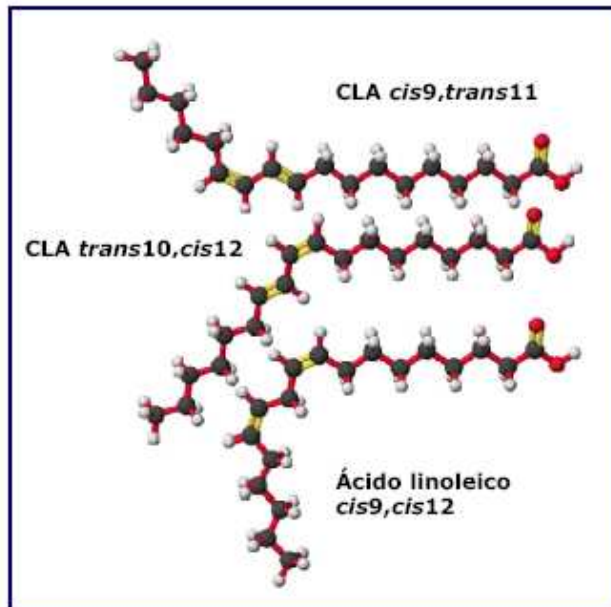


Figura 6. Estructura de diversos isómeros de CLA.

Estos isómeros son, por lo tanto, muy escasos en los aceites vegetales, mientras que son más abundantes en la carne, grasa y

especialmente en la leche de los rumiantes, donde puede llegar a alcanzar de manera natural hasta un 0,7% de los lípidos totales.

A pesar de ser un conjunto de ácidos grasos que presentan disposición *trans*, al contrario que lo normal en la mayor parte de los ácidos grasos que presentan esta disposición, no presenta efectos perjudiciales para la salud, sino todo lo contrario. Entre los efectos beneficiosos que se atribuyen a los CLA, el más importante es el efecto cardioprotector, que logra a través del riesgo de arritmias. Los CLA también inhiben el aumento de la presión vascular en condiciones de hipertensión, especialmente la presión sistólica, e inhibe la agregación plaquetaria, por lo que también se considera que tiene efecto trombótico.

Además de su efecto cardioprotector, al CLA también se le atribuyen otros efectos beneficiosos sobre la salud, como su efecto anticarcinogénico (Park y col., 1999), antiinflamatorio, y regulador de la respuesta inmune (Pariza, 2004). No obstante, en los últimos años ha sido fruto de una gran atención por parte de la comunidad científica su empleo para la reducción de la grasa corporal. Esta acción, de la cual el isómero *trans*10,*cis*12-CLA parece ser el mayor responsable (Park y col., 1999) se produce por la inhibición de las enzimas lipoproteín-lipasas de los adipocitos, por lo que se inhibe el paso de grasa hacia el interior de los adipocitos, mientras que por otra parte aumenta la lipólisis al aumentar el transporte de la grasa hacia las mitocondrias, donde son oxidadas. Por otra parte, los CLA también aumentan la actividad de las enzimas musculares carnitina palmitolin transferasa, las cuales median en el transporte de ácidos grasos de cadena larga a través de las membranas de los miocitos.

Debido a estas propiedades, estos isómeros han sido potenciados en aquellos alimentos donde de manera natural están en mayor cantidad (carne y leches), e incorporados como fortificantes a otro tipo de alimentos con el fin de lograr propiedades funcionales en los mismos. Existe actualmente cierto consenso en que es recomendable una ingesta diaria de estos isómeros en torno a 3 g/día, y que no es recomendable una dosis mayor de 7,2 g/día (Gaulhier y col., 2002). Estos ácidos grasos

son especialmente interesantes como complementos en tratamientos de la obesidad, ya que presentan la doble ventaja de que por una parte disminuyen el depósito de grasa en los tejidos adiposos mientras aumentan el tono muscular.

2.5. Efectos adversos de los ácidos grasos *trans*.

Los ácidos grasos *trans* (AGT) son ácidos grasos no saturados con al menos un doble enlace en configuración *trans*, que se caracteriza porque los átomos de hidrógeno de los carbonos adyacentes al doble enlace se encuentran en direcciones opuestas. Los más frecuentes son AGMI, pero también se pueden encontrar AGPI con configuración *trans*.

Estos ácidos grasos se originan de manera habitual procesos de biohidrogenación. Estos procesos pueden ocurrir de manera natural por la microbiota presente en los pre-estómagos de los rumiantes, pero fundamentalmente, su presencia en los alimentos es debida al procesado industrial de los alimentos, originándose fundamentalmente durante los procesos refinación, fritura, y especialmente, de hidrogenación catalítica (Griguol y col., 2007, Leal Orozco, 2010). Este proceso, desarrollado ya en los años 30, consiste en la introducción de gas hidrógeno en aceite vegetal líquido bajo ciertas condiciones de presión y temperatura, y mediante el uso de un metal catalítico. El proceso supone la modificación estructural de los dobles enlaces de AGMI y AGPI, y se aplicó con el fin de que los aceites vegetales pudieran transformarse en grasas sólidas a temperatura ambiente, como es el caso de la margarina (Valenzuela y Morgado, 1999).

A pesar de que algunos isómeros *trans* de ácidos grasos pueden tener efectos beneficiosos para la salud humana, como los CLA, la mayor parte de los ácidos grasos con configuración *trans* tienen efectos adversos para la salud, y deben ser evitados en nuestra dieta diaria. Entre estos efectos adversos, el más reconocido a nivel científico es la pérdida funcional de las propiedades de los ácidos grasos esenciales, ya que los AGT compiten con éstos e inhiben la actividad de la Δ -6-desaturasa. También es conocido que el consumo de éstos ácidos grasos trae consigo

un aumento en los niveles plasmáticos de LDL-colesterol, y de la relación LDL/HDL colesterol, en mayor medida incluso que el originado por el consumo de AGS. Otros efectos menos conocidos son que su consumo provoca incrementos en los niveles de Lipoproteína A (Stachowska y col., 2001), y aumenta el riesgo de desarrollar cálculos biliares (Tsai y col., 2005).

Los alimentos con mayor contenido en AGT originados de manera natural son la leche y derivados lácteos. No obstante, su contenido es prácticamente irrelevante si lo comparamos con el contenido en AGT en ciertos alimentos en los cuales estos ácidos grasos han sido originados por la acción de procedimientos industriales. Entre éstos, los que contienen una mayor proporción son los productos de panadería y pastelería industrial, que contienen hasta un 37% del total de ácidos grasos, las margarinas, que contienen hasta un 49%, y los aperitivos como las patatas fritas, que pueden contener un 25-40% de AGT sobre el total de ácidos grasos (AESAN, 2004; AESAN, 2006; Leal Orozco, 2010).

Recientemente, el panel de expertos de la AESAN (2004) emitió un informe en el cual se muestra que los efectos de los ácidos grasos *trans* sobre la salud cardiovascular son tan negativos, o más, que los de los AGS.

Históricamente, el consumo de AGT ha sufrido un incremento a lo largo de las últimas décadas, de forma paralela al consumo de margarinas, al desarrollo de la panadería industrial y al uso de aceites vegetales para freír. Actualmente, el consumo medio estimado en los países desarrollados es, aproximadamente, de 7-8 g/ persona y día, si bien se describen amplias variaciones según el área geográfica (Leal Orozco, 2010). En España la ingesta media se sitúa en torno a los 2,1 g/día (AESAN, 2010). Aunque no existe a día de hoy una recomendación específica para la población española, la OMS recomienda que el consumo de AGT no supere el 1% de la ingesta energética total, la Food and Drug Administration (FDA) recomienda una ingesta de AGT tan baja como sea posible y en Europa algunos

países como los nórdicos han recomendado que los AGT se limiten a una presencia máxima del 2% en aceites y alimentos procesados.

2.6. Perfil lipídico de la dieta. Recomendaciones actuales.

Como ya hemos mencionado anteriormente, hoy en día es un hecho aceptado que para conseguir una alimentación saludable, es tanto o más importante la calidad de la grasa que ingerimos a través de la dieta que su cantidad.

Hasta hace no mucho tiempo, la calidad de la grasa alimentaria se cuantificaba estableciendo una relación entre la cantidad de AGS y AGPI. Hoy en día se conoce que esta relación no aporta suficiente información, y si bien se sigue considerando adecuado un bajo consumo de AGS, se hace un mayor hincapié en lograr un correcto equilibrio entre las distintas familias de ácidos grasos insaturados, especialmente los pertenecientes a las series ω -3, ω -6 y ω -9.

Para conocer el potencial para causar problemas cardiovasculares, Ulbricht y Southgate (1991) fijaron un índice al que denominaron índice de aterogenicidad (Figura 7), el cual se define como la razón del contenido de los ácidos grasos capaces de aumentar los niveles de colesterol sérico (ácidos láurico, mirístico y palmítico) y los ácidos grasos de acción protectora (mono y poliinsaturados). Este índice es hoy en día muy utilizado por los profesionales de la medicina y la nutrición.

$$\text{I.A.} = \frac{\text{ácido láurico} + 4(\text{ácido mirístico}) + \text{ácido palmítico}}{\text{poliinsaturados } \omega\text{-3} + \text{poliinsaturados } \omega\text{-6} + \text{oleico} + \text{otros monoinsaturados}}$$

Figura 7. Fórmula de índice de aterogenicidad.

De este modo, la Sociedad Española de Nutrición Comunitaria (AESAN, 2006; SENC, 2001), ha establecido en sus guías alimentarias para la población española las siguientes recomendaciones:

- 1.- La grasa total debe ser aportada en un rango que oscile entre el 30-35% de la energía total de la dieta.
- 2.- Los AGS no deberán superar en ningún caso el 10% del valor calórico total de la dieta habitual, siendo aconsejable situar esos niveles, en último término, en aportes no superiores al 7-8%.
- 3.- El ácido graso que debe ser mayoritario en la dieta es el ácido oleico. Dado que la grasa total debe suponer el 30-35% de la energía total de la dieta, el citado ácido oleico debe representar la mitad o más de esa cantidad, lo que representaría entre un 15-20% del aporte calórico total de la dieta.
- 4.- Los AGPI (especialmente los pertenecientes a la serie ω -6) deben limitarse a un máximo de un 5% de la energía total de la dieta. De ese 5% la mayor parte debe corresponder al ácido linoleico.

A pesar de la dificultad de establecer las cantidades adecuadas de ácidos grasos ω -3, esta agencia recomienda un aporte de 2 g/ día como ácido linolénico, y 200 mg/ día como DHA. Además de estas recomendaciones, otras organizaciones han propuesto recomendaciones más específicas referentes a la relación entre los distintos tipos de ácidos grasos. De este modo, la OMS (2003), recomienda un ratio ω -6/ ω -3 de menos de 4:1 y un ratio AGPI/AGS mínimo de 0,4.

Para conseguir estos objetivos, y basándose en los hábitos alimentarios de la población española en general, la SENC y la AESAN en su programa PERSEO realizó una serie de recomendaciones alimentarias que hacen posible un aporte de ácidos grasos acorde a lo expuesto anteriormente (AESAN, 2007; Mataix, 2001). Estas recomendaciones son:

- 1.- Limitar el consumo de grasa láctea, bien consumiendo variedades descremadas o semidesnatadas, y reducir el consumo de mantequilla.
- 2.- Limitar o evitar el consumo de alimentos que contengan cantidades apreciables de AGT.
- 3.- En el caso de consumir margarinas, debe hacerse en pequeñas cantidades y seleccionando aquellas que contengan menores cantidades de AGPI en su composición final.

- 4.- El aceite de elección será preferentemente aceite de oliva, quedando como segunda opción los aceites de semillas como girasol, maíz o soja. Dentro de los distintos aceites de oliva, se recomiendan especialmente los de tipo virgen, por su mayor capacidad antioxidante.
- 5.- Limitar el consumo de grasas procedentes de animales terrestres, seleccionando preferentemente piezas magras. Es más recomendable cualitativamente la grasa procedente de aves y cerdo que la procedente de rumiantes.
- 6.- Limitar los embutidos a excepción del jamón, y evitar en la medida de lo posible la porción grasa del mismo.
- 7.- Limitar el consumo de productos de pastelería, bollería y heladería que contengan grasa saturada.
- 8.- Mantener o incrementar el consumo de grasa procedente de pescados, fuente natural de ácidos grasos ω -3.

Todas estas recomendaciones se establecieron conjuntamente con la recomendación de ejercicio diario moderado y una distribución adecuada entre las diferentes comidas del día, ya que desgraciadamente es habitual entre nuestra población que e realice un desayuno insuficiente, mientras que se ingiera demasiada carga calórica tanto en la comida como en la cena.

3. ALIMENTOS FUNCIONALES. CONTEXTO Y DEFINICIÓN

Los alimentos funcionales no constituyen una entidad única, bien definida y caracterizada, sino que existe una enorme variedad de productos alimenticios, que se incluyen o se incluirán en el futuro en la categoría de alimentos funcionales. Éstos abarcan diversos componentes, nutrientes y no nutrientes, que afectan a toda una gama de funciones corporales relacionadas con el bienestar y la salud, así como a la reducción del riesgo de aparición de ciertas enfermedades o a ambas cosas.

El término *funcional* nació en Japón a principios de los años 80, para incluir a una serie de alimentos cuyo consumo fue potenciado entre la población como estrategia para reducir los costes generados por el sistema público de salud. En 1991 se estableció una categoría de alimentos de uso específico para la salud (*Food for Specific Health Use, FOSHU*). Más tarde, en Europa, el primer documento de consenso sobre conceptos científicos en relación con los alimentos funcionales fue elaborado en 1999 por un grupo de expertos coordinados por el ILSI (International Life Sciences Institute). Tomando una definición actual, según Palou y col. (2003), **“un alimento puede considerarse funcional si como tal se ha demostrado suficientemente que afecta beneficiosamente (más allá de proporcionar nutrición adecuada desde el punto de vista tradicional) a una o varias funciones relevantes del organismo, de manera que proporciona un mejor**

estado de salud y bienestar y/o reduce el riesgo de padecer una enfermedad”.

Desde el punto de vista práctico, además de aquellos alimentos que por su especial composición pueden considerarse funcionales *per se*, un alimento funcional puede ser:

1. Un alimento en el que uno de sus componentes ha sido *mejorado* mediante condiciones especiales de cultivo.
2. Un alimento al que se le haya *añadido* un componente para que produzca beneficios sobre la salud del consumidor (por ejemplo, bacterias probióticas beneficiosas para la salud intestinal).
3. Un alimento del que se haya *eliminado* un componente para que produzca menos efectos adversos sobre la salud del consumidor (por ejemplo, disminución de AGS).
4. Un alimento en el que la naturaleza química de uno o más de sus componentes se haya *modificado* para que ejerza efectos beneficiosos para la salud (por ejemplo, hidrolizados proteicos adicionados en preparados para lactantes para reducir el riesgo de alergias).
5. Un alimento en el que la bio-disponibilidad de uno o más de sus componentes se ha *aumentado* para mejorar la asimilación del componente beneficioso.
6. Cualquier combinación de las posibilidades anteriores.

Es importante, por lo tanto, distinguir entre un *suplemento* alimenticio, un alimento *enriquecido*, y un alimento *funcional* (Figura 8). Un suplemento alimenticio no es un alimento en si, sino un ingrediente químico o biológico destinado a ser consumido de manera complementaria a la dieta para corregir desequilibrios puntuales, mientras que la diferencia fundamental entre un alimento enriquecido y uno funcional radican fundamentalmente en que, además de que un alimento pueda ser considerado como funcional por el hecho de haber sido enriquecido (lo cual se consigue mediante las acciones descritas en los puntos 1 y 2), también puede ser considerado como funcional por otros motivos diferentes.

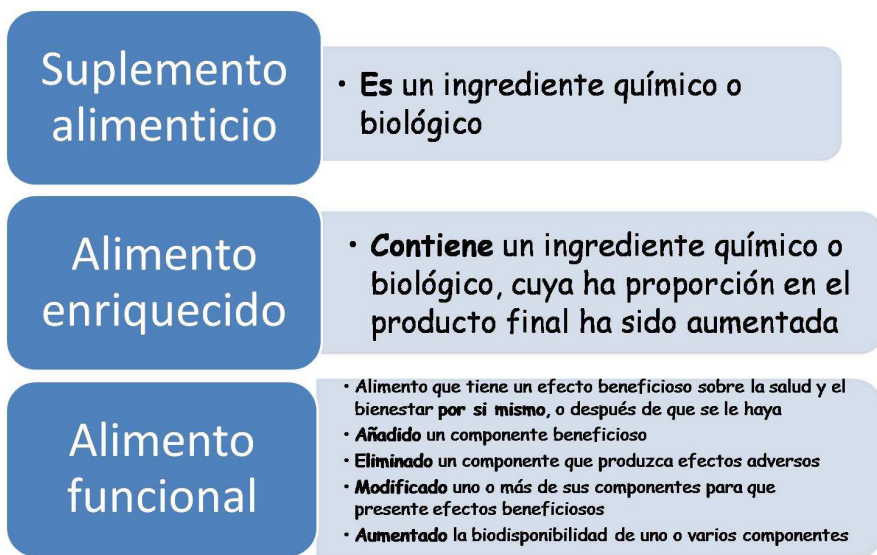


Figura 8. Diferencias entre suplemento alimenticio, alimento enriquecido y alimento funcional.

El hecho de recurrir a ciertos alimentos por sus efectos beneficiosos para la salud no es, ni mucho menos, un hecho novedoso. Ahora bien, la importancia que hoy se asigna a los temas de salud hace que el papel beneficioso o protector de algunos productos se haya revalorizado, aunque en muchos casos aún se necesitan datos científicos sólidos para confirmar que algunos de los efectos teóricos de ciertos alimentos sobre la salud, son reales.

Aunque la industria de los alimentos funcionales se encuentra todavía en desarrollo, hoy en día podemos encontrar en los mercados de los países desarrollados una gran variedad de alimentos con ingredientes funcionales (en España hay más de 200). Según su naturaleza química, la cual es muy diversa, se pueden distinguir al menos siete tipos de ingredientes funcionales: derivados de isoprenoides, sustancias fenólicas, ácidos grasos y lípidos estructurales, carbohidratos y derivados, compuestos con estructura de aminoácidos, microorganismos y minerales.

No obstante, desde el punto de la nutrición, quizás sea más adecuado establecer una clasificación de estos ingredientes atendiendo a

sus efectos beneficiosos sobre el organismo. En la Tabla 3 podemos ver un resumen de la funcionalidad reconocida a los diversos componentes alimentarios utilizados en la elaboración de alimentos funcionales (Gil, 2010).

