

# Revisión histórica y conceptual de los alimentos funcionales: antecedentes, perspectivas y desafíos

## *Historical and conceptual review of functional foods: background, perspectives and challenges*

Carmen Alejandrina Virgen-Carrillo<sup>1\*</sup>, Luis Mojica<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro Universitario del Sur, Universidad de Guadalajara, Ciudad Guzmán, Jalisco, México.

<sup>2</sup>Tecnología Alimentaria, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A. C., CIATEJ, Guadalajara, Jalisco, México.

\*Autor de correspondencia: Av. Enrique Arreola Silva No. 883, 49000, Ciudad Guzmán, Jalisco, México, carmen.virgen@academicos.udg.mx

### Perspectiva

### Resumen

La transición alimentaria y epidemiológica ha suscitado el incremento de enfermedades crónicas no transmisibles en sociedades tanto vulnerables como primermundistas. A pesar de que el interés científico por la funcionalidad de los alimentos como adyuvantes a la salud tiene una historia reciente, día a día se amplía la información científica sobre las propiedades funcionales de los compuestos bioactivos presentes en los alimentos. La falta de una definición universalmente aceptada ha contribuido a la carencia de legislaciones para la producción y comercialización de productos alimenticios que actúen tanto en la prevención como en el tratamiento de enfermedades. El desarrollo de alimentos funcionales debe considerar una serie de pasos que van desde la selección del alimento a probar, la evaluación de su potencial bajo pruebas bioquímicas, la aceptación del consumidor mediante pruebas organolépticas, su presentación mercadológica, la comercialización, entre otros. Las personas, como beneficiarios últimos de la funcionalidad del alimento, precisan de tomar un papel activo en toda la cadena de producción, distribución y consumo de alimentos funcionales. La acción conjunta entre la población general, la comunidad científica, políticos e instituciones asegurará el porvenir de estos alimentos. Este documento aborda la historia reciente de los alimentos funcionales, su evolución científica y la perspectiva política, económica y actual a la cual se enfrenta el futuro de la producción alimentaria en relación con la salud pública.

**Palabras clave:** alimentos funcionales, nutraceuticos, legislación, mercado.

### Abstract

The food and epidemiological transition has led to an increase in non-communicable diseases in both vulnerable and first-world societies. Although scientific interest in the functionality of foods as health adjuvants has a recent history, scientific information on the functional properties of bioactive compounds present in foods expands daily. The lack of a universally accepted definition has contributed to the limited legislation for the production and marketing of food products that act both in the prevention and treatment of diseases. The development of functional foods must consider a series of steps that range from the selection of the food, the evaluation of its potential under biochemical assays, consumer acceptance through organoleptic tests, its marketing presentation, and commercialization, among others. As the ultimate beneficiaries of the functionality of the food, people need to take an active role in the entire chain of production, distribution and consumption of functional foods. Joint action between the general population, the scientific community, politicians, and institutions will ensure the future of these foods. This document addresses the recent history of functional foods, their scientific evolution, and the political, economic and current perspective facing the future of food production in relation to public health.

**Keywords:** functional foods, nutraceuticals, legislation, market.

**Recibido:** 03-05-2024

**Aceptado:** 10-07-2024

Volumen 4, núm. 7

Julio - Diciembre de 2024

<https://doi.org/10.32870/jbf.v4i7.48>

v4i7.48



**Copyright:** © 2024 by the authors. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY). The use, distribution or reproduction is permitted, provided the original author(s) and the copyright owner(s) are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

## Introducción

### **Antecedentes sobre el origen de los alimentos funcionales**

La transición alimentaria ha traído consigo el deterioro en el estado de salud de las personas, tras la modificación de los hábitos alimentarios y el desarrollo de malnutrición. También sucede con la inseguridad alimentaria, la cual, de acuerdo a la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés), acontece cuando el individuo está limitado a la accesibilidad de alimentos inocuos y nutritivos, y/o carece de recursos económicos para obtenerlos (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), 2024). Estas condiciones, junto con el sedentarismo y la baja actividad física, han dado origen a una pandemia de enfermedades no transmisibles como la hipertensión arterial, diabetes mellitus y enfermedades cardiovasculares (Ahmed et al., 2022; Villagrán et al., 2022). La evolución de patologías asociadas a la alimentación ha generado un creciente y sostenido interés científico, político y social. El costo de la atención a la salud, el incremento en la esperanza de vida, la globalización, entre otros, han suscitado diversas inquietudes en la población. Por una parte, la búsqueda de un estatus de salud óptimo, con una mejor calidad de vida y por otro, la urgente necesidad de disminuir la morbilidad y mortalidad en sectores de escasos recursos (Domínguez-Díaz et al., 2020b; Gómez-Gómez et al., 2024). En la actualidad, la ingesta de alimentos no tiene por único objetivo cubrir las necesidades nutricionales de la población, si no, proporcionar beneficios a la salud, situaciones que motivan a las personas a interesarse en las propiedades de los alimentos (Tønnesen et al., 2022). El desarrollo de alimentos que cubran necesidades nutricionales y además brinden beneficios adicionales a la salud, sobre todo desde una perspectiva preventiva, es una realidad. Se comenzó a hablar de la funcionalidad de los alimentos hace 40 años, cuando a partir de 1984 el gobierno japonés, con el interés de mejorar la salud de la población, definió una categoría de productos con declaraciones de propiedades saludables, a los cuales, en 1991 nombraron FOSHU (*Foods for Specific Health Use*, por sus siglas en inglés), que en español se traduciría a "Alimentos para Usos Específicos en la Salud" (Alongi y Anese, 2021; Domínguez-Díaz et al., 2020b). No obstante, a nivel mundial, el reconocimiento de estos alimentos ha sido gradual e impreciso, debido a la carencia de un concepto inequívoco de lo que comprenden estos alimentos, como se describe a continuación.

