

ALIMENTOS FUNCIONALES: UNA HISTORIA CON MUCHO PRESENTE Y FUTURO

FUNCTIONAL FOODS: A HISTORY WITH A LOT OF PRESENT AND FUTURE.

Misael CORTÉS R.^{1*}, Amparo CHIRALT B.^{2*} y Luís PUENTE D.^{3*}

RESUMEN

La evolución de los hábitos nutricionales ha sido muy variable a través del tiempo, pero siempre soportada con el criterio básico de mantener la salud. Cada día las exigencias de los consumidores se dirigen más a la búsqueda de nuevos productos con propiedades funcionales que puedan proporcionar además del valor nutritivo, otros componentes con actividad fisiológica que permitan un mejor estado tanto físico como mental, reduciendo así el riesgo de enfermedades y alargando la vida al mismo tiempo que manteniendo su calidad. Esta revisión describe aspectos importantes de alimentos e ingredientes con características funcionales, a través del pasado, presente y futuro.

Palabras clave: alimentos funcionales, ingredientes funcionales, componentes fisiológicamente activos.

ABSTRACT

The evolution of nutritional habits has experienced many changes through the time, but it has always been supported with the basic criterion to maintain the health. Every day the exigencies of the consumers go more to the search of new products with functional properties that can provide in addition to the nutritious value, other components with physiological activity that allow a better physical and mental state, reducing therefore the risk of diseases and extending the life at the same time that maintaining its quality

This review describes an overview about the most important aspects of the foods and ingredients with functional characteristics through the past, present and future.

Keywords: functional foods, functional ingredients, physiologically active components.

1 Departamento de Alimentos. Facultad de Química Farmacéutica. Universidad de Antioquia. A.A 1226. Medellín, Colombia.

2 Departamento de Tecnología de Alimentos. Universidad Politécnica de Valencia España. Camino de vera S/N, CP 4602. Valencia, España.

3 Departamento de Biotecnología. Universidad Tecnológica Metropolitana. Av. Dieciocho 161 Santiago Chile. Santiago de Chile, Chile

* Autores a quien se debe dirigir la correspondencia: mcortes@farmacia.udea.edu.co, dchiralt@tal.upv.es, lpuente@utem.cl

INTRODUCCIÓN

La Academia Nacional de Ciencia de los Estados Unidos ha definido los alimentos funcionales como “cualquier alimento o ingrediente alimenticio modificado, que pueda proporcionar un beneficio a la salud superior al de los nutrientes tradicionales que contiene” (1). Muchas otras definiciones en el mismo sentido se pueden encontrar (2, 3, 4, 5, 6). A lo largo del tiempo se han utilizado muchos términos para identificar los alimentos funcionales, tales como alimentos de diseño, productos nutracéuticos, alimentos genéticamente diseñados, farmalimentos, vitalimentos, fitoalimentos/fitonutrientes, alimentos de alto rendimiento, alimentos inteligentes, alimentos terapéuticos, alimentos de valor añadido, alimentos genómicos, prebióticos/probióticos, alimentos superiores, alimentos hipernutritivos, alimentos reales (3,7). La tabla 1 resume alguna de estas definiciones.

Tabla 1. Definiciones relacionadas con los alimentos funcionales

Término	Definición	Bibliografía
Alimento Funcional	Cualquier alimento o ingrediente que proporcione un beneficio para la salud superior al que aportan los nutrientes tradicionales que contenga.	1
Quimiopreventivo	Componente alimenticio, con función nutritiva o no, que se ha comprobado científicamente que posee potencial inhibitorio, preventivo frente al cáncer primario y secundario.	8
Alimento de Diseño	Alimento procesado al que se le han añadido ingredientes naturales ricos en sustancias preventivas de enfermedades.	9
Nutracéutico	Cualquier sustancia que pudiera considerarse alimento, o parte de él, que proporcione beneficios médicos o para la salud, incluyendo la prevención y el tratamiento de enfermedades.	10, 11
Fitoquímico	Sustancias que se encuentran en frutas y verduras comestibles, que se ingieren diariamente en cantidades importantes por los humanos, y que poseen el potencial de modular el metabolismo de forma positiva en la prevención del cáncer.	8, 12

El sistema regulatorio japonés, FOSHU (Alimentos de uso exclusivo para la salud), describe 11 categorías de ingredientes con actividad fisiológica (3):

- Fibras alimentarias.
- Oligosacáridos.

- Alcoholes derivados de azúcares.
- Ácidos grasos poliinsaturados.
- Péptidos y Proteínas.
- Glucósidos, Isoprenoides y Vitaminas.
- Alcoholes y fenoles.
- Colinas (lecitina).
- Bacterias del ácido láctico.
- Minerales.
- Otros.

El poder funcional de los alimentos sobre la salud es de origen milenario, principalmente a lo largo de la historia de la cultura oriental, donde los alimentos y la medicina son considerados igualmente importantes en la prevención y curación de enfermedades. La relación alimento-medicina es conocida por la cultura china hacia el año 1000 AC. El “Yellow Emperor’s Internal Classic” es probablemente el primer libro clásico de medicina china (745-221 AC) donde se encuentran diversas prescripciones de dietas médicas (7). Muchos productos,

desde la antigüedad, han sido utilizados como alimentos, y como medicina, tales como el jengibre, la menta, el ajo, el azafrán. La filosofía del “alimento como medicina” es la que soporta el paradigma de los alimentos funcionales (13).