Tabla 3. Componentes alimentarios con propiedades funcionales.

Componente	Efectos biológicos	Enfermedades/trastornos relacionados	Fuentes alimentarias
Proteínas			
Aminoácidos	Efecto sedante e hipnótico.	Regulación del sueño y del	Todo tipo de alimentos de origen animal y vegetal, pollo, pescado, quesos, huevos, legumbres, cereales
Triptófano	Mejoría de la memoria	estrés	
Tiramina	Recuperación de la fatiga		
Glutamina	mental		
Arginina	Estimulación del sistema		Fuentes proteicas, principalmente leche, leguminosas (soja, garbanzo, guisante), pescados, huevos
Cisteína	inmunitario		
Péptidos bioactivos	Ralentización del		
	envejecimiento	Hipertensión	
	Efecto antihipertensor.	Enfermedad cardiovascular	
	Opioides	Cáncer	
	Antimicrobianos	Enfermedad de Alzheimer	
	Inducción de la saciedad.		
	Antioxidantes		
	Antitrombóticos.		
	Inmunomoduladores		
	Hipocolesterolemiantes		
	Mejoría de la absorción de minerales		
Polisacáridos y oligosacáridos			

Fibra dietética Fibra soluble	Regulación de la motilidad intestinal Mejoría del tránsito intestinal Dilución de agentes carcinogénicos Aumento de la excreción de sales biliares Reducción del colesterol plasmático Regulación de los niveles de glucosa	Cáncer colorectal Estreñimiento/diverticulosis Enfermedad inflamatoria intestinal Hipercolesterolemia Diabetes Obesidad Hipertensión	Leguminosas, hortalizas, frutas, alimentos prebióticos
Lípidos			
Ácidos grasos omega-3	Disminución de los niveles de triglicéridos y LDL-C Reducción de la agregación plaquetaria Propiedades antiinflamatorias Posible efecto de control glucémico y de la resistencia a la insulina	Enfermedad cardiovascular Artritis reumatoide Arritmias cardíacas	Pescado graso, nueces
Ácido linoleico conjugado	Propiedades anticarcinogénicas Inhibidor de la lipogénesis Estimulación del sistema inmunitario	Cáncer Enfermedad cardiovascular	Carne de ternera, productos lácteos

Regulación del peso corporal			
Micronutrientes			
Se, Fe, Cu, Zn, Mn, Ca y ácido fólico	Cofactores enzimáticos Estimulación del sistema inmunitario	Enfermedad cardiovascular Cáncer Osteoporosis Anemia Defectos del tubo neural	En general, más abundantes en alimentos de origen animal
Carotenoides			
β -carotenos Licopeno	Precusores de vitamina A (β -caroteno) Protección epitelial Protección frente a radicales libres (antioxidantes) Propiedades anticarcinogénesis	Aterogénesis Cáncer	Cítricos, zanahoria, calabaza, tomate fresco y procesado (salsa de tomate)
Tocotrienoles y tocoferoles			
Vitamina A	Protección frente a radicales libres (antioxidante) Ralentización del crecimiento Estimulación del sistema inmunitario	Cáncer	Aceites vegetales, cereales de grano entero, vegetales
Vitamina C	Protección frente a radicales libres (antioxidante) Ralentización del envejecimiento	Cáncer	Cítricos, kiwi, brócoli, espárragos

	Estimulación del sistema inmunitario		
Polifenoles			
Flavonoides	Antioxidantes	Cáncer	Vino tinto, arándanos, cerezas, té, cerveza, soja, alfalfa, trébol, naranja, pomelo, cebolla, manzana, brócoli, fresas, uva, propóleo, jalea real, miel, pimiento rojo
Antocianinas	hipocolesterolemiantes	Aterosclerosis	
Catequinas	Propiedades anticarcinogénicas	Enfermedad coronaria	
Isoflavonas	Efectos sobre la hemostasis	Osteoporosis	
Hesperidina, naringina, Quercetina	Efectos sobre el ácido nítrico	Artritis reumatoide	
Otros	Actividad estrogénica (algunas isoflavonas)		
Ácido elágico	Antiinflamatorios		
Resveratrol	Actividad antibacteriana		
Capsacina	Vasodilatación		
Probióticos			
	Mejoría de la digestibilidad de la lactosa	Intolerancia a la lactosa	Productos fermentados con lactobacilos y bifidobacterias
	Aumento en la absorción de calcio	Estreñimiento/diarrea	
	Modulación del sistema inmunitario	Gastroenteritis	
	Regulación del equilibrio de la microbiota intestinal	Cáncer	
Glucosinolatos			
Isotiocianatos	Estimulación de la destoxicación celular	Cáncer	Crucíferas (repollo, brócoli, rábano)

Compuestos alilsulfurosos	Interfieren en el metabolismo de nitrosaminas Mejoran la inmunocompetencia Reparación del DNA dañado Actividad antiproliferativa por inducción de apoptosis Efectos antimicrobianos Mejoría de la función mental	Cáncer Enfermedad coronaria	Ajo, cebolla, puerro
Otros			
Cafeína	Estimulación del sistema nervioso central		Café, té

Fuente: Gil, 2010.

Los alimentos funcionales se han desarrollado en casi todas las categorías alimentarias, pero los segmentos en que más presencia tienen son los productos lácteos, las bebidas refrescantes, los zumos, los productos de pastelería y los de la alimentación infantil (Lamarche, 2008). Actualmente, también se está haciendo un gran esfuerzo por parte de la industria cárnica para poner en el mercado una amplia variedad de preparados de carne y productos cárnicos con propiedades funcionales que ayuden a mejorar la negativa imagen que de estos productos se tiene desde el punto de vista nutricional (Jiménez-Colmero, 2007).

3.1. Legislación relativa a los alimentos funcionales y su publicidad

Tras una época en la cual cierto vacío legal permitía que en el etiquetado y la publicidad de muchos alimentos se incluyesen menciones que resultaban cuando menos dudosas (Figura 9), en la última década por parte de la UE se ha llevado a cabo una intensa actividad legislativa para regular este tipo de alimentos y sus declaraciones, tanto en lo referente a las declaraciones nutricionales como en lo referente a las declaraciones de salud.



Figura 9. Ejemplos de declaraciones nutricionales “confusas”.

Tras la aparición de estas normas, las declaraciones nutricionales y de propiedades saludables que pueden utilizarse en el etiquetado, la presentación y la publicidad de alimentos comercializados en la Unión Europea quedan condicionadas al cumplimiento de una estricta normativa, cuyas condiciones generales son (art 5 del Reglamento 1924/2006):

1. Solamente se autorizará el uso de declaraciones nutricionales y de propiedades saludables si se cumplen las siguientes condiciones:

a) se ha demostrado que la presencia, ausencia o contenido reducido, en un alimento o una categoría de alimentos, de un nutriente u otra sustancia respecto del cual se efectúa la declaración posee un efecto nutricional o fisiológico benéfico, establecido mediante pruebas científicas generalmente aceptadas;

b) el nutriente u otra sustancia acerca del cual se efectúa la declaración:

i) está contenido en el producto final en una cantidad significativa tal como se define en la legislación comunitaria o, en los casos en que no existan normas al respecto, en una cantidad que produzca el efecto nutricional o fisiológico declarado, establecido mediante pruebas científicas generalmente aceptadas; o

ii) no está presente o está presente en una cantidad reducida que produzca el efecto nutricional o fisiológico declarado, establecido mediante pruebas científicas generalmente aceptadas;

c) cuando sea pertinente, el nutriente u otra sustancia sobre el cual se efectúa la declaración se encuentra en una forma asimilable por el organismo;

d) la cantidad del producto que cabe razonablemente esperar que se consuma proporciona una cantidad significativa del nutriente u otra sustancia a que hace referencia la declaración, tal como se define en la legislación comunitaria o, en los casos en que no existan normas al respecto, una cantidad significativa que produzca el efecto nutricional o fisiológico declarado, establecido mediante pruebas científicas generalmente aceptadas;

e) se reúnen las condiciones específicas establecidas en el capítulo III (declaraciones nutricionales) o el capítulo IV (declaraciones de propiedades saludables), según corresponda.

2. Solamente se autorizará el uso de declaraciones nutricionales y de propiedades saludables si cabe esperar que el consumidor medio comprenda los efectos benéficos tal como se expresan en la declaración.

3. Las declaraciones nutricionales y de propiedades saludables harán referencia a los alimentos listos para su consumo de conformidad con las instrucciones del fabricante.

Teniendo en cuenta las definiciones de alimentos funcionales vistas anteriormente, un alimento puede considerarse funcional además de incluir determinadas propiedades nutricionales, tiene que haber sido demostrado científicamente un efecto beneficioso para la salud humana, por lo que debemos considerar como productos funcionales aquellos que favorecen una función concreta o reducen el riesgo de aparición de una enfermedad determinada (Figura 10).

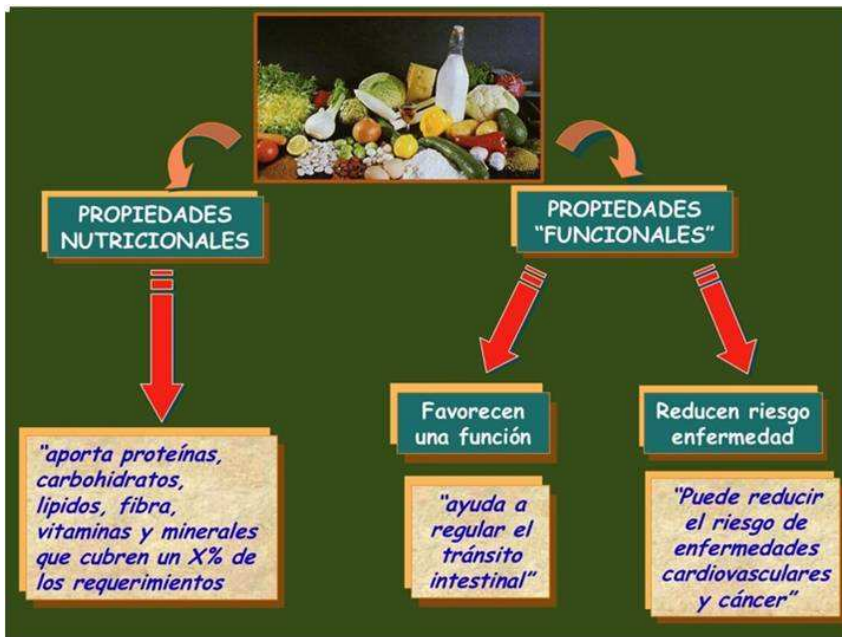


Figura 10. Diferenciación entre propiedades nutricionales y propiedades funcionales de los alimentos.

Las normas más importantes reguladoras de esta materia, son, por orden de aparición:

La Directiva 2000/13/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, del 20 de marzo de 2000, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros en materia de etiquetado, presentación y publicidad de los productos alimenticios, prohíbe de forma general el uso de información que pueda inducir a error al comprador o que atribuya virtudes medicinales a los alimentos.

La Directiva anterior se completó posteriormente con el Reglamento 1924/2006, del 20 de diciembre de 2006, el cual hace referencia a las declaraciones nutricionales y de propiedades saludables en los alimentos, y con el Reglamento 116/2010, del 9 de febrero de 2010, por el que modifica el Reglamento anterior en lo relativo a la lista de declaraciones nutricionales. Este Reglamento afecta por tanto, a las declaraciones nutricionales y de propiedades saludables efectuadas en las

comunicaciones comerciales, incluidas campañas publicitarias y de promoción.

No obstante, fruto de la ya mencionada intensa actividad legislativa de la UE sobre esta materia, este Reglamento ya ha sufrido modificaciones posteriores, las cuales se recogen en las siguientes normas, ordenadas por orden cronológico de aparición:

Reglamento 109/2008 del Parlamento Europeo y su Consejo del 15 de Enero de 2008, por el que se modifica el Reglamento 1924/2006 relativo a las declaraciones nutricionales y de propiedades saludables en los alimentos.

Reglamento 107/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo de 15 de enero de 2008, por el que se modifica el Reglamento 1924/2006 relativo a las declaraciones nutricionales y de propiedades saludables en los alimentos por lo que se refiere a las competencias de ejecución atribuidas a la Comisión.

Reglamento 983/2009 de la Comisión, del 21 de Octubre de 2009, sobre la autorización o la denegación de autorización de determinadas declaraciones de propiedades saludables en los alimentos relativas a la reducción del riesgo de enfermedad y el desarrollo y la salud de los niños.

Reglamento 116/2010 de la Comisión, de 9 de febrero de 2010, por el que se modifica el Reglamento 1924/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo en lo relativo a la lista de declaraciones nutricionales.

Reglamento 276/2010 de la Comisión, de 2 de mayo de 2010, por el que se modifica el Reglamento (CE) 983/2009, sobre la autorización o la denegación de autorización de determinadas declaraciones de propiedades saludables en los alimentos relativas a la reducción del riesgo de enfermedad y el desarrollo y la salud de los niños.

Como consecuencia de estas normas europeas, actualmente solo son admitidas en el etiquetado y publicidad de los alimentos que se comercializan en la UE una serie de declaraciones nutricionales y declaraciones de propiedades saludables, las cuales se establecen en los siguientes apartados.

3.2. Declaraciones nutricionales y de propiedades saludables de los alimentos.

Solamente se autorizará el uso de declaraciones nutricionales y de propiedades saludables si se cumplen las siguientes condiciones (art. 5 del Reglamento 1924/2006 y modificaciones posteriores):

- Se ha demostrado científicamente el efecto beneficioso.
- Está en el producto final en cantidad suficiente.
- Está en una forma asimilable por el organismo.
- La cantidad que razonablemente cabe esperar que se consuma proporciona una cantidad significativa de la sustancia activa.
- Cabe esperar que el consumidor medio “*comprenda*” los efectos beneficiosos tal como se expresan en la declaración

Según lo establecido en las normas europeas ya mencionadas (fundamentalmente en el Reglamento 1924/2006), las únicas declaraciones nutricionales admitidas en el etiquetado y publicidad de los alimentos que se comercializan en la Unión son los siguientes:

Bajo Valor energético

Valor energético reducido

Sin aporte energético

Bajo contenido en grasa

Sin grasa

Bajo contenido de grasas saturadas

Sin grasas saturadas

Bajo contenido en azúcares

Sin azúcares

Sin azúcares añadidos

Bajo contenido de sodio/sal

Muy bajo contenido de sodio/sal

Sin sodio o Sin sal

Fuente de fibra

Alto contenido de fibra
Fuente de proteínas
Alto contenido de proteínas
Fuente de vitaminas y/o minerales
Alto contenido de vitaminas y/o minerales
Contiene...
Mayor contenido de...
Contenido reducido de...
Light/Lite/Ligero
Naturalmente/Natural

Cuando un alimento reúna de forma natural la condición o las condiciones establecidas en el presente Anexo para el uso de una declaración nutricional, podrá utilizarse el término «naturalmente/natural» antepuesto a la declaración.

Además de estas declaraciones, fueron establecidas recientemente por el Reglamento 116/2010, las siguientes declaraciones nutricionales relativas a la calidad de la grasa del producto:

Fuente de ácidos grasos Omega-3
Alto contenido de ácidos grasos Omega-3
Alto contenido de grasas monoinsaturadas
Alto contenido de grasas poliinsaturadas
Alto contenido de grasas insaturadas

Por otra parte, se entiende por “declaración de propiedades saludables” cualquier declaración que afirme, sugiera o dé a entender que existe una relación entre una categoría de alimentos, un alimento o uno de sus constituyentes y la salud. En el art 13 del Reglamento 1924/2006 se regulan las declaraciones de propiedades saludables distintas de las relativas a la reducción del riesgo de enfermedad y al desarrollo y salud de los niños. Se incluyen aquí las que se refieren a:

-la función de un nutriente o de otra sustancia en el crecimiento, el desarrollo y las funciones corporales.

-las funciones psicológicas y comportamentales.

-Al adelgazamiento, control de peso, aumento de la sensación de saciedad o a la reducción del aporte energético de la dieta.

Por otra parte, las normas europeas ya mencionadas anteriormente establecen que sólo se permitirá el uso de las alegaciones de propiedades saludables científicamente probadas, después de ser evaluadas por la EFSA (European Food Safety Authority), y que ésta haya dado su aprobación expresa a las declaraciones propuestas por las empresas.

Se prohíben las alegaciones de salud que no sean claras, precisas y basadas en evidencias científicas. En estos casos la UE publicará una lista de los productos que incumplan la regulación, y en un plazo de 18 meses se aplicará la medida correctora correspondiente, en el caso de que los productos que contengan las alegaciones no conformes a las normas ya hayan sido comercializadas con la alegación o declaración en su etiquetado o publicidad.

Asimismo, el Reglamento 1924/2006 también establece que se autorizarán las alegaciones de salud específicas científicamente demostradas y no se permitirá el uso de términos amplios y ambiguos que hagan alusión a beneficios sobre el bienestar general, y establece un procedimiento regulado para las solicitudes de autorización.

Según lo descrito en este procedimiento, cada empresa debe solicitar a la autoridad nacional competente (en el caso de nuestro país la AESAN), la autorización de la declaración de propiedades saludables que quiera incluir en su producto (Figura 11). Esta autoridad nacional (AESAN), será la encargada de vehicular dicha solicitud a la EFSA tanto la solicitud presentada como la información complementaria presentada por el solicitante.

Una vez recibida la solicitud por parte de la EFSA, ésta, informará sin demora a la Comisión y a los otros estados miembros de la Unión toda la documentación recibida y a disposición del público un resumen de la misma.

Una vez evaluada la solicitud por parte de la EFSA, lo cual debe realizarse en un plazo de cinco meses, emitirá su dictamen, o bien requerirá al solicitante para que presente información adicional en el caso de que tenga dudas acerca del dictamen a emitir. El dictamen a emitir por parte de la EFSA, se emitirá en función de un metaanálisis de toda la información científica disponible hasta el momento de la recepción de la solicitud.

A fin de preparar su dictamen, la EFSA verificará que la redacción propuesta de la declaración de propiedades saludables se fundamenta en propiedades científicas, así como que se ajusta a todos los criterios explicados anteriormente acerca de que no debe resultar confusa, etc. Posteriormente, la EFSA remitirá la misma a la Comisión, a los otros estados miembros y al propio solicitante, un informe acerca de su decisión y la información en la que se basa dicho informe. Posteriormente la EFSA hará pública su decisión y el solicitante podrá realizar las alegaciones que considere oportunas.