Una de las primeras menciones históricas de incorporación de nutrientes en los alimentos data del 400 DC, en el que el médico persa Melanpus sugirió que la adición de limaduras de hierro al vino en campañas bélicas tenía un efecto

fortalecedor y de aumento en la resistencia en los soldados que lo consumían. Ya en el año 1831 el médico francés Boussingault impulsó la adición de yodo a la sal para prevenir el bocio.

La cultura occidental durante la historia ha creado una barrera entre la alimentación y el trata-

miento farmacológico que hoy en día está desapareciendo. En 1942, la caseína parcialmente hidrolizada como una fuente proteica fue utilizada en pacientes pediátricos con desórdenes gastrointestinales y alergias. Hacia 1950 fue desarrollada para los astronautas una fórmula completamente hidrolizada para disminuir los desechos durante el vuelo (11).

Durante la primera mitad del siglo XX, las vitaminas fueron objeto de especial atención en el campo de la nutrición, por parte de la comunidad científica; es la época del descubrimiento de 13 vitaminas esenciales (13). El paradigma de la época establecía que los alimentos deberían ser abundantes, sin contaminación ni adulteración, sanos y nutritivos (14).

La llegada de las dos Guerras Mundiales provocó hambruna en la población, y esto impulsó a los diferentes gobiernos a establecer verdaderos programas de enriquecimiento de alimentos con toda clase de nutrientes esenciales, con la finalidad de corregir o prevenir las deficiencias alimenticias que sufría un sector muy amplio de la población. Se promovió la mejora del conocimiento de la composición nutricional de los alimentos y el desarrollo de proyectos de restauración de nutrientes en aquellos alimentos que los habían perdido durante los procesos de manipulación y transformación industrial. Así se establecieron como prácticas de fabricación la adición de yodo a la sal, las vitaminas A y D a la margarina, la vitamina D a la leche, y las vitaminas B1, B2, niacina y el hierro a las harinas y al pan (15).

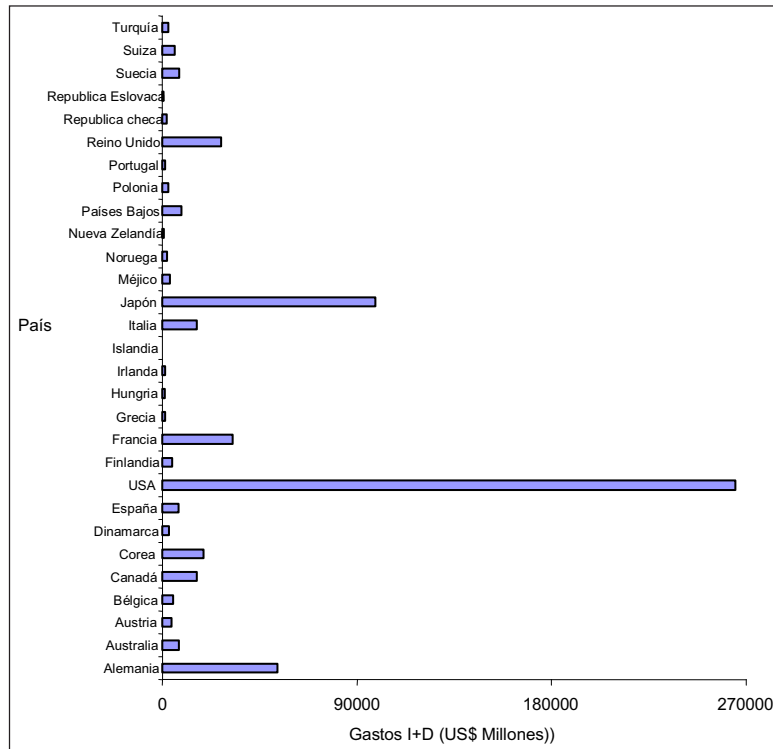
Existe un interés muy especial de muchos países, comunidades académicas y científicas, por explorar en el campo de los alimentos funcionales dado que cada día la cultura hacia una alimentación sana y con mayores beneficios va en aumento. El objetivo del presente documento es el de ilustrar sobre aspectos generales de los alimentos funcionales, analizar la situación actual y las tendencias en un futuro próximo. La revisión fue

realizada en la base de datos de la Sciencedirect (ELSEVIER) en el periodo de los últimos 15 años, en libros y tesis de posgrado específicos de alimentos funcionales editados en los últimos 5 años.

Situación actual

El concepto de los alimentos funcionales fue desarrollado en Japón durante la década de 1980, como una necesidad para reducir el alto costo de los seguros de salud que aumentaban por la necesidad de proveer cobertura a una población cada vez de mayor en edad (16). Con el paso del tiempo se han identificado componentes fisiológicamente activos o bioactivos en los alimentos (17, 18, 7), soportados con un aumento en las evidencias científicas en que se apoyan los efectos fisiológicos o los beneficios para la salud; al mismo tiempo aumenta el interés de los consumidores, la industria y los legisladores por este tipo de alimentos.

El éxito actual de la industria alimentaria depende de la capacidad de adaptación e innovación de productos de calidad que satisfagan las expectativas y además respondan a las necesidades sociales de los consumidores. La importancia de la innovación, y especialmente su transferencia y evolución, debe extenderse a la comunicación, búsqueda de información, ayudas de los gobiernos, las sociedades, las alianzas. Además, para conseguir una política de innovación, la empresa puede optar por el desarrollo interno de tecnología o bien por la transferencia de la misma (19). Según el informe de tecnología e innovación en España, COTEC 2003 (www.cotec.es/publica/publicaciones.html), el gasto de Investigación y Desarrollo (I+D) se interpreta como la verdadera inversión que prepara la futura capacidad competitiva de los países y de las empresas (Figura 1). Los países que van a la cabeza en inversiones en I+D, igualmente corresponden a los de avances más significativos en el desarrollo de alimentos funcionales: USA, Japón, Alemania, Francia y el Reino Unido.



Fuente: www.cotec.es/publica/publicaciones.html.
 Fecha de consulta: Agosto 2003.

Figura 1. Situación internacional actual de inversiones en I+D.

En el mercado actual se encuentran una serie de productos que ayudan a favorecer un adecuado crecimiento y desarrollo del individuo, interesante para las mujeres durante la gestación, el desarrollo fetal, el crecimiento y desarrollo del lactante y del niño. Hay alimentos enriquecidos en hierro y folatos (cereales de desayuno), yodo (sal yodada), calcio (lácteos y bebidas), vitamina D (lácteos y grasas), nutrientes específicos en la infancia (fórmulas infantiles), etc. Uno de los alimentos que contiene estas propiedades es la leche enriquecida con calcio, vitaminas A y D. El lanzamiento de estos productos en la gama desnatada y semidesnatada se ha impulsado bajo la restauración de las vitaminas liposolubles A y D, que la leche pierde al eliminar la grasa. El objetivo del calcio en estos productos es ayudar a la formación y el mantenimiento de una masa ósea y dientes fuertes y sanos (20). La leche, junto con los derivados lácteos tiene su principal valor nutricional en su alto contenido en calcio y su consumo es tan imprescindible que su exclusión o bajo consumo impediría el aporte dietético de calcio adecuado.

Alimentos que ayudan al metabolismo de sustancias, con bajo contenido energético, bajos en grasas o en azúcares, enriquecidos en ácidos grasos omega-3 o en fibra, bebidas y productos para deportistas, contribuyen a mantener un peso adecuado, controlar el nivel de azúcar en sangre o las tasas de colesterol y triglicéridos plasmáticos, o permiten un adecuado rendimiento en la práctica de actividad física. En estos productos se sustituye el azúcar común por otro tipo de edulcorantes no calóricos (sacarina, ciclamato, espártame, etc.) o bien se reduce o sustituye cierta cantidad de grasas por otros componentes menos calóricos (almidones, etc.). Algunos ejemplos son: mermeladas con edulcorantes no calóricos, patés, margarinas y mayonesas *light*, bebidas con sacarina u otros edulcorantes acalóricos, etc.

Se han desarrollado productos que favorecen la defensa contra el estrés oxidativo; funcionan como una barrera frente al efecto nocivo

de los radicales libres sobre el ADN, las proteínas y los lípidos de nuestro cuerpo. Éstos contribuyen a reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares, degenerativas e incluso de cáncer. Entre las sustancias antioxidantes más destacables se encuentran las vitaminas E y C, los carotenoides, el zinc, el selenio, los polifenoles y compuestos de azufre. Se destaca la presencia en el mercado en forma creciente de los jugos de fruta o de bebidas de leche y jugo, que incluyen entre sus ingredientes una o varias sustancias antioxidantes. La actividad antioxidante de la vitamina E quizás la hace una de las más importantes; existe evidencia científica de que la vitamina E puede ayudar a prevenir ciertas formas de cáncer (21) especialmente cáncer de próstata (22). Algunos autores apuntan un carácter preventivo de la angina (23), la preclancia (24), la enfermedad de Alzheimer (25), la artritis reumatoidea (26), cataratas (27) y a tratamientos de infertilidad (28). Es importante tener en cuenta que altas dosis pueden provocar el efecto contrario, es decir, pueden resultar prooxidantes (29, 30, 31).

Algunos aceites vegetales tienen una variedad de componentes fisiológicamente activos que son obtenidos por procesos de refinado y son de uso medicinal, tales como: la vitamina E, los ácidos grasos como el ácido γ -linolénico y el ácido ricinoleico, los fosfátidos como la fosfatidilcolina y la fosfatidilserina, los carotenoides como el β -caroteno, los fitosteroles como el β -sitosterol, el estigmasterol o sus formas saturadas (estanoles), el γ -oryzanol, quinonas como la coenzima Q₁₀ (CoQ₁₀) y las vitaminas K₁ y K₂ (32). En Japón algunos aceites comestibles con altos niveles de vitamina E y β -sitosterol han recibido la aprobación según el FOSHU y la tendencia actual hacia los aceites refinados fortificados es similar a la fortificación de la harina de trigo que empezó en USA durante los años 1940. Todos estos componentes tienen un gran potencial en el desarrollo de nuevos productos funcionales.

La oficina de Food and Drug Administration (FDA) recientemente aprobó el uso de esteroides y estanoles en margarinas para ayudar a disminuir el nivel de colesterol y su demanda a nivel mundial se ha incrementado después de su aprobación; desafortunadamente el costo del producto enriquecido es 3 veces mayor que el de una margarina normal (33). De igual manera, el Comité Científico de Alimentación Humana en la Unión Europea aprobó recientemente el enriquecimiento en fitosteroides de margarinas y yogur líquido. Ensayos recientes han confirmado que alimentos de diferentes matrices, enriquecidos en fitosteroides reducen el LDC-colesterol sin alterar el HDL-colesterol o los triglicéridos en general (34). En el mismo sentido, el desarrollo de una mayonesa que ayuda a reducir el colesterol, utilizando γ -Oryzanol puede contribuir igualmente a incrementar la demanda de este componente en el futuro (35).

El consumo habitual de ácidos grasos omega-3 (ácido eicosapentanoico (EPA) y ácido docosahexanoico (DHA)), contribuye a reducir las tasas de colesterol y triglicéridos sanguíneos y a reducir el riesgo de formación de trombos o coágulos y de enfermedades cardiovasculares (36). La leche desnatada enriquecida con omega-3 y huevos con DHA son un ejemplo particular de estos productos.