Posteriormente, basado en ese dictamen y en la opinión de un comité especial designado al efecto, la Comisión será la encargada de informar al solicitante de su autorización y de publicar su decisión en el Diario Oficial de la Unión Europea (D.O.U.E.).

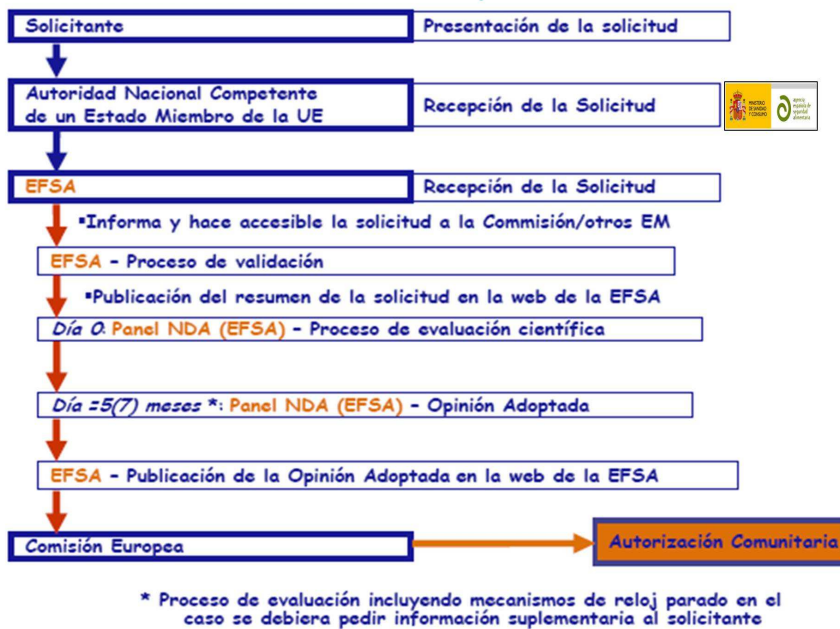


Figura 11: Esquema del proceso de solicitud, evaluación y autorización de las declaraciones de propiedades saludables (*health claims*).

3.3. Dieta atlántica: ¿alimentación funcional?

La dieta típica de los países europeos del arco atlántico (dieta atlántica) se caracteriza por incluir ingredientes presentes en materias primas de elevada calidad sensorial y alto valor nutritivo, típicos de estos países, en donde la alimentación se percibe por parte de la población como un acto festivo. No es extraño pues, que la práctica totalidad de las fiestas populares que se celebran en las regiones europeas del arco atlántico giren siempre en torno a la gastronomía.

Es un hecho conocido que la alimentación en los hogares españoles de las zonas atlánticas se caracteriza por una alimentación más rica en proteínas, especialmente las procedentes de carnes rojas, de ganado bovino que en los hogares de las regiones mediterráneas, en donde se consume una mayor cantidad de carnes magras como el pollo y el conejo. En el arco atlántico se consumen también más pescado, que es su alimento básico, huevos, productos lácteos y legumbres.

Curiosamente, también se consume una mayor cantidad de aceite de oliva, a pesar de no ser zonas tan típicamente productoras de este producto como el resto de España (Barroso y Grande, 2003).

Dada la especial composición de este tipo de dieta, en la que predominan productos que tiene naturaleza funcional per se, como el pescado y el aceite de oliva, podemos clasificar este tipo de dieta, al igual que la más conocida dieta mediterránea, como dietas funcionales. A raíz del II Congreso de la Internacional de la dieta atlántica (2006), se estableció por parte de un panel de expertos en nutrición el decálogo de la dieta atlántica. De modo resumido, los principios que rigen este especial tipo de dieta son:

- 1.- Consumo muy elevado de pescados y mariscos que constituyen la gran reserva actual natural del Atlántico. Se recomienda dentro de esta dieta, un consumo de estos alimentos 3-4 veces por semana.
- 2.- Consumir alimentos vegetales en abundancia: especialmente cereales, patatas y legumbres.
- 3.- Consumo elevado de frutas y hortalizas. Se recomienda entre las primeras una amplia variedad de las mismas, pro especialmente manzanas y cítricos. Entre las hortalizas, se recomienda especialmente el consumo de las del género *Brassica* (como los grelos), además de judías, pimientos, cebollas, zanahorias, guisantes y ajos. Estos alimentos constituyen un aporte fundamental de antioxidantes.
- 4.- Uso de aceite de oliva como principal grasa culinaria. Siempre que se utilice aceite crudo como aderezo debe utilizarse este aceite, debido a su alto contenido en ácido oleico, vitamina E y β -caroteno.
- 5.- Consumir diariamente productos lácteos, especialmente durante la infancia.
- 6.- El consumo de carnes debe hacerse con moderación. Es recomendable y habitual el consumo de carne conjuntamente con verduras, legumbres o patatas, como en el caso de los típicos “cocidos”.
- 7.- Ingerir abundantes líquidos, fundamentalmente agua. El vino debe consumirse en cantidades moderadas y siempre con las comidas.

Preferentemente se ha de consumir vinos similares a los producidos en el arco atlántico, que son de baja graduación alcohólica.

8.- Consumir comidas con tratamientos culinarios sencillos, a fin de mantener en la medida de lo posible la calidad de las materias primas, así como el valor nutritivo.

9.- Mantenimiento de la visión lúdica y festiva de la comida. Es importante que los comensales, además de llevar una dieta equilibrada, disfruten con esa dieta.

10.- Realizar actividad física todos los días, ya sea mediante la actividad profesional o mediante actividades de ocio.

3.4. El pescado como alimento funcional

El pescado (y también otros alimentos de origen marino como los crustáceos y las algas) es un alimento funcional *per se*, ya que está científicamente demostrado que en su composición natural presenta componentes que afectan beneficiosamente al organismo humano, proporcionando un mejor estado de salud y previniendo la aparición de ciertas enfermedades.

En España, actualmente, a pesar de que consumimos una mayor cantidad de pescado que en el resto de Europa (80 g/día en España *vs* 25 g/día en Europa), todavía estamos lejos de las cifras que se consumen en Japón (más de 100 g/día). Existen también ciertos colectivos como son las poblaciones esquimales de Groenlandia o del norte de Canadá, en las cuales este consumo puede sobrepasar los 250 g/día., lo cual también presenta serios inconvenientes nutricionales, ya que además de existir la posibilidad de vehicular hacia la población elementos tóxicos como el metil-mercurio, provoca un ratio $w-6/w-3$ demasiado bajo (se recomienda un ratio entre 0-4) (AESAN, 2006; Simopoulos y col., 1999).

Desde el punto de vista nutricional, el pescado presenta unas características que le aportan gran valor nutricional: fácil digestibilidad, alto valor proteico (su proteínas poseen mayor valor biológico que la de la carne, e incluso que la de la leche materna), riqueza en ciertos

minerales y vitaminas, y por supuesto, un perfil lipídico envidiable y muy rico en AGPI. Como inconvenientes, el pescado es un alimento con bajo poder saciante y que puede generar ciertas intolerancias y alergias (Cepeda, 2006).

No obstante, cabe señalar que la composición química y nutricional del pescado es altamente variable, ya que hay numerosos factores que afectan a la misma. Estos factores son tanto extrínsecos (variabilidad estacional, método de captura, alimentación, temperatura de las aguas, hábitat geográfico, etc), como intrínsecos (especie, tamaño, etc). Todos estos factores afectan de igual modo a la proporción y cantidad de ácidos grasos ω -3 presentes en su composición. De este modo, son factores que afectan a esta proporción la época del año en la que se pesca (en invierno suele ser menor), el tipo de agua en la que se crían los peces (los pescados marinos contienen mayor proporción que las especies de agua dulce), la temperatura del agua (las especies procedentes de aguas frías, como la caballa y el salmón, contienen mayor cantidad de ácidos grasos ω -3) o el tipo de alimentación del pez (las especies que se alimentan de plancton son más ricas en ω -3) (Grigorakis, 2007; Martínez y col., 2010b).

Además de las excelentes características de su grasa, es también un hecho conocido que el pescado es una rica fuente de oligoelementos tales como el zinc, fósforo, calcio, hierro, o el yodo (Aubourg y col., 2007). En el caso de este último oligoelemento, el pescado representa una fuente tan importante, que además de por las especiales características de su grasa, también podría considerarse un alimento funcional por su alto contenido en yodo.

Además del pescado, otra fuente interesante de AGPI que puede considerarse asimismo un alimento con propiedades funcionales son las algas marinas. Este tipo de alimentos tenía, debido a razones culturales, un consumo residual en nuestra sociedad hasta hace muy poco. Las algas marinas, al vivir permanentemente en un ambiente acuático, necesitan tener en sus membranas celulares una alta cantidad de estos ácidos grasos. Las algas sintetizan tanto EPA como DHA a partir de los hidratos de carbono, y actualmente, además de la utilización de algas

marinas tanto para consumo en fresco como tras su procesado por parte de la industria conservera, ya existen empresas que extraen el DHA de las algas para su posterior incorporación como fortificante a diversos alimentos enriquecidos (Cepeda 2006). Es importante indicar que en la naturaleza el DHA actúa como elemento anticongelante, razón por la cual este ácido graso es más abundante en las algas que habitan aguas frías.

A pesar de las indudables propiedades funcionales del pescado, y de que su consumo en nuestro país es notablemente superior al de los países de nuestro entorno (AESAN, 2006), existe una gran amenaza para la presencia en nuestra dieta de este importante alimento. Desafortunadamente, las capturas masivas de un recurso limitado como es el pescado, hace que la disponibilidad del mismo se haya reducido, a la vez que se ha producido un aumento de su precio que también lo sitúa fuera del alcance de una parte de la población que dispone de recursos económicos limitados. Este problema se está solventando en parte con una creciente producción por parte de la acuicultura, que entre otras ventajas, permite disponer de producto durante todo el año y a un precio accesible (Busetto, 2008). No obstante, dado que el hábitat y alimentación del pescado procedente de actividades extractivas y el procedente de la acuicultura difieren radicalmente, es imprescindible el estudiar las diferencias que el pescado procedente de la acuicultura puede presentar con respecto al pescado procedente de la pesca extractiva.

En este sentido, y dada la enorme importancia que en el sector acuícola y en general en la economía de nuestra comunidad autónoma tiene el rodaballo (*Psetta maxima*), recientemente en nuestro laboratorio hemos realizado un estudio comparativo destinado a conocer las similitudes y diferencias en la composición nutricional, perfil lipídico y composición en minerales entre el rodaballo salvaje y el procedente de la acuicultura (Martínez y col., 2010b).

Los resultados obtenidos mostraron que el rodaballo cultivado tiene una cantidad significativamente mayor de grasa total, colesterol, AGS y AGMI, mientras que tanto los contenidos en AGPI como los ácidos

grasos *n*-3 resultaron significativamente mayores en el caso del rodaballo salvaje.

Por lo que respecta al contenido en oligoelementos, tal y como ya previamente habían encontrado otros autores (Aubourg y col., 2007), la mayor parte de los minerales (excepto el Cr y Ni), se encuentran en mayores concentraciones en el rodaballo cultivado que en rodaballo salvaje. Los minerales que tienen límites establecidos por la UE debido a su especial toxicidad (Cd y Pb), en todos los casos se encontraron por debajo de los niveles máximos permitidos por la UE. Por otra parte, entre los minerales esenciales, el Zn y el Cu alcanzaron mayores concentraciones en el caso del rodaballo cultivado, lo cual es un factor muy a tener en cuenta ya que, al contrario de lo que ocurría en el caso de la grasa y de los ácidos grasos *w*-3, en el caso de los minerales, el pescado cultivado puede considerarse tanto o incluso más *funcional* que su homólogo procedente de la pesca extractiva.

Por todos estos motivos, aunque el pescado cultivado es una buena opción para complementar la dieta cuando se presenta escasez de pescado procedente de la pesca extractiva, o cuando se encuentra vedada la extracción del mismo, no debe considerarse como un sustituto “exacto” del pescado salvaje. En este sentido, como hemos podido comprobar para el caso del rodaballo, aún manteniendo ciertas propiedades funcionales, la composición nutricional del pescado procedente de la acuicultura es diferente a la composición nutricional del procedente de la pesca extractiva.

3.5. Obtención de alimentos funcionales de origen animal

Para producir ya sea carne, leche o sus derivados que puedan presentar propiedades funcionales, pueden llevarse a cabo diferentes tipos de actuaciones. De este modo, la reducción o potenciación de los distintos componentes de estos alimentos puede llevarse a cabo mediante acciones sobre el genoma de los animales, sobre la alimentación los mismos, o durante el proceso de elaboración de los productos derivados de la leche y la carne. Éste último mecanismo es el

único posible para adicionar sustancias de que manera natural no estén presentes en la leche o la carne, o para sustituir parcialmente por ingredientes con carácter funcional otras sustancias que sean propias de la composición del producto original (Jiménez-Colmenero, 2007).

Podemos por lo tanto distinguir las siguientes vías de obtención de alimentos funcionales de origen animal:

Actuación a nivel del genoma animal

La actuación sobre la genética animal es una actuación que se viene realizando desde que el hombre comenzó a realizar actividades ganaderas y tiene como objetivo conseguir un cambio que sea favorable desde una perspectiva económica y productiva. Actualmente este tipo de actuaciones ha cobrado una mayor importancia, ya que debido al gran avance experimentado por la genética, por la cual hoy en día el conocimiento de los genes que integran el ADN permite racionalizar la selección animal basándose en la utilización de marcadores. Así, se conocen ya regiones del genoma que contienen uno o varios genes con efectos significativos sobre parámetros cuantitativos de interés en la selección. Se han descrito asimismo *locis* que afectan tanto a la grasa dorsal e intramuscular, así como otros *locis* que afectan el contenido específico de determinados ácidos grasos de interés nutricional (Barroeta y Cortinas, 2004; Scollan y col., 2006). Por otra parte, la selección genética llevada a cabo en las vacas de razas lecheras es algo bien conocido y que ha conseguido, además de aumentar la producción láctea por animal de manera espectacular, modificar la composición química de la leche a lo largo de los últimos años.

Actuación a través de la nutrición animal

Otro tipo de actuación que tradicionalmente es complementario con la descrita en el apartado anterior es la modificación de la composición corporal de los animales de abasto a través de su dieta. Esta estrategia, particularmente en lo referente a la modificación de la

porción grasa, es especialmente efectiva en los animales monogástricos, ya que en ellos la grasa prácticamente no sufre modificación alguna durante su paso por el aparato digestivo. No obstante, como veremos más adelante, esta estrategia también es posible en el caso de los rumiantes, en los cuales para aumentar el contenido en ácidos grasos ω -3 en la leche o carne, se le añaden a su dieta estas grasas protegidas para que atraviesen el rumen y lleguen intactas al intestino (Barroeta y Cortinas, 2004).

Un ejemplo de este tipo de modificación es el empleo de dietas con un nivel óptimo de vitaminas, enfocado fundamentalmente a la alimentación de gallinas ponedoras y cerdos, que redundan en una mayor productividad de los animales y un mayor contenido en vitaminas ya sea de los huevos o de la carne (Barroeta y col., 2002).

Por otra parte, aunque los productos con alto contenido en CLA no han sido tan desarrollados en sector cárnico como en el sector lácteo, también se han hecho modificaciones en la alimentación animal orientados a conseguir carnes con mejores contenidos en CLA. Es un hecho conocido que la adaptación de los piensos y pastos puede incrementar el contenido en CLA de las carnes y de la leche. Así, en primavera y verano los pastos contienen más ácido linoleico que en otoño e invierno y como consecuencia, tanto la leche como la carne de los rumiantes obtenida en primavera y verano como norma general presentarán un mayor contenido en CLA.

Actuación sobre el proceso de elaboración

Esta estrategia va encaminada a disponer de materias primas cárnicas y lácteas de composición más conveniente, reformulación de productos para inducir ciertos cambios de composición, y adecuación de tecnologías de elaboración.

Para disponer de materias primas cárnicas más magras en la formulación de productos de bajo nivel en grasa, se han empleado diversos procedimientos. Dichos procesos van desde recortar la grasa manualmente, hasta métodos físico-químicos más complejos basados en

la reducción de tamaño de partícula de la carne, seguido por una fase de preparación. También existen procesos de extracción o separación propiamente dichos, utilizando en fenómenos de crioconcentración, centrifugación, etc (Jiménez-Colmenero, 1996).

Por otra parte, es habitual que la porción lipídica de la leche sea sometida a modificaciones durante el proceso de elaboración de la leche, ya sea para normalizar su contenido a los valores mínimos exigidos por la legislación, como para elaborar leches con contenidos modificados, como es el caso de las leches enriquecidas en ácidos grasos ω -3 o CLA, que veremos en profundidad más adelante.

En cualquiera de los casos, los pasos a seguir en el diseño de alimentos funcionales son los siguientes:

1. Selección de innovaciones prioritarias en forma de adición y/o supresión de ingredientes funcionales o componentes del alimento.
2. Formulación cualitativa/cuantitativa preliminar del alimento funcional, teniendo en cuenta las características deseadas.
3. Indagación sobre los efectos beneficiosos deseados, dosis recomendables, biodisponibilidad, sobredosis de seguridad y sistemas de aplicación apropiado al alimento y compatibilidad de los ingredientes con el alimento.
4. Evaluación organoléptica preliminar del alimento diseñado, para determinar el grado de aceptabilidad. En caso de ser necesario, hacer los ajustes pertinentes, utilizando colorantes, texturizantes o sustancias que enmascaran olores/sabores sin alterar la composición.
5. En caso de evaluación organoléptica positiva, realización del diseño a escala laboratorial del alimento funcional.
6. Estudio de la estabilidad de los componentes funcionales del alimento, en las condiciones normales de almacenamiento y consumo.

7. Estudio de la vida media útil del alimento funcional, para comprobar el tipo y nivel de degradación previsible o modificación de sus caracteres organolépticos en relación al producto base.
8. Planificación de un ensayo industrial confirmativo.
9. Análisis del contenido de ingredientes funcionales en el alimento y evaluación analítica periódica para comprobar la posible degradación de los mismos a lo largo de su vida útil.
10. Finalmente, la validación definitiva del diseño, comprobando la conformidad del alimento funcional a nivel organoléptico, físico-químico, microbiológico, de comportamiento (estabilidad y durabilidad) y de cumplimiento industrial (Gavilán, 2007).