Otros alimentos funcionales son los probióticos que son aquellos que contienen microorganismos

vivos que al ser ingeridos en cantidades suficientes, ejercen un efecto positivo en la salud más allá de los efectos nutricionales básicos (37, 38, 39). En esta denominación se incluyen, además de los microorganismos del yogur (*Lactobacillus bulgaricus* y *acidophilus*), los de otras leches fermentadas de nueva generación (*Bifidobacterium* y *Lactobacillus casei immunitas*, etc.). Las bacterias ácido-lácticas ejercen similares acciones saludables en el organismo: equilibran la flora intestinal y potencian el sistema de defensas o inmunológico (40).

Los prebióticos son sustancias de los alimentos que resisten la digestión en el intestino delgado y son susceptibles de ser fermentadas por la flora bacteriana del intestino grueso, ejerciendo un efecto favorable sobre la misma e indirectamente sobre nuestro cuerpo. Entre los prebióticos hay diferentes tipos de fibra: soluble, lignina y oligosacáridos no digeribles, por ejemplo los fructooligosacáridos, que se añaden a productos como leche, yogures, flanes y margarinas. Estos compuestos son sustrato de las bacterias que colonizan el intestino grueso, originando ácido láctico y ácidos grasos de cadena corta, que estimulan el crecimiento de las bifidobacterias y equilibran la flora intestinal (37,38).

Otros productos que favorecen las funciones psicológicas y de conducta, que están relacionadas con el apetito y la sensación de saciedad, el rendimiento cognitivo, el humor o tono vital y el manejo del estrés son los alimentos enriquecidos en fibra, con sustancias excitantes (caféina, ginseng, etc.) o tranquilizantes extraídas de plantas, etc. (7,3, 41).

El mercado actual de los alimentos funcionales es estimado en el orden de 33 billones de dólares. USA es el mercado más importante y dinámico con un consumo estimado mayor del 50% de la cantidad global (42,43), donde los alimentos funcionales representan aproximadamente un total del 2% del mercado total de los alimentos (44).

Otro mercado importante es el japonés. El informe de la Japan Health Food & Nutrition Food Association, del 26 de enero de 1998, estableció que desde la entrada en vigor de la regulación hasta el año 1998 solamente 126 productos recibieron la aprobación FOSHU y estos productos representaron en ventas aproximadamente 1 billón de dólares. En febrero del 2000, el número de productos con la aprobación FOSHU fue 174 y sus

ventas en el mercado representaron alrededor de 2 billones de dólares, sin embargo aproximadamente mil productos adicionales han sido introducidos en el mercado japonés como alimentos saludables sin la aprobación de FOSHU (45).

Marco legislativo

Con el espectacular aumento en la comercialización y el uso de suplementos dietéticos y alimentos enriquecidos y fortificados que el mercado ha experimentado, se hace cada vez más necesario un marco legislativo que proteja a los consumidores de las atribuciones de propiedades falsas o confusas y que además pudiera responder a las necesidades de la industria en cuanto a innovación en el desarrollo de productos, su comercialización y su promoción.

Japón a partir de 1991, es el único país que tiene un proceso regulador específico para la aprobación de alimentos funcionales, conocidos como el sistema FOSHU, que está amparado por la nueva ley de regulación de mejora nutricional según ordenanza ministerial No. 41, de julio de 1991, enmendada por la ordenanza ministerial No. 33, de mayo 25 de 1996) (46). Los alimentos con la aprobación FOSHU están soportados por informes de seguridad, evidencias científicas sobre el efecto en los humanos y la composición o un análisis nutricional correspondiente. De acuerdo a los japoneses, un alimento funcional debe cumplir 3 condiciones (2):

1. Estar constituido por ingredientes naturales.
2. Se debe consumir como parte de una dieta diaria.
3. Ser un alimento que al consumirse presente una particular función en el cuerpo humano, como:
 - Mejoramiento en los mecanismos de defensa biológica.
 - Prevención o recuperación de algunas enfermedades específicas.
 - Control de las condiciones físicas y mentales.
 - Retardo del proceso de envejecimiento.

En la Unión Europea (UE), en la actualidad no existe una legislación armonizada sobre las discusiones de salud, y por lo tanto las cuestiones relativas a dichas discusiones se resuelven a nivel nacional (3). El reto en los estados miembros de la UE

es conseguir, bajo el marco regulador existente, que los mensajes que se comunican no hagan ninguna referencia a que dichos alimentos puedan reducir el riesgo de padecer enfermedades, incluso aunque existan pruebas científicas que avalen dichas afirmaciones. La legislación europea relativa al etiquetado prohíbe atribuir a los alimentos propiedades preventivas, terapéuticas o curativas, y la referencia a dichas propiedades. En ausencia de una directiva relativa a alegaciones de salud, los estados miembros de la UE han aplicado diferentes interpretaciones de la actual legislación sobre etiquetado. A su vez, la opinión generalizada es que las alegaciones de salud deben estar adecuadamente corroboradas para proteger al consumidor, fomentar el comercio justo y potenciar las investigaciones y la innovación en la industria alimentaria.