3.6. Productos lácteos funcionales

La leche y los productos lácteos contienen, de forma natural, componentes biológicos activos con influencia directa y evaluable sobre la salud del consumidor. Durante las últimas décadas la comunidad científica ha basado sus esfuerzos en el estudio de los componentes activos aislados, lo que ha permitido determinar los beneficios concretos que proporcionan e incorporarlos en mayor proporción a nuevas formulaciones lácteas (Mataix y Gil, 2003).

Los productos lácteos funcionales que son normalmente leches o productos lácteos enriquecidas con componentes funcionales ya sean o no de origen lácteo, pero donde la base es láctea. Son también frecuentes las leches fermentadas funcionales, que contienen bacterias probióticas, y que en algunos casos se acompañan de carbohidratos prebióticos (Mataix y Gil, 2003; Meyer y col., 2003).

Entre los productos lácteos que presentan su composición alterada para favorecer sus propiedades nutricionales o que incorporan o potencian algún nutriente para presentar propiedades funcionales podemos destacar:

Leche y productos lácteos bajos en grasa

La leche baja en grasa (obtenida mediante el desnatado total o parcial de la leche) es un producto cuyo consumo ha seguido una tendencia creciente desde hace más de 10 años. Es además la base de preparación de otros productos como quesos, yogures, leches fermentadas, etc, también habitualmente es el tipo de leche que se utiliza para adicionarle componentes funcionales. La leche y los productos lácteos bajos en grasa presentan propiedades nutritivas semejantes a los productos elaborados a partir de leche entera, con excepción de la presencia de vitaminas liposolubles, que se pierden durante el proceso de desnatado.

Leches con perfiles lipídicos modificados

Quizás sean los productos lácteos funcionales que han alcanzado mayor notoriedad en el mercado. Hoy en día, muchas marcas comerciales cuentan en el mercado con leches enriquecidas en ácidos grasos ω -3, y en los últimos años han aparecido también varias leches con alto contenido o enriquecidas en CLA. Las leches enriquecidas en ácidos grasos ω -3 normalmente son elaboradas mediante procesos tecnológicos, a través de los cuales primero se elimina la fracción lipídica de la grasa y posteriormente se añade una mezcla de grasas balanceadas en las cuales los ácidos grasos ω -3 son aportados habitualmente por grasa procedente de pescado (Mataix y Gil, 2003). No obstante, dado el auge simultáneo que, paralelamente a los alimentos funcionales, están alcanzando en los países desarrollados los alimentos ecológicos, parece existir un elevado número de consumidores potenciales para productos que consigan enriquecidos en ácidos grasos ω -3 y que hayan sido obtenidos mediante procedimientos naturales (Rodríguez y Añorve, 2006). En el caso de las leches enriquecidas en CLA, dado que estos isómeros no existen en ningún otro alimento en una proporción mayor que en la grasa de los propios

rumiantes, lo habitual es mejorar el contenido de la leche mediante modificación de la dieta que ingieren los animales.

Leches enriquecidas en minerales y/o vitaminas

El caso más generalizado es el enriquecimiento de la leche con calcio, aunque también existen leches enriquecidas con otros minerales como magnesio, hierro o vitaminas A, D y E. Existen también en el mercado leches enriquecidas con vitaminas hidrosolubles del complejo B (B₆, B₉ y B₁₂), que están especialmente dirigidas hacia pacientes con niveles elevados de homocisteína en sangre.

Leche baja en lactosa

Está indicada para personas que presentan intolerancia a la lactosa, como consecuencia de los bajos niveles o ausencia de producción de lactasa por las células de la mucosa intestinal. En estas personas el consumo de leche produce síntomas digestivos, ya que la lactosa no es digerida en el intestino delgado y pasa al intestino grueso. Al ser allí fermentada por la flora intestinal produce hidrógeno y otros gases.

Preparados lácteos

Se denominan preparados lácteos aquellas formulaciones en las cuales se sustituyen constituyentes naturales de la leche por otros de diferente origen, por lo cual la legislación, en la mayor parte de los casos, no les permite que conserven el nombre “leche” en su denominación comercial. Entre este tipo de productos se incluye la leche modificada con AGPI, en la cual habitualmente la grasa de la leche se sustituye total o parcialmente por grasas tanto vegetales o procedentes del pescado (Mataix y Gil, 2003).

Caben destacar también, entre la amplia y variada oferta que existe, aquellos preparados lácteos con distintos contenidos probióticos,

prebióticos, con fibra soluble, con jalea real, fitoesteroles, vitaminas, minerales, antioxidantes, aceites esenciales, etc (Cepeda, 2006).

3.7. Productos cárnicos funcionales

Paralelamente al avance en el desarrollo económico de nuestro país, el consumo de carne per cápita ha aumentado desde niveles ínfimos en la época de la postguerra hasta niveles en torno a los 200 g por persona y día de nuestros días. Desde el punto de vista nutricional, la carne se caracteriza por ser una fuente de proteínas de elevado valor biológico (aproximadamente el 40% de los aminoácidos de la carne son esenciales), así como de minerales como el hierro y el zinc, y de vitaminas hidrosolubles, como la tiamina, retinol, niacina y las vitaminas B₆ y B₁₂ (Cepeda, 2006). No obstante, en lo referente a su composición grasa, es un alimento que presenta serias desventajas cuando su consumo es elevado, ya que más de la mitad de sus ácidos grasos son saturados (Scollan y col., 2006).

Por ello, desde los expertos en nutrición y autoridades sanitarias, se ha hecho un llamamiento a la población para que disminuyan el consumo en grasas procedentes de la carne (AESAN, 2006). Este hecho no ha pasado desapercibido por las empresas del sector, que para adaptarse a las nuevas necesidades de la población, han orientado su producción hacia un tipo de producto que potencian las cualidades positivas de las carnes y disminuyen las negativas. Fruto de este esfuerzo han salido al mercado una importante variedad de productos cárnicos funcionales (Jiménez-Colmenero, 2007).

En base a su composición, podemos diferenciar los siguientes tipos de productos cárnicos funcionales:

-Productos cárnicos con menor contenido energético. Este tipo de productos se logran habitualmente reduciendo su grasa, adicionar miméticos y/o sustitutos de las grasas, o bien simplemente elevando el contenido en agua.

-Productos con mejor calidad grasa. Este tipo de productos se consigue mediante la eliminación de la porción visible de la grasa propia de la carne, con alto contenido en AGS y colesterol, y añadiendo grasas vegetales y/o de origen marino, con alto contenido en AGMI y AGPI.

-Productos con diferente calidad aminoacídica. Este tipo de productos se elaboran añadiendo proteínas vegetales, como por ejemplo de soja, a fin de elevar el cociente arginina/lisina, que como ya hemos visto anteriormente, una ingesta proteica con un bajo cociente tiene efectos hipocolesterolemiantes.

-Productos enriquecidos en fibra. Aunque la carne y los productos cárnicos como tales no son una fuente habitual de fibra, hoy en día podemos encontrar en los mercados numerosos productos cárnicos que han sido enriquecidos con fibra, particularmente con fibra soluble y/o fermentable.

-Productos enriquecidos en micronutrientes: tanto con minerales como con determinadas vitaminas.

-Productos a los que se han adicionado fitoquímicos: normalmente se elaboran añadiendo al producto cárnico componentes vegetales que contienen los fitoquímicos, como fitoesteroles, polifenoles, etc.

3.8. Perspectivas futuras de los alimentos funcionales

Los alimentos funcionales suponen una gran oportunidad, tanto para la industria alimentaria como para el consumidor, para fomentar la salud a través de la alimentación, reduciendo el riesgo de contraer las enfermedades que por desgracia hoy en día presentan la mayor prevalencia en la sociedad occidental.

Para ello es indispensable contar con un fundamento científico sólido que demuestre los efectos beneficiosos que se sugieren, sin olvidar en ningún momento que los alimentos funcionales tienen que ser siempre alimentos, y no medicamentos, que sus efectos deben alcanzarse

mediante la ingestión de una cantidad de alimento que sea razonable esperar de una persona normal. Asimismo, es necesario determinar, las cantidades máximas de estos alimentos que no llevan asociadas ningún efecto adverso.

Por otra parte, las técnicas de biología molecular aplicadas tanto al estudio de los genes como a otros aspectos de la biología de un individuo están abriendo el abanico de posibilidades a la hora de estudiar las respuestas fisiológicas a los cambios en la dieta. Estos nuevos avances científicos permiten relacionar el perfil genético de los individuos con las diferentes respuestas a determinados factores fisiológicos. Se prevé que estas metodologías avanzarán en el conocimiento de las interacciones nutrientes-genes y en el de los mecanismos que median los efectos de los componentes alimentarios sobre funciones diana. Por lo tanto, a partir de estos avances científicos, se espera poder identificar nuevos marcadores, que puedan aplicarse en estudios nutricionales a gran escala que permitan demostrar definitivamente la eficacia de los alimentos funcionales, así como la biodisponibilidad de los nutrientes y componentes bioactivos incluidos en los alimentos.

Así pues, para poder eliminar totalmente toda la controversia que todavía existe hoy en día sobre la utilidad de los alimentos funcionales, es necesaria una gran labor de investigación. Estos estudios deberían ir enfocados no sólo a la acción particular de un determinado ingrediente, sino que deberían tener en cuenta otros factores como su importancia dietética global, la cantidad y la frecuencia de consumo, las posibles interacciones con otros constituyentes dietéticos, el impacto en las vías metabólicas y los posibles efectos adversos, como la alergia y/o la intolerancia.

Fruto de estas necesidades, a lo largo de estos últimos años una nueva ciencia emergente ha cobrado gran relevancia: se trata de la nutrigenómica.

La nutrigenómica está muy vinculada a la idea de “nutrición personalizada”, según la cual la dieta de una persona debe establecerse sobre la base de la información molecular de una persona, con la

finalidad de optimizar su salud y prevenir la aparición de enfermedades, o cuando menos, reducir la probabilidad de aparición. La nutrigenómica, por lo tanto, se ocupa principalmente de conocer la naturaleza interactiva de los genes, la dieta y los factores ambientales, y de cómo estas interacciones actúan sobre la salud del consumidor (Brown y Van der Ouderaa, 2005).

Por una parte, esta ciencia busca entender cómo las dietas y los componentes alimenticios afectan a la expresión génica, y como estos cambios, a su vez, influyen en la asimilación de los nutrientes y la salud. Por otro, se quiere entender cómo la variación genética modifica la respuesta fisiológica de una persona a la dieta, y cómo esto puede influir en los parámetros de salud o enfermedad (Van der Werf, 2001).

Las bases conceptuales de esta rama de la investigación genómica se pueden resumir en:

- Los distintos componentes de los alimentos actúan en el genoma humano, directa o indirectamente, alterando la expresión o la estructura genética.
- En ciertas circunstancias y en algunos individuos, la dieta es un factor de riesgo importante para la aparición de diversas enfermedades.
- Algunos genes regulados por la dieta y sus variantes comunes normales probablemente desempeñen un papel esencial en la aparición y curso de las enfermedades crónicas.

En los próximos años, el desarrollo de esta ciencia, junto con sus ciencias relacionadas, supondrá una gran revolución tanto para la industria alimentara como para los consumidores, y supondrá toda una revolución en nuestra manera de alimentarnos.

4. AVANCES RECIENTES EN EL DESARROLLO DE LA ALIMENTACIÓN FUNCIONAL EN GALICIA . EJEMPLOS.

Tal y como antes se mencionó en el apartado correspondiente a la Dieta atlántica, en nuestra Comunidad Autónoma (CCAA), al igual que en el resto de las regiones europeas del arco atlántico, existe un gusto marcado por los alimentos tradicionales, de alto valor nutricional y organoléptico, y con preparaciones culinarias sencillas. A pesar de ello, nuestra Comunidad Autónoma, no ha quedado al margen de las nuevas tendencias que actualmente predominan en el sector de la alimentación. De este modo, ya a finales de los 80 y principios de los 90 surgieron en Galicia propuestas innovadoras encaminadas que tenían como finalidad la elaboración de alimentos funcionales de origen animal. De este modo, en esta época se inició por parte de diferentes empresas alimentarias la comercialización de huevos y productos de la pesca enriquecidos en ácidos grasos ω -3, leches enriquecidas en ciertas vitaminas y/o minerales, y un buen número de alimentos con contenido calórico reducido.

Hoy en día, la aceptación por parte del consumidor y la demanda de este tipo de alimentos se ha incrementado sustancialmente, y como consecuencia, han surgido iniciativas por parte de empresas (como el caso de Clavo Congelados, S.A., Cabomar Congelados, etc), asociaciones (Asociación Gallega de la Carne) y cooperativas agrarias (Feiraco Sociedad Cooperativa Limitada) encaminadas a la elaboración de alimentos con

propiedades funcionales o al menos, con menor contenido calórico y un perfil lipídico más adecuado a las recomendaciones de los expertos en nutrición. Desde nuestro laboratorio de Higiene, Inspección y Control de Alimentos (LHICA-USC), se ha venido a cubrir un déficit que existía en nuestra Comunidad Autónoma en lo referente a la investigación en propiedades nutricionales de los alimentos, así como en la prestación de servicios relacionada con este campo de la ciencia a las empresas del sector. De este modo, en la última década, hemos ampliado nuestros campos de actuación tradicionales (la investigación de residuos de sustancias farmacológicas en alimentos de origen animal y la microbiología), y hemos comenzado a prestar servicios a empresas del sector agroalimentario, como el estudio de la composición nutricional de las materias primas y los alimentos elaborados, el impacto que los procesos de fabricación y cocinado tienen sobre la composición final de estos alimentos, y más recientemente, hemos iniciado algunos trabajos encaminados al desarrollo de alimentos con propiedades funcionales. Estas actividades han tenido una gran aceptación e interés por parte de las empresas alimentarias de nuestra Comunidad Autónoma, las cuales cada vez nos demandan una mayor base tecnológica y nos solicitan nuevos servicios. Como resultado de esta actividad, ya hemos conseguido publicar nuestros primeros trabajos de investigación en revistas científicas de reconocido prestigio internacional, en las cuales, como característica especialmente destacable y que deberíamos potenciar en el futuro, algunos miembros de estas empresas alimentarias se han implicado de manera notable en su elaboración. Entre estos trabajos, aunque no podemos citarlos todos, por estar algunos de ellos actualmente en fase de elaboración, cabe destacar los siguientes ejemplos:

4.1. Efectos de la pre-fritura industrial y del cocinado doméstico en la calidad nutricional de los alimentos

En las dos últimas décadas, los productos congelados empanados se han hecho muy populares en los países occidentales (Varela y col., 2008). Este tipo de productos normalmente se cocinan mediante fritura en inmersión, lo cual hace que el aceite empleado en la fritura penetre en el alimento (Ramirez y col., 2005; Varela y Ruiz-Rosso, 2000) y se convierta en un importante ingrediente del producto final (puede llegar a representar 1/3 en peso del producto final). De este modo, como consecuencia de esta penetración del aceite, los productos, sufren importantes modificaciones en su composición nutricional durante su proceso de cocinado doméstico (Weber y col., 2008).

Por este motivo hemos realizado el presente trabajo de investigación, en el cual hemos evaluado el impacto del tipo de aceite empleado en la pre-fritura industrial y el impacto del método empleado en el cocinado doméstico de este tipo de productos (Miranda y col., 2010). Para ello hemos empleado dos tipos de productos de gran consumo en nuestro país (empanadillas de atún y croquetas de jamón), los cuales se pre-frieron a nivel industrial en dos tipos de aceites. A continuación, cada uno de los grupos de productos pre-fritos, se dividieron en tres subgrupos los cuales se cocinaron mediante fritura por inmersión en aceite de oliva, fritura por inmersión en aceite de girasol y horneado, respectivamente. A todos estos productos se les determinó su composición nutricional su perfil lipídico y se realizó una prueba de aceptabilidad por el consumidor (Tabla 4).

Tabla 4. Aceptabilidad por parte del consumidor de empanadillas de atún (1) y croquetas de jamón (2) cocinadas mediante distintos métodos

Parámetro	POFO	POFG	POH	PGFO	PGFG	PGH
Apariencia (1)	5,2 ± 1,2	5,1 ± 1,1	4,9 ± 1,3	5,2 ± 0,9	5,3 ± 1,3	4,9 ± 1,3
Olor (1)	5,3 ± 1,5	5,0 ± 1,2	5,1 ± 1,1	5,1 ± 1,7	5,1 ± 0,9	5,0 ± 1,1
Sabor (1)	6,0 ± 1,2 ^a	5,2 ± 1,4 ^{a,b}	5,8 ± 1,3 ^{a,b}	5,9 ± 1,5 ^{a,b}	5,2 ± 1,3 ^{a,b}	4,7 ± 1,2 ^b
Sensación crujiente (1)	5,6 ± 1,2 ^a	5,4 ± 1,5 ^{a,b}	4,1 ± 0,9 ^b	5,4 ± 1,3 ^{a,b}	5,6 ± 1,2 ^{a,b}	4,2 ± 1,0 ^b
Aceptabilidad general (1)	5,5 ± 1,2	5,2 ± 1,2	5,2 ± 1,1	5,4 ± 1,3	5,2 ± 1,2	4,9 ± 1,2
Apariencia (2)	5,4 ± 1,2	5,3 ± 1,4	5,2 ± 1,1	5,4 ± 1,2	5,5 ± 1,4	5,1 ± 1,4
Olor (2)	5,5 ± 1,4	5,4 ± 1,3	5,4 ± 1,3	5,3 ± 1,6	5,2 ± 1,2	5,1 ± 1,2
Sabor (2)	6,0 ± 1,3	5,4 ± 1,1	5,8 ± 1,2	5,9 ± 1,3	5,0 ± 1,3	5,1 ± 1,3
Sensación crujiente (2)	5,9 ± 1,3 ²	5,8 ± 1,2 ^a	4,2 ± 1,2 ^b	5,6 ± 1,6 ^{a,b}	5,7 ± 1,2 ^a	4,1 ± 1,2 ^b
Aceptabilidad general (2)	5,8 ± 1,3	5,5 ± 1,2	5,2 ± 1,3	5,6 ± 1,3	5,2 ± 1,3	5,6 ± 1,4

POFO, pre-frito y frito en aceite de oliva, POFG, pre-frito en aceite de olive y frito en aceite de girasol; POH, pre-frito en aceite de olive y horneado; PGFO, pre-frito en aceite de girasol y frito en aceite de oliva; PGFG, pre-frito y frito en aceite de girasol; PGH, pre-frito en aceite de girasol y horneado, Los valores son medias ± desviación estándar (n=42), ^{a,b,c}Los valores en la misma fila con letras diferentes presentan diferencias estadísticamente significativas.

La composición nutricional de ambos tipos de productos reveló que durante el proceso de fritura la humedad de los productos desciende significativamente con respecto a los productos crudos. Posteriormente, este parámetro descendió con respecto a los pre-fritos en el caso de los productos fritos, mientras que en los productos horneados se mantuvo sin cambios significativos. Paralelamente y como consecuencia del descenso en el nivel de humedad durante los citados procesos, se produjo un aumento del contenido de otros parámetros en el alimento, tales como la proteína, grasa y cenizas, tal y como ya habían encontrado previamente otros autores como Weber y col. (2008) para pescados fritos y García-Arias y col. (2003) para pollo frito. Cabe señalar que este aumento observado en los distintos parámetros se produce como un efecto indirecto del descenso en humedad, en todos los casos excepto en el contenido en grasa, el cual, a diferencia de la proteína o las cenizas, aumenta significativamente si expresamos los datos en g/ 100 de muestra seca en lugar de g/100 g de muestra total. Dado que la grasa es el componente de mayor importancia dentro del alimento a la hora de determinar el contenido calórico del mismo, el aumento en la proporción de materia grasa en los alimentos pre-fritos con respecto a los crudos, y en los fritos con respecto a los pre-fritos, de manera indirecta provoca que el contenido calórico del alimento varíe en la misma dirección. En el caso de los productos horneados, no se observaron diferencias significativas ni en el contenido en grasa ni en el contenido calórico con respecto a los productos pre-fritos, lo cual resulta especialmente interesante desde el punto de vista nutricional.

Por lo que respecta al perfil lipídico de los productos, tal y como otros trabajos relacionados habían documentado previamente para los casos del lomo de cerdo (Haark y col., 2007; Ramírez y Cava, 2005), o pescado (Sioen y col., 2006), tanto los procesos de pre-fritura como de fritura conllevan un intercambio de ácidos grasos entre el producto cocinado y el aceite en el cual se fríen, por lo que al final, ambas grasas terminan presentando un perfil lipídico similar. De este modo, tras los procesos de pre-fritura y fritura, el perfil lipídico de los ácidos grasos resultó alterado y los productos resultantes presentaron un mayor

contenido de AGMI en el caso de los pre-fritos y/o fritos en aceite de oliva (en el cual el ácido oleico representa alrededor del 77% del total de ácidos grasos), y un mayor contenido en AGPI en el caso de los pre-fritos y/o fritos en aceite de girasol (en el cual el ácido linoleico representa alrededor del 60% del total de ácidos grasos). En todos los casos se observó además un claro descenso en la proporción de AGS con respecto a la composición de los productos crudos.

Es destacable el hecho de que el horneado no altera significativamente el perfil lipídico del producto pre-frito, por lo cual, aquellos productos pre-fritos en aceite de oliva y posteriormente cocinados en horno, resultan los más adecuados desde el punto de vista nutricional, ya que combinan el hecho de que presenten una mayor cantidad de grasa total, con el hecho de que dentro de ésta, el ácido graso predominante sea el oleico, el cual según las recomendaciones de la AESAN (2006) debe suponer entre el 15-20% del contenido calórico de la dieta.

Con respecto a la aceptabilidad por parte del consumidor, trabajos previos (Romero y col., 2001), obtuvieron como resultado un mayor gusto de los consumidores por los productos empanados fritos en aceite de oliva que por productos similares fritos en aceite de girasol. No obstante, en nuestro caso, sobre un total de 42 consumidores que participaron en el estudio, a nivel general no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la aceptabilidad de ambos tipos de productos (Tabla 4). Por otra parte, tal y como previamente habían encontrado Antonova y col. (2003), los consumidores si encontraron una peor sensación crujiente en los productos horneados que en los cocinados mediante fritura en inmersión.

En conclusión, el cocinado juega un papel más importante que la pre-fritura en el perfil lipídico, y por ende en la calidad nutricional de los productos precocinados empanados. La fritura en aceite de girasol incrementa notablemente el contenido en AGPI, pero también incrementa sustancialmente en contenido en ácidos grasos ω -6, y como consecuencia, el ratio ω -6/ ω -3. Este es un serio inconveniente nutricional que hace más recomendable el empleo de aceite de oliva

tanto en la pre-fritura del alimento como en su fritura. Además, el horneado, a diferencia de la fritura en inmersión, no aumenta significativamente el contenido graso ni calórico del producto final, por lo que es un método de cocinado que debe recomendarse, máximo teniendo en cuenta que la aceptabilidad general por parte del consumidor no disminuye con respecto a los productos fritos.

Resulta por lo tanto esencial que aquellas empresas que empleen en su proceso de fabricación aceites con mejores calidades nutricionales (tales como el aceite de oliva o el aceite de girasol alto oleico), adviertan a sus consumidores que dichos productos deben ser cocinados mediante fritura en el mismo aceite que se empleó en su fabricación, o mediante horneado. De lo contrario, los efectos beneficiosos para la salud de los consumidores que se persiguen mediante el empleo en la fabricación de los productos de este tipo de aceites, puede verse totalmente anulado por un cocinado casero inadecuado, además de representar un sobrecoste inútil (estos aceites son más caros) para la industria fabricante de los dichos productos.

4.2. Desarrollo de una leche natural enriquecida en ácidos grasos ω -3 y CLA mediante modificaciones en la alimentación y el manejo.

El desarrollo de leches y productos lácteos con propiedades funcionales que aporten un mayor contenido en CLA, así como en ácidos grasos de la serie ω -3 ha tenido un gran éxito comercial en la última década en nuestro país por sus reconocidos efectos beneficiosos para la salud.

Actualmente, la mayor parte de las leches enriquecidas en ácidos grasos ω -3 que podemos encontrar en los mercados son elaboradas mediante procesos tecnológicos, a través de los cuales primero se elimina la fracción lipídica de la leche y posteriormente se añade una mezcla de grasas balanceadas en las cuales los ácidos grasos ω -3 son aportados habitualmente por grasa procedente de pescado (Mataix y Gil, 2003). Estas leches suelen presentar una composición grasa similar cuantitativamente a la de una leche semidesnatada (1,9 g de grasa/ 100

ml de leche); donde el ácido oleico representa un 73,6% del total de ácidos grasos y el contenido en AGPI ω -3 se sitúa en torno a 30 mg/100 ml de leche, siendo el EPA y el DHA sus representantes predominantes. Por este motivo, consideramos que es de un gran interés desarrollar leches enriquecidas en ácidos grasos ω -3 y CLA, obtenidas a partir exclusivamente de la modificación de la dieta y el manejo de los animales. La leche enriquecida en estos ácidos grasos debe priorizar el aportar, dentro de su composición grasa, aquellos ácidos grasos predominantes en la leche materna (DHA), ya que son los más necesarios para el correcto desarrollo de las personas en las diferentes etapas de la vida. En el reino vegetal terrestre sólo algunas plantas como el lino pueden aportar ácidos grasos ω -3 en un alto contenido (sólo ácido linolénico) siendo el medio marino la fuente mayoritaria de ω -3, tanto en el reino animal (pescados, crustáceos y moluscos), como en el vegetal (microalgas y algas marinas).

Por todo ello, nos hemos planteado del desarrollo de una leche con alto contenido en ácidos grasos ω -3 modificando exclusivamente la dieta suministrada al ganado vacuno (Rodríguez y Añorve, 2006). Para este propósito, hemos incluido en la ración de las vacas lecheras en un primer ensayo aceite de lino, y en un segundo ensayo, aceite de hígado de bacalao con el fin de modificar la leche obtenida. Utilizando semilla de lino, en el cual el ácido α -linolénico representa el 33% del total de sus ácidos grasos, hemos suplementado el forraje que se administra a las vacas lecheras, y hemos comprobado su efecto sobre la leche. Sólo tras esta modificación de la dieta hemos conseguido aumentar la presencia de este ácido graso en la leche desde 10 mg/100 ml de leche hasta 40 mg/100 ml.

Además hemos comprobado que si evitamos los procesos de biohidrogenación por la actuación de la flora bacteriana del rumen sobre los AGPI, el rendimiento entre la cantidad de ácidos grasos ω -3 aportados en la dieta y los obtenidos en la leche mejora sustancialmente. Por este motivo hemos procedido a suministrar posteriormente el aceite de bacalao (rico especialmente en EPA y DHA), evitando el paso por el rumen mediante el efecto reflejo del cierre de la gotera esofágica,

Así pues con este trabajo se concluyó que:

-La leche natural producida por el ganado vacuno refleja, en cuanto a su composición en ácidos grasos la fuente de alimentación suministrada a dicho ganado. Una suplementación con semilla de lino, rica en ácido α -linolénico, provoca la aparición de un mayor contenido de dicho ácido graso en la leche.

-La administración de una emulsión rica en ω -3 (aceite de hígado de bacalao) evitando el rumen, es una vía adecuada para conseguir el paso de los AGPI n -3 (EPA y DHA) al plasma sanguíneo del ganado vacuno.

-La aparición de AGPI ω -3 en la leche, después de cierto tiempo de iniciado el tratamiento indica un trasvase de dichos ácidos grasos a la leche, dependiendo su contenido tanto cualitativo como cuantitativo, del estado fisiológico y nutricional de cada animal.

Paralelamente en la cooperativa Feiraco Sociedad Cooperativa Limitada se estaban llevando a cabo experiencias para obtener leche enriquecida en CLA, a partir de este momento los caminos se unen y se intercambian las experiencias. Por una parte Feiraco disponía de un ambicioso plan para el desarrollo de un producto innovador, una importante infraestructura para la fabricación de piensos y un importante número de explotaciones lecheras con los que poder probar sus formulaciones desarrolladas.

No obstante, la realización de este tipo de pruebas contaba con un problema importante: los métodos convencionales empleados para la determinación cromatográfica del perfil lipídico de la leche, son sumamente laboriosos, requieren una gran manipulación de la muestra, y en consecuencia presentan dos problemas importantes: por una parte, es difícil poder tener resultados en plazos inferiores a una semana, por lo que no se pueden realizar modificaciones de la ración a aportar a los animales sobre la marcha.

Por otra parte, esta elevada manipulación de la muestra, la expone a contaminaciones y provoca pérdidas de ácidos grasos, tanto por quedar pegados a las paredes del material que se emplea, como por sufrir,

debido a la lentitud del procesado, oxidación de los ácidos grasos, especialmente en el caso de los AGPI de cadena más larga.

Es en este punto donde aparece el LHICA-USC, que con anterioridad había desarrollado un método abreviado para el análisis del perfil lipídico de la leche (Martínez y col., 2010a), que permite la obtención de resultados en 48 horas, utilizando un volumen de muestra mínimo, y con un procesado mucho más sencillo que evita la pérdida de ácidos grasos, especialmente los de cadena más larga.

De este modo, nos incorporamos en los trabajos llevados a cabo en Feiraco para la elaboración de una leche enriquecida en CLA para la que desarrollamos y adaptamos nuestro novedoso método analítico, que permite que en un corto período de tiempo puedan cuantificarse los resultados de las modificaciones de la dieta animal y la consiguiente incorporación de CLA a la leche de vaca así como para evaluar el contenido de ω -3 vegetal transferido.

Para este objetivo, desde Feiraco se idearon varios tipos de raciones que imitaban la composición del pasto de primavera, en el cual algo más del 2 % de la sustancia seca es un aceite muy rico en ácidos grasos insaturados de los que el 70% es ácido α -linolénico. Para lograr esta especial composición, se utilizaron suplementos como aceite de colza, semilla de lino, o fuentes de ácidos grasos n-3 y ácido oleico en forma de sales. No sólo influye la composición de la ración, sino que se comprobó que el manejo de la misma resulta sumamente importante, consiguiéndose mejores resultados con las siguientes acciones:

- El adecuado tamaño de partícula acelera las fermentaciones y el tránsito ruminal y con ello reduce la hidrólisis y la subsiguiente biohidrogenación.

- Utilización de sustancias tampón como el bicarbonato.

- Incorporación de antioxidantes naturales como Vitamina E y Se para proteger los ácidos grasos de la oxidación, también una vez obtenida la leche.

- Incorporación de aceites esenciales con efectos selectivos sobre el crecimiento de los distintos microorganismos ruminales con la

finalidad de inhibir aquellos que hidrolizan las grasas y con ello facilitan la biohidrogenación,

En este sentido, el manejo animal fue clave para la obtención exitosa de dicho producto hoy en día reconocido por la fundación española del corazón y recibió en 2009 el premio europeo de innovación COGEGA por mejor estrategia y alto potencias de tecnología transferible (Figura 13).

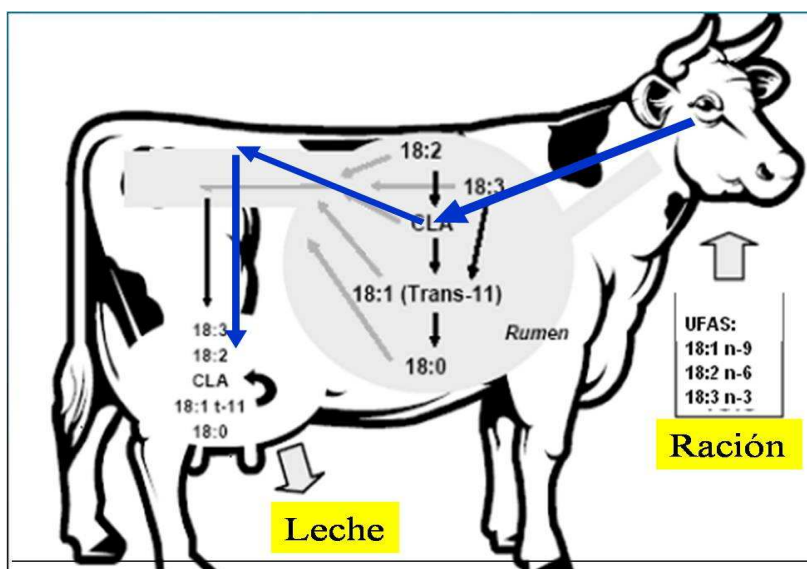


Figura 13. Esquema de la obtención de leche enriquecida en ácidos grasos ω -3 y CLA de manera natural.

Así el producto final es una leche ajustada a un 2,9% de grasa y que, respecto a la media de las leches envasadas comercializadas en España, contiene:

- 40% más de ácidos grasos insaturados
- 18% menos de AGS
- 4 veces más de CLA
- 4 veces más de ácidos grasos ω -3
- 2 veces más de ácido oleico
- Índice de aterogenicidad 35% menor

- Mejor ratio ω -6/ ω -3 (2,5)

En la actualidad, nuestro laboratorio sigue colaborando con Feiraco Sociedad Cooperativa Limitada con el objetivo de obtener un producto con un contenido mayor en cuanto a ácidos grasos ω -3 cuyo origen no sea exclusivamente vegetal, sino también marino, teniendo en cuenta las experiencias previas con el aceite de hígado de bacalao.

4.3. Un paso más: Aplicación de la tecnología farmacéutica para la liberación post-ruminal de ácidos grasos ω -3 de origen marino.

El objetivo que siempre nos mueve en esta línea es poner a disposición de los consumidores una leche enriquecida además de CLA en ω -3 tanto vegetal como de origen marino y que sea natural a diferencia de las que existen en el mercado las cuales confunde al consumidor transmitiendo idea de “leche” cuando en realidad son derivados lácteos obtenidos mediante la manipulación de la materia prima de partida. Por ello siempre hemos intentado que sea la propia vaca la que fabrique la leche modificada y enriquecida. Este hecho constituye un importante logro, ya que existe una amplia comunidad de potenciales consumidores que rechazan las leches enriquecidas debido a que su proceso de elaboración tradicional (desnatado y posterior suplementación con grasa de pescado) (Mataix y Gil, 2003) hace que adquieran la imagen de producto alejado de la idea de “alimento natural”, muy demandado hoy en día en nuestra sociedad.

El procedimiento de la incorporación del aceite de hígado de bacalao a la dieta animal no dejó de ser un mero ensayo científico imposible de aplicar a una explotación ganadera, ya que requiere la manipulación de todos los animales durante el proceso de alimentación. Por esta razón, este procedimiento parece inviable para ser aplicado a grandes explotaciones lecheras, en las que habitualmente hay una elevada cantidad de animales productores, al mismo tiempo que los procesos de automatización han logrado que el personal que requieren para su funcionamiento sea mínimo.

Por este motivo, junto con el Área de Tecnología Farmacéutica de la USC, hemos pretendido desarrollar un sistema que permita evitar los mencionados procesos de biohidrogenación en el rumen, y que al mismo tiempo sea compatible con un manejo mecanizado de las explotaciones lecheras. Para este objeto hemos desarrollado unos gránulos constituidos por ácidos grasos y celulosa microcristalina. Posteriormente, estos gránulos son recubiertos con una mezcla de talco y polímeros (Figura 14), que los hace insolubles al pH ruminal y solubles al pH del abomaso, en el cual se liberarán y serán absorbidos sin padecer los procesos de biohidrogenación que ocurren en el rumen. Para su liberación total en el abomaso se necesita un tiempo mínimo de 24 horas, mientras que al pH del rumen, las microcápsulas continúan siendo totalmente insolubles (Figura 15). Este trabajo se encuentra actualmente en trámite de ser patentado.

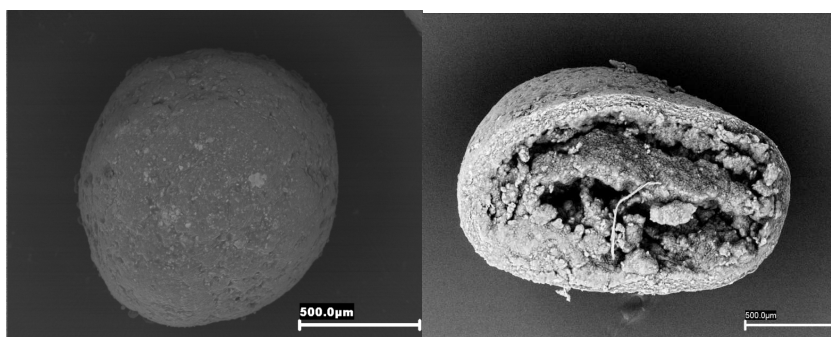


Figura 14. Imagen vista al microscopio electrónico de las microcápsulas desarrolladas.