En Estados Unidos se permite desde 1993 que se aleguen propiedades “que reducen el riesgo de padecer enfermedades” en ciertos alimentos. Solo se autoriza una declaración de beneficio para la salud en el etiquetado de productos regulados por la administración para alimentos y medicamentos (FDA), siempre que existan evidencias científicas públicamente disponibles que demuestren la validez de la relación descrita en esa declaración (47). Según la FDA, las discusiones pueden basarse también en “declaraciones autorizadas” de Organismos Científicos Federales, como los Institutos Nacionales de la Salud (National Institutes of Health) y los Centros para la Prevención y el Control de Enfermedades (Centers for Disease Control and Prevention), así como de la Academia Nacional de las Ciencias (48).

DESARROLLO DE ALIMENTOS FUNCIONALES

Criterio para la selección del alimento portador.

Uno de los factores más importantes para el éxito de cualquier programa de incorporación de nutrientes a los alimentos lo constituye la elección del alimento portador. En primer lugar es necesario conocer los gustos y las necesidades nutricionales de la población a la que van destinados estos productos. Se espera con su consumo mejorar el estado alimenticio y de salud de la población en su conjunto, por lo que las características organolépticas

del alimento fortificado deberán ser del agrado y aceptación del consumidor. Esto hace que no cualquier alimento pueda ser fortificado, aunque técnicamente sea posible. Además no todos los nutrientes pueden ser adicionados, puesto que su estabilidad dentro de la matriz del alimento, así como sus efectos sobre la naturaleza y calidad del mismo, tienen la última palabra en la viabilidad del proceso y en la aceptación por el consumidor. Así pues, la selección del alimento deberá garantizar las siguientes consideraciones:

- Control de calidad.
- Estabilidad y biodisponibilidad de los nutrientes bajo condiciones de uso y almacenamiento.
- Las características organolépticas no deben sufrir cambios significativos.
- Ser económicamente viable a través de un proceso industrial.
- No toxicidad debido a un exceso de la dosis empleada o por interacciones con otros componentes originales del alimento.
- El alimento seleccionado debe ser consumido regularmente y en cantidades predecibles por la población.

Metodologías de fabricación

• Ingeniería genética

El desarrollo biotecnológico ha permitido obtener productos con cambios perdurables en el tiempo y de características especiales a partir de modificaciones genéticas. Arroz con b-caroteno y un mayor contenido en hierro (49, 50), soja rica en ácido oleico y pobre en ácidos grasos saturados (51) y cambios en el valor nutricional de la patata (52) son ejemplos de estos productos.

• Técnicas en cultivo y cría

Modificaciones en las técnicas de cultivos vegetales y cría de animales pueden generar mejoras en los productos finales. Huevos enriquecidos con ácidos grasos omega-3 (53, 54, 55), leche y carne de vaca enriquecidas con ácido linoleico (56), son algunos ejemplos.

• Incorporación a granel

Es ésta la tecnología más utilizada en los programas de fortificación y enriquecimiento. En general, implica la obtención de una mezcla homogénea que contiene los nutrientes a adicionar en las cantidades deseadas. Las cantidades agregadas dependerán en gran medida de la fase del

procesamiento seleccionada para la adición, pues siempre se deberán tomar en consideración todos aquellos factores de industrialización capaces de causar pérdidas de los nutrientes incorporados, tales como tratamientos térmicos, operaciones mecánicas, procesos de enfriamiento que reduzcan la disolución de la premezcla en el producto, etc. Los alimentos formulados más comercializados siguiendo el método de mezclado son el azúcar, las harinas, productos lácteos, los aceites vegetales, la margarina, las bebidas y los alimentos líquidos.

• Ingeniería de matrices. Impregnación a vacío (IV).

El proceso de impregnación a vacío ha sido descrito (57,58) a través de la acción del mecanismo hidrodinámico (HDM), como un proceso de transporte de materia en un sistema sólido poroso-líquido. La técnica de impregnación a vacío (IV) ha sido aplicada para introducir líquidos con componentes fisiológicamente activos en la estructura porosa de diferentes frutas, cambiando la composición del producto y sus propiedades físico-químicas (59,60). Esta técnica se presenta como una alternativa de la aplicación en la industria alimentaria para la producción de nuevos alimentos funcionales por las siguientes ventajas (61):

- Cinéticas de transferencia de masa rápidas.
- Mayor ganancia de solutos en tiempos cortos.
- Mejor conservación del color y mejora del mismo en algunos productos.
- Conservación del sabor y aroma del producto fresco, al permitir trabajar a bajas temperaturas sin incrementos importantes de tiempo de proceso.

La impregnación a vacío está afectada por diversos factores (61, 62):

- Composición del tejido.
- Estructura del tejido (tamaño y distribución de poros).
- Tiempo de relajación de la matriz sólida, que depende de las propiedades mecánicas del alimento.
- Velocidad de flujo del gas y del líquido durante la acción del HDM, que a su vez depende de la estructura del tejido y de la viscosidad de la disolución.
- Tamaño y forma de la muestra.

Mecanismos de acción

Las acciones básicas implicadas en las distintas técnicas de obtención de alimentos funcionales se simplifican en:

- Extracción: se extrae o neutraliza la acción de algún componente no deseado, presente en el alimento, por ejemplo agentes tóxicos o mutagénicos.
- Reemplazo: se procede a una sustitución parcial o total de un componente negativo por uno positivo, sin modificar de manera notable las propiedades del alimento (ejemplo: sustituir materia grasa de origen animal por hidratos de carbono de cadena larga).
- Aumento: se aumenta el contenido de un componente beneficioso para la salud, preexistente en el alimento (ejemplo: la adición de fibra).
- Adición: se añade un ingrediente que el alimento previamente no contenía y que supone una ventaja para el consumidor (ejemplo: adición de vitaminas, minerales u otros micronutrientes).

Fases de desarrollo

Las fases más importantes en el proceso de desarrollo y obtención de alimentos funcionales son (63):

- 1) Selección y definición clara de los componentes fisiológicamente activos.
- 2) Desarrollo de las técnicas adecuadas para identificar y valorar la actividad de dichos ingredientes en la materia prima y en el producto terminado.
- 3) Estudio experimental de las propiedades físicas, químicas y biológicas del alimento.
- 4) Estudio de los procesos de absorción y de metabolización del ingrediente con actividad fisiológica por el organismo.
- 5) Estudio, mediante procedimientos acelerados, de la estabilidad del constituyente activo en la fórmula final, en distintas condiciones.
- 6) Valoración extensa de los hipotéticos efectos beneficiosos en un modelo animal, preparándose para los ensayos clínicos.
- 7) Realización de estudios de toxicidad aguda y crónica, en modelos animales adecuados.
- 8) Establecimiento de las dosis mínimas y máximas en adultos y en niños sanos, así como en

enfermos y en personas mayores (si en ellos tuviera indicación el principio activo).

- 9) Experimentación clínica siguiendo el protocolo científico adecuado, en adultos sanos.

FUTURO DE LOS ALIMENTOS FUNCIONALES

Las principales tendencias para el desarrollo futuro de los alimentos funcionales están relacionadas con los siguientes hechos:

- Los cambios en las expectativas y las actitudes de los consumidores.
- El crecimiento del conocimiento sobre la relación dieta-procesos fisiológicos.
- Los avances en la ciencia y tecnología de los alimentos
- Los cambios en las políticas reglamentarias.

Los principales desafíos tecnológicos a los que se enfrenta el desarrollo de nuevos alimentos funcionales son: la mejora de la estabilidad de los componentes con actividad fisiológica, la problemática de cuantificación y análisis, las dosis máximas, la realización de más estudios clínicos que avalen de manera rigurosa los efectos beneficiosos que se atribuyen a los distintos componentes, así como también cumplir con las nuevas expectativas de los consumidores y los aspectos de mercado y legislativos que se vayan generando.

Las frutas son alimentos cuya mayor parte de la producción mundial está destinada al consumo en fresco, y diseñar nuevos productos funcionales a partir de éstas, con mayor tiempo de vida útil, abre nuevas puertas al crecimiento de la agroindustria y a la satisfacción de las exigencias del consumidor actual. El enriquecimiento de frutas con componentes fisiológicamente activos puede ser un efectivo camino para combatir deficiencias y, en este sentido, las frutas son clave como vehículo portador por su elevado consumo mundial. Si éstas se enriquecen a niveles del consumo diario recomendado (CDR) pueden contribuir a un mejor estado nutricional de la población.

Las mejores perspectivas del futuro las tiene la expresión de genes que codifican proteínas de alto valor añadido en la glándula mamaria de algunos mamíferos. Como consecuencia se produce una leche enriquecida en determinados productos, como el activador del plasminógeno o el