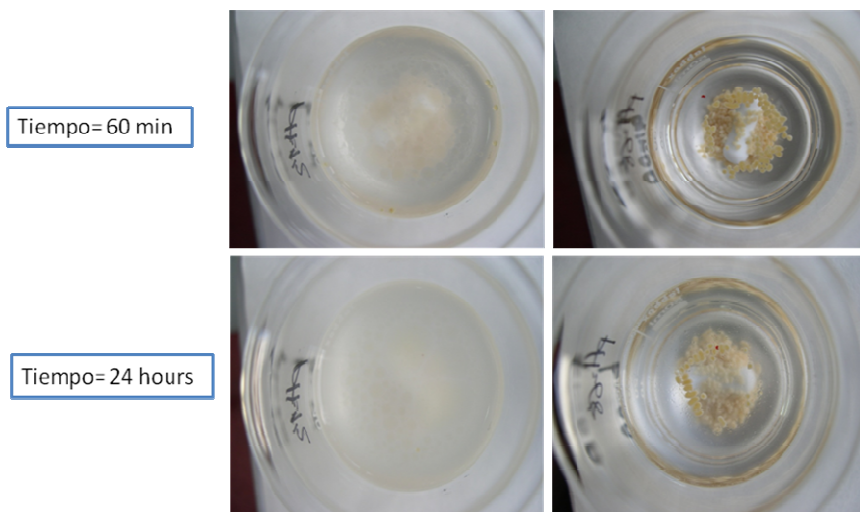


Figura 15. Estabilidad de las microcápsulas a pH abomasal (6,8) y ruminal (1,2) durante 60 minutos y 24 horas.

4.4. Desarrollo de una hamburguesa enriquecida en ácidos grasos ω -3 obtenida mediante procesos tecnológicos

Como uno de los alimentos consumidos de manera más habitual en nuestra dieta, la carne y los productos cárnicos son un vehículo especialmente adecuado para aportar a los consumidores lípidos sanos, y este hecho no es ajeno a la industria cárnica, la cual ha puesto en el mercado en los últimos años una amplia gama de productos cárnicos enriquecidos en lípidos sanos (Jiménez-Colmenero, 2007).

El método más utilizado para modificar la composición lipídica de la carne es a través de la modificación de la alimentación de los animales, con el uso estratégico de forrajes y grasa alimentaria (Givens y col., 2006; Scollan y col., 2006). No obstante, el uso de dietas especiales en el ganado es escaso, y la carne con un perfil de ácidos grasos modificados procedente de este tipo de animales es difícil de conseguir para la industria cárnica. Por este motivo, es importante para la industria el disponer de métodos tecnológicos que permitan fabricar carnes y productos derivados reforzados en ciertos nutrientes para

hacerlos más adecuados a las recomendaciones de los expertos en nutrición.

El objetivo de este trabajo es desarrollar, usando procedimientos tecnológicos, carne para hamburguesas con un menor contenido en grasa total, AGS y sodio que las hamburguesas convencionales, al mismo tiempo que unos ratios $w-6/w-3$ y AGPI/AGS más adecuados (Martínez y col., 2009). Para ello hemos utilizado los siguientes ingredientes (g/kg): carne de ternera (854,3); aceite de oliva pre-emulsionado (86); aceite de maíz pre-emulsionado (21,5); aceite de pescado desodorizado pre-emulsionado (21,5); KCl (4,5); NaCl (4,5); ajo en polvo (2,5); extracto de levadura (2); aroma de cebolla (1); pimienta negra (0,8); palmitato ascórbico (0,75), sulfito sódico (0,4) y α -tocoferol (0,25).

Una vez el producto ha sido desarrollado, analizamos su composición nutricional, perfil de ácidos grasos y aceptabilidad por parte del consumidor y los comparamos con los resultados obtenidos para las hamburguesas convencionales. Adicionalmente, determinamos el efecto del cocinado en el perfil lipídico del producto, así como la estabilidad de la grasa y el color superficial del nuevo producto (Figura 16).



Figura 16: Hamburguesa desarrollada tras almacenamiento en refrigeración en atmósfera modificada durante 8 días.

Tras la fabricación de la hamburguesa, hemos comparado su composición nutricional con la de hamburguesas de carne de vacuno convencionales tomadas en los distintos mercados de nuestra ciudad (hamburguesas controles). Los resultados los podemos observar en la Figura 17.

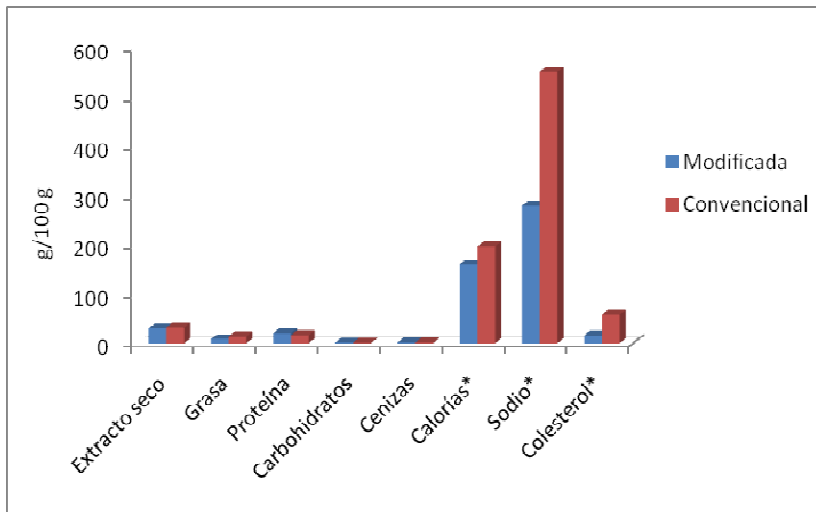


Figura 17. Composición nutricional de las hamburguesas modificadas (n=12) y convencionales (n=12) en estado crudo. *resultados expresados en Kcal/100g (calorías) y mg/100g (sodio y colesterol).

Como se puede observar, la hamburguesa modificada mostró una cantidad significativamente mayor de proteína y menor de grasa, calorías, sodio y colesterol con respecto a las hamburguesas convencionales. El mayor contenido proteico, así como el menor contenido en grasa y colesterol en la hamburguesa modificada está directamente relacionado con la eliminación de la grasa y tejido conjuntivo de la carne, mientras que la reducción en el contenido en sodio está relacionado con la sustitución parcial de NaCl por KCl. Dado que la grasa es el componente más importante que determina el contenido calórico de un alimento, la reducción en el contenido calórico de la hamburguesa modificada está relacionada directamente con el mencionado descenso en el contenido en grasa.

En lo que se refiere al perfil lipídico, su comparación con respecto al obtenido en las hamburguesas controles lo podemos observar en la Figura 18.

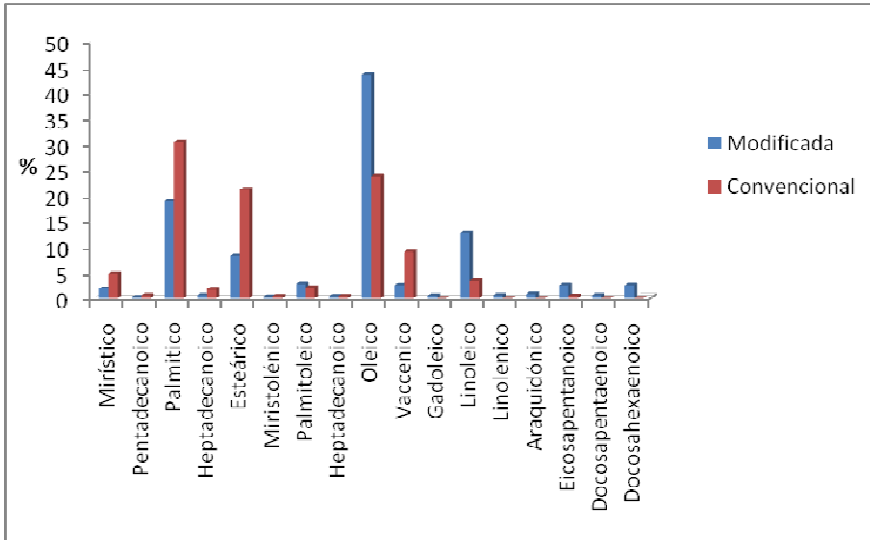


Figura 18. Perfil lipídico (% del total de ácidos grasos) de las hamburguesas modificadas (n= 12) y convencionales (n= 12).

Aunque la composición en ácidos grasos de la grasa de ternera depende de un gran número de factores, como la cantidad de grasa en la canal, o la dieta y raza de la ternera (Hur y col., 2008; Wood y col., 2008), de modo general, tal y como se encontró en la hamburguesa convencional, los AGS predominantes son los ácidos mirístico, palmítico y esteárico, el ácido linoleico es el principal APMI y que el ácido oleico es el principal AGPI (Scollan y col., 2006). No obstante, la hamburguesa modificada mostró un perfil lipídico significativamente diferente, y como consecuencia, una diferente calidad nutricional. Las principales diferencias fueron el contenido relativamente menor de AGS en el producto modificado, principalmente debido a la presencia de mayores cantidades de ácido palmítico (30,34% del total de ácidos grasos) y ácido esteárico (21,18%) en las hamburguesas convencionales y las mayores cantidades de AGMI y AGPI en las hamburguesas modificadas.

Un requisito fundamental en el desarrollo de alimentos enriquecidos con sustancias saludables es que éstas deben estar en el producto final en una cantidad suficiente para que cumplan sus potenciales efectos beneficiosos en una cantidad de alimento que una persona pueda consumir de manera razonable. Una unidad de la hamburguesa modificada, que puede estimarse entre 100 y 150 g, puede aportar entre el 50-75% de las cantidades recomendadas de EPA y DHA (0,65 g/día), alcanzando además el mínimo recomendado para cada uno de ellos por separado de 0,22 g (Simopoulos y col., 1999).

Durante el cocinado, se encontraron incrementos significativos en el extracto seco del producto modificado. Sin embargo, la relación entre la grasa y la materia seca muestra que no hay un aumento real del contenido en grasa cuándo ésta es expresada sobre el extracto seco. En contraste con los resultados publicados por otros autores (Lee y col., 2006), en nuestro caso no hemos observado diferencias significativas en el perfil lipídico entre la hamburguesa modificada cruda y cocinada. Sólo en algunas excepciones, como los ácidos miristolénico, araquidónico y docosapentanoico, que representan menos del 1% del total de ácidos grasos, hemos encontrado cantidades significativamente mayores en el producto cocinado.

Un importante inconveniente en el uso de aceites de pescado en la elaboración de alimentos son sus efectos negativos en la calidad sensorial del alimento (Garg y col., 2006). Este problema ha sido encontrado previamente por otros autores (Muguerza y col., 2001; Park y col., 1999). En el caso de la hamburguesa modificada desarrollada en este trabajo, el aceite de pescado fue utilizado de forma conjunta con antioxidantes, los cuales previnieron eficazmente estos efectos indeseables y en consecuencia no se encontraron diferencias significativas en el olor, textura, sabor y aceptabilidad general entre la hamburguesa modificada y las convencionales. En lo referente a la jugosidad, el producto modificado obtuvo una mejor calificación que sus homólogas convencionales, probablemente debido al menor contenido en tejido conjuntivo (Li y col., 2008).

Además de los problemas asociados con la calidad sensorial, el potencial incremento de la oxidación de la fracción lipídica en alimentos ricos en AGMI ω -3 es un hecho ampliamente documentado en la literatura científica (Valencia y col., 2006; Jiménez-Colmenero, 2007). Así, los efectos beneficiosos asociados con el consumo de estos lípidos puede conllevar riesgos derivados de presencia de sustancias perjudiciales que se forman durante la oxidación de los mismos. No obstante, se ha demostrado que el uso de antioxidantes, como el α -tocoferol puede prevenir eficientemente la estabilidad de los lípidos en productos cárnicos (Hoz y col., 2004; Scollan y col., 2006; Wilkinson, 2001). Además, cuando la carne es envasada en atmósfera modificada con alto contenido en O₂ (70-80%), una temperatura de almacenamiento por debajo de 4 °C, previene eficientemente esta oxidación (Jacobsen y Bertelsen, 2000). Por todos estos motivos, los valores de TBARs obtenidos en la grasa del producto modificado se encontraron por debajo de los valores obtenidos para la grasa de las hamburguesas convencionales, y no mostraron variación significativa durante los 8 días de almacenamiento. Al igual que en estudios previos (Ferioli y col., 2008) realizados en carne picada envasada en las mismas condiciones, la grasa de las hamburguesas convencionales experimentó un significativo aumento en sus valores de TBARs después del 5° día de almacenamiento. Sin embargo, en la hamburguesa modificada, la inclusión de α -tocoferol, aceites de maíz y oliva, el envasado en atmósfera modificada (80/20 O₂/CO₂), y el almacenamiento a 2 °C, consiguió prevenir la oxidación lipídica de los ácidos grasos ω -3 aportados por el aceite de pescado durante el almacenamiento del producto. Contrariamente a lo encontrado por Ferioli y col. (2008), si fueron encontrados aumentos significativos en los valores de TABRs tras el proceso de cocinado, tanto en las hamburguesas modificadas como en las convencionales.

Los cambios en la luminosidad (L^*), tonalidad roja (a^*) y tonalidad amarilla (b^*) en la superficie de las hamburguesas modificadas y convencionales puede observarse en la Tabla 8. Tal y como fue descrito previamente por Jakobsen y Bertelsen (2000), el envasado en una

atmósfera modificada con un alto contenido en oxígeno (80%), y un almacenamiento a 2 °C, conservó eficientemente el color de la carne aportada por la mioglobulina.

En conclusión, los resultados obtenidos en este trabajo indican que es posible el desarrollo de productos cárnicos enriquecidos con ácidos grasos ω -3, y con mejores ratios de AGS, AGMI y AGPI y menor contenido en grasa total, colesterol, calorías y sodio que las hamburguesas convencionales. Los potenciales efectos negativos derivados de la oxidación lipídica, cambios en la coloración y aceptabilidad por parte del consumidor fueron eficazmente prevenidas por la adición de antioxidantes, envasado en atmósfera modificada y almacenamiento a 2 °C. Las carnes y los productos cárnicos son pues, un vehículo especialmente atractivo para ser fortalecidos con ingredientes beneficios para la salud (como los ácidos grasos ω -3), y de este modo ser utilizados en regímenes nutricionales y dietas correctoras de desordenes nutricionales.

5. CONCLUSIONES

Desde que a finales de la década de los 80 el concepto de alimento funcional surgiese en Japón, las ventas de este tipo de alimentos en los países desarrollados han presentado unos crecimientos anuales del orden del 15%. Como ya hemos visto, el consumo de este tipo de alimentos ya juega hoy en día y jugará todavía más en el futuro, un papel muy importante en la prevención de la obesidad y las enfermedades cardiovasculares entre la población de los países desarrollados occidentales.

Actualmente, se comercializan en España más de 200 alimentos funcionales, de los cuales una buena parte han alcanzado la consideración de alimentos funcionales debido a las especiales características de su fracción lipídica. Como ya hemos mencionado anteriormente, pueden adoptarse diferentes estrategias para modificar la fracción lipídica de un alimento y conseguir que éste sea considerado un alimento funcional. De este modo, la supresión, modificación o

enriquecimiento de la porción grasa de los alimentos no sólo puede conseguirse a través de procesos tecnológicos, sino que también podemos conseguir alimentos funcionales con la porción grasa modificada obtenidos de manera “natural”. Este hecho presenta una gran relevancia ya que rompe una barrera que separaba de los alimentos funcionales a ciertos colectivos de consumidores, muy apegados al consumo de alimentos no elaborados.

La generalización en el consumo de este tipo de alimentos, junto con el desarrollo que se espera tengan en los próximos años la nutrigenómica y ciencias afines, supone por lo tanto una gran esperanza para que por medio de la nutrición podamos controlar el avance de la obesidad y las enfermedades cardiovasculares, que ya son hoy en día la principal causa de muerte en nuestro país.

Por otra parte, no debemos tampoco olvidar que los alimentos funcionales son productos que generan mucho valor añadido a las empresas que los desarrollan, ya que cada vez más, el consumidor está dispuesto a pagar un mayor precio por los alimentos con mejor calidad nutricional. Por lo tanto, además de los beneficios potenciales que estos alimentos pueden aportar a la salud de los consumidores, no debemos tampoco olvidar las importantes posibilidades económicas que el desarrollo de este tipo de alimentos supone para las empresas del sector agroalimentario.

6. BIBLIOGRAFÍA

Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN). (2007). Alimentación Saludable, guía para las familias. Programa PERSEO. Ed. Agencia Española de Seguridad Alimentaria, Madrid.

Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN). (2005). Estrategia para la nutrición, actividad física y prevención de la obesidad (NAOS). Ed. Agencia Española de Seguridad Alimentaria, Madrid.

Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN). (2010). Informe del comité científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) sobre el riesgo asociado a la presencia de ácidos grasos *trans* en alimentos. Ed. Agencia Española de Seguridad Alimentaria, Madrid.

Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN). (2004). Opinion of the scientific panel on dietetic products, nutrition and allergies on *trans* fatty acids in foods and the effect on human health of the consumption of *trans* fatty acids. www.efsa.eu.int.

Antonova, I., Mallikarjunan, P., Duncan, S. E. (2003). Correlating objective measurements of crispness in breaded fried chicken nuggets with sensory crispness. *Journal of Food Science*, 68, 1308–1315.

Aubourg S.P., Losada V. and Prego R. (2007). Distribution of lipids and trace minerals in different muscle sites of farmed and wild turbot (*Psetta maxima*). *International Journal of Food Science and Technology*, 42, 1456-1464.

Barroeta, A., Calsamiglia, S., Cepero, R., López-Bote, C., Hernández, J.M. (2002). Óptima nutrición vitamínica de los animales para la producción animal. Pulso ediciones, Barcelona.

Barroeta, A.C., Cortinas, L. (2004). Estrategias genéticas y nutricionales en la modificación de la composición de la carne. En: La carne y productos cárnicos como alimentos funcionales. Jiménez Colmenero, F., Sánchez-Muniz, F.J., Olmedilla Alonso, B. (eds.). Fundación Española de la Nutrición y edictec@red, Madrid.

Barroso, M., Grande, I. (2003). Estructura de consumo y alimentación en las dietas atlántica y mediterránea. Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry, 2, 416-421.

Brown, L., Van der Outerra, F. (2005). El impacto de la nutrigenómica en la industria alimentaria. <http://www.fundacionmhm.org/pdf/Mono9/Articulos/articulo8.pdf>

Busetto, M.L., Moretti, V.M., Moreno-Rojas, J.M., Caprino, F., Giani, I., Malandra, R., Bellagamba, F. Guillou, C. (2008). Authentication of farmed and wild turbot (*Psetta maxima*) by fatty acid and isotopic analyses combined with chemometrics. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 56, 2742-2750.

Cepeda, A. (2006). Alimentos funcionales y salud. ¿serán necesarios en el futuro?. Servicio de publicaciones de la Diputación Provincial de Lugo, Lugo.

Darios, F., Davletov, B. (2006). Omega-3 and omega-6 fatty acids stimulate cell membrane expansion by acting on syntaxin 3. Nature, 440, 813-817.

Directiva 2000/13/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, del 20 de marzo de 2000, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros en materia de etiquetado, presentación y publicidad de los productos alimenticios. D.O.U.E., L109, 29-42.

Directiva 1990/496/CE del Consejo, de 24 de septiembre de 1190, relativa al etiquetado sobre propiedades nutritivas de los productos alimenticios. D.O.U.E., L276, 40-44.

Ferioli, F., Caboni, M.F., Dutta, P.C. (2008). Evaluation of cholesterol and lipid oxidation in raw and cooked minced beef stored under oxygen-enriched atmosphere. *Meat Science*, 80, 681-685.

García-Arias, M.T., Pontes, E.A., García-Linares, M.C., Sánchez-Muniz, F.J. (2003). Cooking-freezing-reheating (CFR) of sardine (*Sardine pichardus*) fillets. Effects of different cooking and reheating procedures on the proximate and fatty acid compositions. *Food Chemistry*, 83, 349-356.

Garg, M.L., Wood, L.G., Singh, H., Moughan, P.J. (2006) Means of delivering recommended levels of long chain n-3 polyunsaturated fatty acids in human diets. *Journal of Food Science*, 71, R66-R71.

Gaullier, J.M., Breven, G., Blankson, H., Gudmundsen, O. (2002). Clinical trial results support a preference for using CLA preparations enriched with two isomers rather than four isomers in human studies. *Lipids*, 37, 1019-1025.

Gavilán, A. 2007. G.U.I.D.A.F. (Guía para el diseño de alimentos funcionales). *Revista Alimentaria*. Febrero 2007, 122-125.

Gil, A. (2010). Tratado de nutrición, Tomo II. Composición y calidad nutritiva de los alimentos. Ed. Médica panamericana, Madrid.

Gil-Campos, M., Dalmau Serra, J. (2010). Importancia del ácido docosahexaenoico (DHA): funciones y recomendaciones para su ingesta en la infancia. *Anales de Pediatría*, 73, 142.e1-142.e2.

Givens, D.I., Klien, K.E., Gibbs, R.A. (2006) The role of meat as a source of n-3 polyunsaturated fatty acids in the human diet. *Meat Science*, 74, 209-218.

Grigorakis, K. (2007). Compositional and organoleptic quality of farmed and wild gilthead sea bream (*Sparus aurata*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and factors affecting it: A review. *Aquaculture*, 27, 55-75.

Griguol, V., León-Camacho, M., Vicario, I.M. (2007). Revisión de los niveles de ácidos grasos *trans* encontrados en distintos tipos de alimentos. *Grasas y Aceites*, 58, 87-98.

Haak, L., Sioen, I., Raes, K., Van Camp, J., De Smet, S. (2007). Effect of pan-frying in different culinary fats on the fatty acid profile of pork. *Food Chemistry*, 102, 857-864.

Hoz, L., D'Arrigo, M., Cambero, I., Ordóñez, J.A. (2004) Development of an *n*-3 fatty acid and α -tocopherol enriched dry fermented sausage. *Meat Science*, 67, 485-495.

Hur, S.J., Park, G.B., Joo, S.T. (2008) A comparison of the meat qualities from the Hanwoo (Korean native cattle) and Holstein steer. *Food and Bioprocess Technology*, 1, 196-200.

International Life Sciences Institute (ILSI) (1999) "Safety assessment and potential health benefits of food components based on selected scientific criteria". ILSI North America Technical Committee on Food Components for Health Promotion. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*; 39: 203-316.

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.

Jiménez-Colmenero, F. (2007) Healthier lipid formulation approaches in eat-based functional foods. Technological options for replacement of meat fats by non-meat fats. *Trends in Food Science and Technology*, 18, 567-578.

Jiménez-Colmenero, F. (1996). Technologies for developing low-fat meat products. *Trends in Food Science and Technology*, 7, 41-48.

Koletzko, B., Uauy, R., Palou, A., Hornstra, G., Eilander, A., Moretti, D., Osendarp, S., Zock, P., Innis, S. (2010). Dietary intake of eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA) in children- a workshop report. *British Journal of Nutrition*, 103, 923-928.

Lamarche, B. (2008). Review of the effect of dairy products on non-lipid risk factors for cardiovascular disease. *Journal of the American College of Nutrition*, 27, 741S-746S.

Leal Orozo, A. (2010). Ácidos grasos trans, cops y lops: evidencia actual de su influencia sobre la salud infantil. *Acta Pediátrica Española*, 63, 22-26.

Lee, A., Hernández, P., Djordjevic, D., Faraji, H., Hollender, R., Faustman, C., Decker, E.A. (2006). Effect of antioxidants and cooking on stability of n-3 fatty acids in fortified meat products. *Journal of Food Science*, 71, C233-C238.

Li, C.B., Zhou, G.H., Xu, X.L. (2008). Dynamical changes of beef intramuscular connective tissue and muscle fiber during heating and their effects on beef shear force. *Food and Bioprocess Technology*, DOI: 10.1007/s11947-008-0117-3, in press.

Lien, V.W., Clandinin, M.T. (2009): Dietary assessment of arachidonic acid and docosahexaenoic acid intake in 4-7 year-old children. *Journal of the American College of Nutritionists*, 28, 7-15.

Lo, S.K., Tan, C.P., Long, K., Affandi Yusoff, M.S., Lai, O.M. (2008) Diacylglycerol oil-properties, processes and products: a review. *Food and Bioprocess Technology*, 1, 223-233.

Martínez, B., Miranda, J.M., Franco, C.M., Cepeda, A., Rodríguez, J.L. (2010a). Development of a simple method for the quantitative determination of fatty acids in milk with special emphasis on long chain fatty acids. *CyTA-Journal of Food*, Aceptado para su publicación el 20-06-2010.

Martínez, B., Miranda, J.M., Nebot, C., Rodríguez, J.L., Cepeda, A., Franco, C.M. (2010b). Differentiation of farmed and wild turbot (Psetta máxima): proximate chemical composition, fatty acid profile, trace minerals and antimicrobial resistance of contaminant bacteria. *Food Science and Technology International*, DOI 10.1177/1082013210367819 In press.

Martínez, B., Miranda, J.M., Vázquez, B.I., Fente, C.A., Franco, C.M., Rodríguez, J.L., Cepeda, A. (2009). Development of a hamburger patty with healthier lipid formulation and study of its nutritional, sensory and stability properties. *Food and Bioprocess Technology*, DOI 10.1007/s11947-009-0268-x.

Mataix, J., Aranceta, J. (2002). Recomendaciones Nutricionales. En: Mataix j. ed. *Nutrición y Alimentación Humana*. Ed. Hergón, Madrid.

Mataix, A., Gil, A. (2003). Libro blanco de los omega-3. Ediciones Puleva Food, Granada.

Mataix, J., Mataix, B., Serra, Ll. (2001a). Aceite de oliva y alimentación mediterránea. En: Mataix y col. Aceite de oliva virgen: nuestro patrimonio alimentario. Universidad de Granada. Ediciones Puleva. Granada.

Mataix, J. Quiles, J.L. Aceites y Grasas. (2001b). En Sociedad Española de Nutrición Comunitaria. Guías prácticas para la población española. Madrid.

Mata, P., Ortega, R.M. (2003) Omega-3 fatty acids in the prevention and control of cardiovascular disease. *European Journal of Clinical Nutrition*, 57(Suppl. 1), S22-S25.

Meyer, B.J., Mann, N.J., Lewis, J.L., Milligan, G.C., Sinclair, A.J., Howe, P.R.C. (2003). Dietary intakes and food sources of omega-6 and omega-3 polyunsaturated fatty acids. *Lipids*, 38, 391-398.

Miranda, J.M., Martínez, B., Pérez, B., Antón, X., Vázquez, B.I., Fente, C.A., Franco, C.M., Rodríguez, J.L., Cepeda, A. (2010). The effects of industrial pre-frying and domestic cooking methods on the nutritional compositions and fatty acid profiles of two different frozen breaded foods. *LWT-Food Science and Technology*, 43, 1271-1276.

Muguerza, E., Gimeno, O., Ansorena, D., Bloukas, J.G., Astiasarán, I. (2001) Effect of replacing pork backfat with pre-emulsified olive oil on lipid fraction and sensory quality of "Chorizo de Pamplona" a traditional Spanish fermented sausage. *Meat Science*, 59, 251-258.

Norton, T., Sun, D.W. (2008) Recent advances in the use of high pressure as an effective processing technique in the food industry. *Food and Bioprocess Technology*, 1, 2-34.

Organización Mundial de la Salud (OMS) (2003) *Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases*; WHO technical report series 916: Ginebra.

Palou, A., Picó, C., Bonet, M.L. (2004). Food safety and functional foods in the European Union: Obesity as a paradigmatic example for novel food development. *Nutrition Reviews*, 62, S169-S181.

Palou, A., Serra, F., Pico, C. (2003). General aspects on the assessment of functional foods in the European Union. *European Journal of Clinical Nutrition*, 57, S12-S17.

Panel de expertos del II Congreso Internacional de la Dieta Atlántica (2006). Decálogo de la dieta atlántica. <http://www.asgaeda.es/ficheros/decalogo.pdf>

Pariza, M. W. (2004). Perspective on the safety and effectiveness of conjugated linoleic acid. *American Journal Clinical of Nutrition*, 79, 1132S-1136S.

Park, Y., Storkson, J.M., Albright, K.J., Liu, W., Pariza, M.W. (1999). Evidence that the trans-10,cis-12 isomer of conjugated linoleic induces body composition changes in mince. *Lipids*, 34, 235-241.

Ramírez, M.R., Cava, R. (2005). Changes in color, lipid oxidation and fatty acid composition of pork loin chops as affected by the type of culinary frying fat. *LWT-Food Science and Technology*, 29, 94-99.

Ramirez, M, R., Morcuende, D., Estévez, M., Cava López, R. (2005). Fatty acid profiles of intramuscular fat from pork loin chops fried in different culinary fats following refrigerated storage. *Food Chemistry*, 92, 159-167.

Reglamento (CE) 1924/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de diciembre de 2006, relativo a las declaraciones nutricionales y de propiedades saludables en los alimentos. D.O.U.E. L404, 9-25.

Reglamento (CE) 1925/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de diciembre de 2006, sobre la adición de vitaminas, minerales y otras determinadas sustancias a los alimentos. D.O.U.E., L404, 26-38.

Reglamento (CE) 116/2010 de la Comisión, de 9 de febrero de 2010, por el que se modifica el Reglamento 1924/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo en lo relativo a la lista de declaraciones nutricionales. D.O.U.E. L37, 16-18.

Reglamento /CE) 107/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo de 15 de enero de 2008, por el que se modifica el Reglamento 1924/2006 relativo a las declaraciones nutricionales y de propiedades saludables en

los alimentos por lo que se refiere a las competencias de ejecución atribuidas a la Comisión. D.O.U.E. L39, 8-10.

Reglamento 109/2008 del Parlamento Europeo y su Consejo del 15 de Enero de 2008, por el que se modifica el Reglamento 1924/2006 relativo a las declaraciones nutricionales y de propiedades saludables en los alimentos. DOUE, 39, 14-15.

Reglamento 983/2009 de la Comisión, del 21 de Octubre de 2009, sobre la autorización o la denegación de autorización de determinadas declaraciones de propiedades saludables en los alimentos relativas a la reducción del riesgo de enfermedad y el desarrollo y la salud de los niños. D.O.U.E. L277, 3-8.

Reglamento 276/2010 de la Comisión, de 2 de mayo de 2010, por el que se modifica el Reglamento (CE) 983/2009, sobre la autorización o la denegación de autorización de determinadas declaraciones de propiedades saludables en los alimentos relativas a la reducción del riesgo de enfermedad y el desarrollo y la salud de los niños. D.O.U.E., L111, 3-4.

Riediger, N.D., Othman, R.A., Suh, M., Moghadasian, M.H. (2009). A systematic review of the roles of n-3 fatty acids in health and disease. *Journal of the American Dietetic Association*, 109, 668-679.

Rodríguez, J.L., Añorve, J. (2006). *Desarrollo de una leche natural enriquecida en ácidos grasos omega-3*. En Cepeda, A. *Alimentos funcionales y salud. ¿serán necesarios en el futuro?*. Servicio de publicaciones de la Diputación Provincial de Lugo.

Romero, A., Cuesta, C., Sánchez-Muniz, F.J. (2001). Utilización de freidora doméstica entre universitarios madrileños. Aceptación de alimentos congelados fritos en aceite de oliva virgen extra, girasol y girasol alto oleico. *Grasas y Aceites*, 52, 38-44.

Sanjugo Crespo, P., Trebolazabala Quirante, N., Aldámiz-Echevaría Azuara, L., Castaño González, L., Prieto Perera, J.A., Andrade Lodeiro, F. (2008). N-3 and n-6 fatty acids in plasma at birth and one year of age and relationship with feeding. *Anales de Pediatría*, 68, 570-575.

Scollan, N., Hocquette, J.F., Nuernberg, K., Dannenberger, D., Richradson, I. Moloney, A. (2006). Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. *Meat Science*, 74, 17-33.

Sioen, I., Haak, L., Raes, K., Hermans, C., De Henauw, S., De Smet, S., Van Camp, J. (2006). Effects of pan frying in margarine and olive oil on the fatty acid composition of cod and salmon. *Food Chemistry*, 98, 609-617.

Simopoulos, A.P. (1997). The return of w3 fatty acids into the food supply. I. Land-based animal food products and their health effects. *World Reviews of Nutrition and Dietetics*. Vol 83. Karger, Basel.

Simopoulos, A.P., Leaf, A. Salem, N. (1999). Workshop on the essentiality and recommended dietary intakes for Omega-6 and Omega-3 fatty acids. *Journal of the American College of Nutrition*, 18, 487-489.

Stachowska, E., Chlubek, D., Ciecchanowski, K. (2001). *Trans* isomers of unsaturated fatty acids-metabolic action and clinical effects. *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids*, 70, 59-66.

Tsai, C.J., Leitzmann, M.F., Willett, W., Giovannucci, E.L. (2005). Long-term intake of trans-fatty acids and risk of gallstone disease in men. *Archives of Internal Medicine*, 165, 1011-1015.

Ulbricht, T.L.V. Southgate, D.A.T. (1991). Coronary heart disease: seven dietary factors. *Lancet*, 228, 985-992.

Valencia, I., Ansorena, D., Astiasarán, I. (2006). Nutritional and sensory properties of dry fermented sausages enriched with *n*-3 PUFAs. *Meat Science*, 72, 727-733.

Valenzuela, A., Morgano, N. (1999). Trans fatty acid isomers in human health and in the food industry. *Biological Research*, 32, 273-287.

Valenzuela, A., Uauy, R. (2005). Funciones biológicas y metabolismo de los ácidos grasos esenciales y de sus derivados activos. En: Gil, A. *Tratado de Nutrición*, tomo I. Acción Médica: Madrid.

Van der Werf, M.J., Schuren, F.H.J., Bijlsma, S., Tas, A.C., van Ommen, B. (2001). Nutrigenomics: Application of genomics

technologies in nutritional sciences and food technology, *Journal of Food Science*, 66, 772-780.

Varela, G., Ruiz-Rosso, B. (2000). Some nutritional aspects in olive oil. In J. Harwoo & R. Aparicio (Eds.), *Handbook of olive oil, analysis properties* (pp. 565). Aspen Publisher Inc, Gaithersburg, Maryland

Varela, P., Salvador, A., Fisman, S.M. (2008). Methodological developments in crispness assessment: effects of cooking method on the crispness of crusted foods. *LWT*, 41, 1252-1259.

Weber, J., Bochi, V.C., Ribeiro, C.P., Victório, A.M., Emanuelli, T. (2008). Effect of different cooking methods on the oxidation, proximate and fatty acid composition of silver catfish (*Rhamdia quelen*) fillets. *Food Chemistry*, 106, 140-146.

Wilkinson, A.L., Sun, Q., Senecal, A., Faustman, C. (2001) Antioxidant effects on TBARS and fluorescence measurements in freeze-dried meats. *Journal of Food Science*, 66, 20-24.

Wood, J.D., Enser, M., Fisher, A.V., Nute, G.R., Sheard, P.R., Richardson, R.I., Hughes, S.I., Whittington, F.M. (2008). Fat deposition fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Science*, 78, 343-358.

7. DISCURSO DE CONTESTACIÓN AL DISCURSO DE INGRESO EN LA ACADEMIA DE FARMACIA DE GALICIA.

Del Ilmo. Sr Dr. Alberto Cepeda Sáez 15/11/2010 por el Académico de Número, Sr Dr. Jesús Ángel Simal Lozano (Medalla 14)

EXCMA. E ILMAS. AUTORIDADES

Compañeros ACADÉMICOS

Sras. Y Sres.

Me cabe el honor de contestar al Dr. Alberto Cepeda Sáez, ya que he sido designado por el Presidente de la Academia de Farmacia de Galicia, sin duda, por nuestra común formación. El Dr. Alberto Cepeda Sáez ha realizado su Tesina de Licenciatura y su Tesis Doctoral, bajo nuestra dirección (**Paseiro Losada y Simal Lozano**), en el área de Química Analítica, Nutrición y Bromatología, de la Facultad de Farmacia de Santiago de Compostela. Ambos pertenecemos al área de Nutrición y Bromatología en la USC: Alberto, en la Facultad de Veterinaria del Campus de Lugo, aunque antes ejerció de santiagués durante sus estudios de Farmacia (1976-1981) y posteriormente durante sus estudios de doctorado, becario y ayudante hasta 1988, año en el que desembarca en Lugo. Yo, por mi parte, después de una larga trayectoria en esta Universidad, estoy jubilado desde 2008.