factor antihemofílico (12). Claramente la ingeniería genética es una nueva tecnología en expansión que va a cambiar la oferta alimentaria en los próximos años.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Thomas, P.R.; Eart, R. (1994). Enhancing the food supply. En *Opportunities in the Nutrition and Food Sciences*: 98-142, Washington, D.C, National Academy Press.
2. Schneider, M. (2001). Phospholipids for functional food. *Eur. J. Lipids Sci. Technol.*, 103: 98-101.
3. Mazza, G. (2000). Alimentos funcionales: aspectos bioquímicos y de procesado. Zaragoza. Editorial Acribia S.A. España
4. Robertfroid, M. (2000). Defining Functional Food. In G. Gibson, & C.M. Williams (Eds.) *Functional Foods; Concepts to product*: 9-29. Cambridge: Woodhead
5. O'Donnell, E. (1998). Functional Foods-Designed for Health. *Leatherhead Food RA Food Industry Journal*, volume 1 spring: 10-17.
6. Bello, J. (1995). Los alimentos funcionales nutraceuticos: Funciones saludables de algunos componentes de los alimentos. *Alimentaria*, 267: 49-58.
7. Xu, Y. (2001). Perspectives on the 21st. century development of functional foods: bringing Chinese medicatet diet and functional foods. *International Journal of food Science and Technology*, 36: 229-242.
8. Bad, Y.; Fenwick, R.(2004). *Phytochemicals in health and disease*. Marcel Dekker, New York.
9. Pence, G.E. (2002). *Designer Food. Mutant Harvest or Breadbasket of words* Gregory E. Pence. Rowman and Publishers, Inc., New York, oxford.
10. Andlauer, W.; Fürst, P. (2002). Nutraceuticals: a piece of history, present status and outlook. *Food Research International* 35: 171-176.
11. Mueller, C. (1999). The Regulatory Status of Medical Foods and Dietary Supplements in the United States. *Nutrition*, vol.15-3: 249-251.
12. Betoret, N. (2002). Aplicaciones de algunas técnicas de ingeniería de alimentos en el desarrollo de alimentos naturales enriquecidos. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia, España.
13. Hassler, C.M. (1996). Functional Food: the Western perspectives. *Nutr. Rev.*, 54(11): S6-S10.
14. Glinsmann, W.H. (1996). Functional Food in North America. *Nutr. Rev.*, 54(11): S33-S37.
15. Pan American Health Organization, www.paho.com, fecha de consulta: agosto 2003.
16. Anónimo (1991). When food meets medicine. *Food Manufacture*, 66: 26
17. Peninnton, J.A.T. (2002). Food Ccomposition Databases for Bioactive Food Components. *Journal of Food Composition and Analysis* 15: 419-434.
18. Krist-Etherton, P.M.; Hecker, K.D.; Bonanone, A.; Coval, S.M.; Binkoski, A.E.; Hilpert, K.F.; Griel, A.E.; Etherton, T.D. (2002). Bioactive compounds in Foods: Their Role in the prevention of Cardiovascular Disease and Cancer. *The American Journal of Medicine*. Volume 113(9B): 71S-88S.
19. González-García, S. (2002). Estudio de la importancia del desarrollo de nuevos productos alimenticios funcionales en Europa. Tesis de grado de Master de Diseño, gestión y desarrollo de nuevos productos, Universidad Politécnica de Valencia España.
20. Brouns, D.; Vermeer, C. (2000). Functional Foods ingredients for reducing the risk of osteoporosis. *Trends in Food Science & Technology* 11: 22-33.
21. Zheng, W.; Sella, T.A.; Doyle, T.J. (1995); Retinol, antioxidant vitamins, and cancer of the upper digestive tract in a prospective cohort study of postmenopausal women. *Am. J. Epidemiol.*, 142: 955-960.
22. Heionen, O.P.; Albanes, D.; Virtamo, J. (1998). Prostate cancer and supplementation with a-tocopherol and b-carotene: incidence and mortality in a controlled trial. *J. Natl. Cancer Inst.*, 90: 440-446
23. Rapola, J.M.; Virtamo, J.; Haukka, J.K. (1996). Effect of vitamin E and b-carotene on the incidence of angina pectoris. *Journal of American Medical Association (JAMA)*, 275: 693-698.
24. Chappell, L.C.; Seed, P.T.; Briley, A.L. (1999). Effects of antioxidants on the occurrence of pre-clampsia in women at increased risk: a randomised trial. *Lancet*, 354: 810-816.
25. Sano, M.; Ernesto, C.; Thomas, R.G. (1997). A controlled trial of selegiline, a-tocopherol, or both as treatment for Alzheimer's diseases. *N. Engl. J. Med.* 336: 1216-1222.
26. Knekt, P.; Heliövaara, M.; Aho, K. (2000). Serum selenium, serum a-tocopherol, and the risk of rheumatoid arthritis. *Epidemiology*, 11: 402-405.
27. Tavani, A.; Negri, E.; La Vecchia, C. (1996). Food and nutrient intake and risk of cataract. *Ann Epidemiol.*, 6: 41-46.
28. Suleiman, S.A.; Ali, M.E.; Zaki, Z.M. (1996). Lipid peroxidation and human sperm motility: protective roles of vitamin E. *J. Androl.*, 17: 530-537.
29. Azzi, A.; Stocker, A. (2000). Vitamin E: non-antioxidant roles. *Progress in lipid Research*, 39: 231-255.
30. Bast, A.; Haenen, G.R.M.M. (2002). The toxicity of antioxidants and their metabolites. *Environmental toxicology and pharmacology*, 11: 251-258.
31. Rietjens, I.M.C.M.; Boersma, M.; Haan, L.; Spenklink, B.; Awad, H.; Cnubben, N.H.P.; Van Zanden, J.; Van der Woude, H.; Alink, G.M.; Koeman, J.H.(2002). The pro-oxidant chemistry of natural antioxidants vitamin C, vitamin E, carotenoids and Flavonoids. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, volume 11, Issues 3-4, July: 321-333.
32. Reichert, R.D. (2002). Oilseed medicinals: in natural drugs, dietary supplements and un new functional foods. *Trends in Food Science & Technology*, 13: 353-360.
33. Hollingsworth, P.; Hicks, K.B.; Moreau, R.A. (2001). Development of cholesterol-fighting food. *Food Technology*, 55: 59-67.
34. Quilez, J.; García-Lorda, P.; Salas-Salvado, J. (2003). Potential uses and benefits of phytosterols in diet: present situation y future direction. *Clinical Nutrition*, 22(4): 343-351.
35. Imai, Y.; Tomonari, O.; Chiho, T.; Masatochi, K.; Hidero, t. (1996). Food Additive and use thereof. Amano pharmaceutical co ltd., nagoya, japan: 31. usa patent 5.514.398
36. Mataix, J., Gil. A. El libro blanco de los omega-3. Instituto omega-3. Puleva Food. (www.puleva.es). Fecha de consulta: agosto 2002.
37. Tuhoj, M.K.; Probert, H.M.; Smejkal, C.W.; Gibson, G.R. (2003). Using probiotics and prebiotic to improve gut health. *Drug discovery today*, 8(15): 692-700.
38. Charalampopoulos, D.; Wang, R.; Pandiella, S.S.; Webb, C. (2002). Application of cereals and cereal components in functional foods: a review. *International Journal of Food Microbiology*, Volume 79. Issues 1-2, November:131-141.
39. Betoret, N.; Puente, L.; Díaz, M.J.; Pagan, M.J.; García, M.J.; Gras, M.L.; Martínez-Monzó, J.; Fito, P. (2003). Development of probiotic-enriched dried fruits by vacuum impregnation. *Journal of Food Engineering* 56: 273-277.

40. Salmínen, S.; Von Wright, A. (1998). Lactic Acid Bacteria. Microbiology and Functional aspects. 2 edicions. Marcel Dekker, INC.
41. Kalmar, J.M. y Cafarely, E. (2004). Central fatigue and transcranial magnetic stimulation: effect of caffeine and the confound of peripheral transmission failure. *Journal of Neuroscience Methods* 138 (2004) 15-26
42. Menrad, K. (2003). Market and Marketing of Functional Food in Europe. *Journal of Food Engineering*, 56: 181-188.
43. Hilliam, M. (2000). Functional Foods- How big is the market?. *The World of food Ingredients*, 12: 50-52.
44. Anonimo (2000). Gesundheit braucht Konzepte. *Lebensmittelzeitung*, 52(26): 42-44.
45. Heasman, M.; Mellentin, J. (2001). The functional food revolution. Healthy people, healthy profits?. London and Sterling: Earthscan Publications Ltd.
46. Japanese Ministry of health and Welfare. (June 2000). Food for specified health uses (FOSHU). Tokio
47. Thomson, C.; Bloch, A.; Hasler, C.M. (1999). Position of the American Dietetic Association: Functional Foods. *J. Amer. Diet. Assoc.*, 99(10): 1278-1285.
48. Foods and Nutrition Board (2000). Dietary reference intakes for vitamin C, vitamin E, selenium and carotenoids. Washington DC: National Academy of Science, National Academic Press. www.nap.edu/openbook/0309069351/html/186.html Fecha de consulta: noviembre 2001.
49. Burkhardt, P.K.; Beyer, P.; Wuenn, J.; Kloety, A.; Armstrong, G.A.; Schledz, M.; Von Linting, J.; Potrikus, I. (1997). Transgenic rice (*oryza sativa*) endosperm expressing daffodil (*Narcissus pseudo narcissus*) phytoene synthase accumulates phytoene a key intermediate of provitamin A biosynthesis. *Plant Journal*, 11(5): 1071-1078.
50. Xudong, Y.; Al-Babili, S.; Kloeti, A.; Jing, Z.; Lucca, P.; Beyer, P.; Potrykus, I. (2000). Engineering The provitamin A (β-carotene) biosynthetic pathway into (carotenoid-free) rice endosperm. *Science*, 287(5451): 303-305.
51. Banks, W.; Clapperton, J.L.; Kelly, M.E.; Wilson, A.G.; Crawford, R.J.M. (1990). The yield fatty acid composition and physical properties of milk fat obtained by feeding Soya oil to dairy cows. *Journal of the science of food and agriculture*, 31(4): 368-374.
52. Prescha, A.; Biernat, J.; Weber, R.; Zuk, M.; Szopa, J. (2003). The influence of modified 14-3-3 protein synthesis in potato plants on the nutritional value of the tubers. *Food Chemistry*, 82(4), September: 611-617.
53. Mayo, P.K.; Elswyk, V.; Kubena, K.S. (1995). Shell Eggs as a Vehicle for Dietary Omega-3 Fatty Acids: Influence on Serum Lipids and Platelet Aggregation in Humans. *Journal of the American Dietetic Association*, Volume 95, Issue 9, Supplement 1: A10.
54. Oh, I.Y.; Ryue, J.; Hsieh, C.H.; Bell, D.E. (1991). Eggs enriched in omega-3 fatty acids and alterations in lipids concentrations in plasma and lipoproteins and blood pressure. *American Journal of clinic Nutrition*, 54(4): 689-695.
55. Ogasashara, J.; Hariu, H.; Takahashi, M. (1991). Process for producing liquid egg thus produced. European-Patent-Application; EP 0 426 425 A1, JP 89-282217 (19891030).
56. Dhirman, T.R.; Anan, G.R.; Satter, L.D.; Pariza, M.W. (1999). Conjugated linoleic acid content of milk from cows fed different diets. *Journal of Dairy Science*, 82 (10): 2146-2156.
57. Fito, P. (1994). Modelling of vacuum osmotic dehydration of foods. *Journal of Food Engineering*, 22: 313-328.
58. Fito, P.; Pastor, R. (1994). On some diffusional mechanism occurring Vacuum Osmotic Dehydration (VOD). *Journal of Food Engineering*, 21: 513-519.
59. Fito, P.; Chiralt, A.; Betoret, N.; Gras, M.; Cháfer, M.; Martínez-Monzo, J.; Andrés, A.; Vidal, D. (2001). Vacuum impregnation and osmotic dehydration in matrix engineering. Application in functional fresh food development. *Journal of Food Engineering*, 49: 175-183.
60. Fito, P.; Chiralt, A.; Barat, J.M.; Andrés, A.; Martínez-Monzo, J.; Martínez-Navarrete, N. (2001). Vacuum impregnation for development of new dehydrated products. *Journal of Food Engineering*, 49: 297-302.
61. Chiralt, A.; Fito, P.; Andrés, A. Barat, J.M.; Martínez-Monzó, J.; Martínez-Navarrete, N. (1999). Vacuum impregnation: a tool in minimally processing of foods. En: *Processing of Foods: Quality Optimization and Process Assesment*. Eds: F.A.R. Oliveira y J.C. Oliveira. CRC Press, Boca Ratón. 341-356.
62. Martínez-Monzó, J. (1998). Cambios físico-químicos en manzanas Granny Smith asociados a la impregnación a vacío. Aplicaciones en congelación. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia, España
63. Martín-Hernández, D.; Cámara, M. (2002). "Alimentos funcionales (nutracéuticos)". En: *Alimentos y salud, Monografía VI* Coord. Sanz B. Instituto de España- Real. Academia de Farmacia pp.265-308.

Fecha de Recibo: Octubre 12 de 2004

Fecha de Aceptación: Febrero 8 de 2005

DEPARTAMENTO DE ALIMENTOS

36 años de labores académicas

Sede central

Programas Adscritos

Ingeniería de Alimentos
Ciencia y Tecnología de Alimentos

Facultad de Química Farmacéutica - Universidad de Antioquia
Teléfono: 210 54 65 - Correo electrónico: cta@farmacia.udea.edu.co