Aproximación a sus datos personales

Alberto es de la provincia de Palencia, nacido en **Saldaña (Palencia)**, el Viernes Santo de 1959, ya que su padre, que era constructor, hacía allí una obra civil; allí pasó más o menos un mes. Desde entonces solo ha ido un par de veces a visitar su pueblo. La última vez con sus hijas este verano de 2010, para que vieran sus orígenes, y ¿como no?, la villa romana de [LA OLMEDA](http://www.montaña-palentina.com/rutas/La%20Olmeda.htm) (impresionante yacimiento romano que en formato digital se puede enlazar desde <http://www.montaña-palentina.com/rutas/La%20Olmeda.htm>).

Estudió en los **Maristas de Palencia**, donde fue un estudiante de Notable y al parecer, según le vaticinó un día el padre Torres (hermano Marista), no pasaría de ahí. Se ve que este Marista como no debía ser médico, no tenía buen ojo clínico.

De Palencia vino directamente a la Universidad de Santiago de Compostela junto a su hermana **Mercedes** y su cuñado, **Álvaro Domínguez-Gil Hurlé**, que durante el primer año, le enseñaron lo que era el esfuerzo, el trabajo diario, y a partir de entonces (primero de carrera) sus notas fueron mejorando.

Durante sus estudios, en los veranos, ayudaba a su padre para pagarse las vacaciones, hasta que descubrió que ser hippie en la época dorada del hippismo, además de ser divertido era rentable; aprendió bisutería y algo de joyería y con eso los veranos le resultaban mejores. En quinto de carrera, su habitación, más que la de un estudiante parecía la de un joyero; de hecho, ese año, iba muchas tardes a la escuela del Maestro Mateo a aprender técnicas de joyería (al mismo tiempo ya había empezado la tesina). Algún verano fue a trabajar en el descope o capado del maíz (*Zea mays*) en Francia (a la altura de Pau) en comunas universitarias para aprender algo de francés, lo que sirvió luego para sus estancias postdoctorales y promover más tarde la **acción integrada hispano-francesa**.

Sus aficiones han sido muchas:

La música; tocar la guitarra en estilos como el Blues, el Country y el Jazz. Afición que volvió a retomar cuando prepara la Cátedra como evasión a la tensión que se iba acumulando.

De adolescente formó parte de varias bandas o grupos musicales que empezó con los **hermanos Maristas** que se encargaron de comprar los equipos (varias guitarras eléctricas, amplificadores, batería, etc.) para tocar y cantar en Misa (tanto en Palencia como en Venta de Baños). Esta afición es compartida con su mujer (canta en el coro del Colegio Fingoy de Lugo) y su hija Violeta, estudiante de piano en 7º de grado profesional.

La pintura al óleo también la desarrolló en esos años; ganó algún premio en Palencia pero como no es una práctica fácil que necesita una logística complicada, la reemplazó por **la fotografía** que compartió, ya en Santiago, con **Monti (Juan Carlos García Monteagudo)**, hoy marido de **Carmen María García Jares**, que imagino presentes en la sala.

La filatelia; Tiene una interesante colección de sellos desde la coronación del rey en 1976. Afición compartida con su suegro, D. **Adolfo Vidal Benito**, q.e.p.d., que se encargó de ponerla al día.

También perteneció a **movimientos del obispado de Palencia** donde cada fin de semana ayudaba a servir comidas en el manicomio y hacer unas horas de compañía, donde tocaban para deleitar a los internos. Actualmente, **su hija Teresita**, que estudia en los Maristas irá al grupo "**Marcha**" donde se hacen actividades parecidas con enfermos discapacitados y con personas de la tercera edad sin familia.

En noviembre de 1994, se casa con **Tere (María Teresa Vidal Vegas)**, de **Torquemada (Palencia)**, del mismo pueblo de toda su familia paterna incluidos su hermana Mercedes y su hermano, q.e.p.d. Tienen dos hijas: **Violeta, de 15 años y Teresita, de 12.**

Datos académicos en la USC, discentes y docentes:

Cursa los estudios de la **licenciatura en Farmacia, 1976-1981**, con una media de 2,9 y según vemos en su curriculum, continúa su formación según cuadro

Formación Académica

Titulación Superior	Centro	Fecha
Licenciado en Farmacia	Facultad de Farmacia - USC	Junio 1981
Graduado en Farmacia	Facultad de Farmacia - USC	Noviembre 1981
Doctor en Farmacia	Facultad de Farmacia - USC	Octubre 1986
Académico correspondiente	Real Academia de Farmacia de Galicia	Noviembre 2006
Master Universitario en Ortopedia	Universidad de Santiago de Compostela	Junio 2009

Premio Extraordinario del Doctorado

A finales de **1988 se incorpora al Campus de Lugo** como Profesor Titular interino para organizar la docencia de Bromatología en la Facultad de Veterinaria y desde entonces su vida ha quedado vinculada a aquella ciudad, donde primero obtuvo una plaza de Profesor Titular de Universidad, en 1990 y en 2001 la de Catedrático de Universidad. Son pues 17 años en Torquemada (Palencia); 12 años en Santiago de Compostela y, de momento, 22 años más, en Lugo. En esta suma me sale gallego.

Como docente pasa por las diferentes escalas de profesorado: Colaborador de Investigación, Becario FPI, Prof. Ayudante (LRU), Prof. Titular interino y en Propiedad, y desde 2001, Catedrático de Universidad.

Actividades anteriores de carácter científico profesional

Puesto	Institución	Fechas
Colaborador de investigación	USC	1980-1987
Becario FPI	USC	1983-1986
Profesor ayudante (LRU)	USC	1987-1988
Profesor Titular Interino	USC	1988-1990
Profesor Titular de Universidad	USC	1990-2001
Catedrático de Universidad	USC	2001-actualidad

En 2006 es nombrado **Director del Departamento de Química Analítica, Nutrición y Bromatología**, hasta estos últimos meses de verano de 2010, que tiene que acogerse a la Dedicación Parcial por ser nombrado farmacéutico titular en O Burgo (Culleredo, provincia de A Coruña).

Durante este periodo, como responsable del Departamento y con la ayuda de los profesores del área, Asunción Lage, Perfecto Paseiro, Julia López, José Francisco Huidobro, organizan un homenaje con motivo de mi jubilación, obsequiándome con el libro, que promueve el Departamento, por lo que le estoy muy agradecido.

[Cursus Honorum Homenaje al profesor Dr. D. Jesús Ángel Simal Lozano, 29/09/2008](#)

Con relación a la Investigación me gustaría diferenciar los 12 años que estuvo en la Facultad de Farmacia; que le permitieron:

Obtener la **Tesina y el Grado de doctor**, el **Premio Extraordinario de Doctorado**, así como **20 publicaciones y comunicaciones a Congresos**, según veo en mi propio curriculum; además, de sus estancias postdoctorales en la **Facultad de Farmacia, Chatenây - Malabry de la Universidad de París XI** donde tuvo la oportunidad de trabajar con los Profesores **Patrice Prognon y George Mahuzier** en el ámbito de la **Luminiscencia y sus aplicaciones**, siendo

todavía hoy en día una de las líneas investigación que mantiene su grupo y que tan buenos resultados les están dando.

También, con esas reiteradas estancias me ayuda a conseguir una **acción integrada hispano francesa** que prorrogaríamos varios años y de la que nos beneficiamos además del Prof. **Alberto Cepeda Sáez** y yo mismo, diferentes investigadores, como **Asunción Lage Yusty**, **Lourdes Vázquez Odériz**, **Jesús Simal Gándara** (mi hijo mayor), ya que realizamos diferentes publicaciones e intercambios.

En su etapa de Lugo, ya como único profesor sin laboratorio, logró transformar lo que había sido un **Colegio Universitario** en un centro de investigación, dentro de la **Facultad de Veterinaria**, con un gran número de colaboradores, formados desde las primeras promociones de licenciados en Veterinaria y en unos laboratorios con los más **sofisticadas técnicas instrumentales: Luminiscencia, Cromatografía de Gases-masas, espectrofotometría, etc.** que le permiten desarrollar sus **Principales líneas de investigación**, como el Plan Nacional de I+D+I (2005-2009):

- **Investigación de residuos de medicamentos de uso veterinario en alimentos de origen animal (sector cárnico):** β -agonistas, antibióticos, corticosteroides, hormonas. Esta línea a su vez se ramifica en otras varias que permiten tener una idea de la magnitud e importancia para el sector cárnico que tienen estos aspectos de seguridad alimentaria. Así, en la actualidad se estudian analitos en el pelo del ganado vacuno, la presencia de hormonas naturales añadidas exógenamente (iniciando la incursión del grupo en el mundo de la metabolómica); el desarrollo de improntas moleculares para la extracción y purificación de dichos residuos, o la actual investigación de residuos de antibióticos en el medioambiente procedentes de los tratamientos terapéuticos veterinarios.
- **Investigación de hongos toxicogénicos y micotoxinas en alimentos de origen animal.**
- **Aplicación de la PCR en la autenticación de alimentos de origen animal.**
- **Investigación de conservantes naturales presentes en alimentos.**

- Desarrollo de platos preparados dietéticamente adaptados.

La actividad en Lugo a lo largo de estos 22 años ha sido intensa y muy variada pues ha tenido que organizar no sólo la docencia del **Área de Nutrición y Bromatología, en Veterinaria** sino también en la **Licenciatura de Tecnología de los Alimentos**, así como actualmente y de forma muy activa, en el **Grado de Nutrición Humana**.

A base de una intensa labor comercial, logra crecer haciendo ciencia para el sector **agroalimentario** desarrollando aspectos de **Microbiología, de Química Analítica instrumental, de Biología Molecular y Nutrición Humana**, y con gran orgullo puede decir que ha generado un grupo de investigación sólido y muy productivo integrado en el grupo de investigación LHICA (<http://www.lhica.org/lhica.asp>).



LHICA (Laboratorio de Higiene, Inspección y Control de Alimentos).

Este grupo pertenece a la Universidad de Santiago de Compostela, dentro de la cual está adscrito al Departamento de Química Analítica, Nutrición y Bromatología. El LHICA está ubicado en la Facultad de Veterinaria de Lugo y el área de trabajo es todo lo relacionado con la alimentación. Este grupo está estructurado en dos partes claramente diferenciadas pero a su vez íntimamente unidas:

Por una parte posee un área de servicios dirigidos al exterior de la universidad, es decir, se realizan análisis, servicios de I+D+i especializado y asesoramiento técnico para empresas, administraciones y entidades diversas.

Otra parte es la investigación llevada a cabo por personal o bien licenciado o en situación postdoctoral que realiza sus proyectos, tesinas de licenciatura, tesis doctorales, etc. En este sentido ya hemos indicado que muchas son las líneas de investigación que se abordan en relación a la higiene y tecnología de los alimentos, la autenticidad de los mismos y en general, en materia de seguridad alimentaria.

Como consecuencia de la experiencia acumulada por el grupo en materia de servicios y en investigación aplicada, los componentes del LHICA actual, con el Prof. Cepeda a la cabeza y en colaboración con su amigo, compañero de fatigas y padrino de su hija Violeta el **Prof. D. Luciano Sánchez García** (ex Decano de la Facultad de Veterinaria y hoy en día ya jubilado como yo) crean la empresa **Deinaal**, catalogada como spin-off universitario. Poco tiempo ha pasado y ya han creado 3 puestos de trabajo con una cierta estabilidad. Se ponen al frente de ella para llevar a cabo estudios en materia de producción animal para el desarrollo de carnes “naturales” enriquecidas en ácidos grasos omega-3 así como su comercialización en los Estados Unidos de América. Este proyecto lleva el sello “**Iberoeka**”, garantía de la aprobación de una financiación por parte de la CICYT de más de 2 millones de euros para su ejecución. Enhorabuena y ánimo en el desarrollo de tan apasionante camino a recorrer.

Es autor de **120 publicaciones Internacionales**, con un **índice de impacto medio de 2,3** y un **factor H de 19**, que lo sitúan en el primer tercio dentro del ranking del área de conocimiento. **Sumando publicaciones nacionales, libros, capítulos de libro, etc. se acercan a las 250 obras, así como 5 patentes en uso y 18 Tesis dirigidas:**

1) “Aspectos microbiológicos de los quesos gallegos de pasta blanda”.

Emiliano Quinto Fernández, 1994.

2) “Estudio de la flora microbiana del queso de Arzúa y de sus implicaciones en la maduración”.

Juan Centeno Domínguez, 1994.

3) “Presencia y comportamiento de *Listeria spp* en quesos gallegos de pasta blanda”.

Carlos Manuel Franco Abuin, 1994.

4) “Estudio de la contaminación fúngica en quesos gallegos de pasta blanda”.

Cristina Asunción Fente Sampayo, 1995.

5) “Producción de micotoxinas de hongos aislados en quesos gallegos de pasta blanda. Desarrollo de nuevas técnicas de análisis”.

Beatriz Isabel Vázquez Belda, 1997.

6) “Queso Arzúa-Ulloa: Caracterización de las propiedades de la Textura. Efecto de las condiciones de fabricación en el comportamiento reológico a lo largo de la maduración”.

Montserrat Almena Aliste, 1998.

7) “Valoración de los principales elementos tóxicos en ganado vacuno de Asturias”.

Marta López Alonso, 1999.

8) “Control de residuos de medicamentos de uso veterinario en carne de Ternera Gallega (Indicación Geográfica Protegida): Desarrollo de nuevos métodos analíticos”.

Pilar González Gigosos, 2000.

9) “Empleo del pelo como nueva matriz para la detección de 17 α -etinilestradiol utilizado fraudulentamente en producción de carne. Desarrollo de nuevas técnicas de análisis”.

Armando Alberto Durant Archibold, 2001.

10) “Contribución al estudio de micotoxinas en alimentos: desarrollo de nuevas técnicas de análisis”.

Judith Jaimez Ordás, 2002.

11) “Estudio del efecto de nuevos inhibidores sobre bacterias deteriorantes y patógenas que pueden presentarse en carne y otros alimentos”.

Fabiao Jorge, 2003.

12) “Desarrollo de nuevos métodos luminiscentes para el análisis de residuos de corticoides en carnes”.

Yolanda Iglesias González, 2003.

13) “Valoración del riesgo sanitario de la presencia de insecticidas organofosforados y herbicidas triazínicos en alimentos infantiles de interés para el sector lácteo”.

Miguel Santaefemia Otero, 2004.

14) “Análisis de Fluoroquinolonas en diversas matrices biológicas mediante HPLC – MS”.

Manuel Lolo Aira, 2005.

15) “Desarrollo y optimización de métodos de PCR para el control de autenticidad en productos cárnicos y harinas animales”.

Marta Prado Rodríguez, 2005.

16) “Obtención de una leche natural enriquecida en ácidos grasos ω -3 mediante el empleo de aceite de hígado de bacalao en la alimentación de ganado vacuno”.

Javier Añorve Morga, 2006.

17) “Development of laser- induced fluorescence methods as a powerfull tool for chromatographic analysis in food safety”.

Xesús Feas Sánchez, 2007.

18) “Tratamientos antimicrobianos en medicina veterinaria: Efectos sobre la microbiota intestinal de pollos y su repercusión en carnes de producción convencional y ecológica”.

José Manuel Miranda López, 2007.

Tesinas.- **Director de 36 memorias de licenciatura y proyectos de fin carrera en Ciencias de los Alimentos y numerosos proyectos de fin de carrera y “trabajos tutelados”** para Licenciados en Ciencia y Tecnología de los Alimentos.

Proyectos de investigación: más de 20 entre autonómicos, nacionales y europeos. Quizá lo más interesante en este apartado es que tiene CINCO CICYT's seguidas, lo que le permite este año solicitar proyectos de excelencia a nivel nacional. A nivel autonómico ya lleva 8 años como grupo de excelencia con una financiación nada desdeñable.

Dentro de los proyectos hay muchos con empresas, y la investigación ha sido muy aplicada según las necesidades de las mismas.

También ha tenido muchos contratos con empresas y trabajado con diferentes denominaciones de origen que abarcan alimentos de origen animal, especialmente con “**Ternera Gallega**”. Lleva su programa de calidad desde sus inicios siendo la relación muy estrecha y estable.

Todo ello ha supuesto una **financiación importante que ronda a día de hoy unos 240 a 280 mil euros anuales** (según años) pero lo que es más importante, son cifras que mantiene a lo largo de estos años de forma muy estable, lo que le permite abordar contratos de personal y compras de equipos costosos a plazos.

Pertenencias a numerosas sociedades:

- Real Sociedad Española de Química: Grupo de Cromatografía y Técnicas Afines (vocalía).
- Pôle European Agroalimentaire; EUROPE; - Asociación Española de Toxicología.
- Sociedad Española de Nutrición Comunitaria (SENC) (vocalía).
- Sociedad Española de Dietética y Ciencias de la Alimentación.
- Sociedad Española de Nutrición (SEN).
- Colegio Oficial de Farmacéuticos de Lugo (1990-2000) nº 653 Modalidad de Investigación y Docencia.
- Asociación Hispano-Francesa de Cooperación Técnica y Científica (Agrupación de Galicia).
- Asociación Galega para a Calidade.
- Asociación para la Investigación y el desarrollo.
- Plataforma Tecnológica Agroalimentaria de Galicia.
- Colegio Oficial de Farmacéuticos de A Coruña.
- Sociedad de Cromatografía y Técnicas Afines.
- Sociedad española de farmacia comunitaria (SEFAC).
- Pertenencia a la red International Luminiscence Series (ISLS).
- Recientemente, en el año 2009 fue elegido previa presentación de su C.V., miembro del comité científico de la AESAN, de lo cual debe sentirse orgulloso.

Finalmente, el tema que nos ha contado hace referencia a la investigación acerca de la calidad de la fracción grasa de los alimentos de origen animal, así como el desarrollo de alimentos funcionales, de los cuales ya han avanzado sus primeros trabajos. Actualmente, este tipo de alimentos están cobrando un gran auge como estrategia para la reducción de la obesidad y las enfermedades cardiovasculares, sin duda, la gran epidemia nutricional de las sociedades occidentales en las últimas décadas.

Por todo lo dicho, querido amigo Alberto, aunque estas palabras las repita el Presidente, en nombre de todos los compañeros de corporación y de forma muy especial en el mío propio, bienvenido como Numerario a la Academia de Farmacia de Galicia, espero que tus conocimientos y sin duda alguna, tu experiencia de los cuatro años como académico correspondiente, enriquecerá el acervo humano y científico de esta institución, que hoy te acoge como el primer Académico Numerario que ha ingresado por este procedimiento. He dicho.

Santiago de Compostela, a 24 de noviembre de 2010.