### **Definiciones de alimentos funcionales**

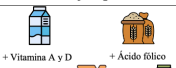


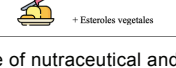
El Ministerio de Salud, Trabajo y Bienestar de Japón define como FOSHU a aquellos alimentos que contienen algún ingrediente funcional para la salud y que han sido aprobados oficialmente para ello. Estos alimentos se consumen para mantener, promocionar o atender usos especiales en la salud. Para que obtengan dicha categoría debe haberse demostrado claramente su eficacia, seguridad y no toxicidad. En el etiquetado o empaque del producto, deben especificarse claramente los estándares de calidad bajo los cuales se ha determinado su funcionalidad, es decir, qué ingredientes, cuáles procesos y/o métodos de análisis han sido utilizados. Adicionalmente, se reconocen otros dos tipos de FOSHU: los *calificados*, que carecen de evidencia científica o cuyo mecanismo de acción no ha sido establecido, pero que

cuenta con las propiedades FOSHU; y los *estandarizados*, que tienen amplia evidencia científica y cumplen con estándar y especificaciones (Ministry of Health, Labour and Welfare, 2024).

Posterior al reconocimiento de la funcionalidad de los alimentos por Japón, diversos países, instituciones y científicos han propuesto sus definiciones, sin que exista hasta la actualidad una definición mundialmente consensuada (Domínguez-Díaz et al., 2020b; Subramanian y Anandharamakrishnan, 2023). No obstante, las definiciones aportadas por EUA, Europa e instituciones internacionales, consideran su funcionalidad cuando se ha demostrado que los alimentos o ingredientes alimenticios brindan beneficios adicionales a la salud, más allá de los nutricios o de la nutrición básica, demostrando sus efectos en una o más funciones para mantener el estado de salud óptimo y/o reducir el riesgo de enfermedad; además de ser consumidos en cantidades usualmente ingeridas (Domínguez-Díaz et al., 2020b; Rana, 2022). Por su parte, la comisión europea sobre la Ciencia de los Alimentos Funcionales en Europa (FUFOSE, por sus siglas en inglés) refiere además que los alimentos funcionales no deben ser pastillas ni cápsulas, si no parte de una dieta normal (The International Life Sciences Institute (ILSI), 1999). A partir de una revisión de 39 definiciones sobre alimentos funcionales, Bigliardi y Galati (2013) refirieron que para el 89.7% de las mismas, el alimento se denominará funcional si provee al consumidor beneficios a la salud; el 46% refirieron que los procesos tecnológicos, como la eliminación de compuestos perjudiciales (alérgenos, sal, azúcares), fortificación, enriquecimientos, entre otros, son la base de los alimentos funcionales; y el 64% que todo alimento funcional debe tener a su vez funciones nutricionales. Por su parte, el Centro de Alimentos Funcionales (FFC "*Functional Food Center*", por sus siglas en inglés) de EUA, los define como "alimentos naturales o procesados que contienen compuestos biológicamente activos; que, en cantidades definidas, efectivas y no tóxicas, brindan un beneficio para la salud clínicamente probado y documentado a través del uso de biomarcadores específicos, para promover una salud óptima y reducir el riesgo de enfermedades crónicas/virales y controlar sus síntomas" (Functional Food Center, 2024).

Aquellos alimentos, naturales o procesados, que contengan compuestos que afecten positivamente la salud, son considerados de igual manera funcionales. Se ha sugerido incluir en esta categoría (Tabla 1) a aquellos sometidos a procesos de fortificación, enriquecimiento, mejoramiento, alteración o modificación de algún elemento para su propiedad funcional (Bansal et al., 2023; Domínguez-Díaz et al., 2020b; Essa et al., 2023). Estos, de acuerdo a sus objetivos, podrían clasificarse como: aquellos que mejoran las condiciones fisiológicas (p. ej. probióticos, microorganismos vivos que mejoran la microbiota intestinal al inhibir la proliferación de patógenos; y prebióticos, como la fibra, que nutren a la microbiota), los que reducen el riesgo de enfermedades (p. ej. productos bajos en colesterol) y los utilizados para condiciones específicas (p. ej. libres de lactosa o gluten; Bigliardi & Galati, 2013).

**Tabla 1.** Clasificación de productos alimenticios funcionales.

Clasificación	Definición	Ejemplos	Objetivos
<b>Fortificados</b>	Con componentes nutricionales adicionales	 + Vitamina A y D + Ácido fólico	Incrementar el aporte nutricional
<b>Enriquecidos</b>	Con componentes o nutrientes que usualmente no tienen	 + Probióticos + Prebióticos + Calcio	Mejorar condiciones fisiológicas
<b>Alterados</b>	Por la eliminación de algún componente nocivo o riesgoso	 - Proteínas alergénicas	Utilizados para condiciones específicas (alergias alimentarias)
<b>Mejorados</b>	Tras el incremento en la concentración de algún componente activo	 + Esteroles vegetales	Reducir el riesgo de enfermedades

Nota. Adaptado de "Future prospective of nutraceutical and functional food with herbs and spices", por P. Bansal, M. Maithani, V. Gupta, G. Kaur y R. Bansal, 2023, en *Herbs, Spices and Their Roles in Nutraceuticals and Functional Foods*, p. 370. Derechos de autor 2023 por Elsevier.

### Distinción de los alimentos funcionales con los nutraceuticos y suplementos

Un importante obstáculo en la definición de los alimentos funcionales es su uso indistinto con el término *nutracéutico* (Alongi y Anese, 2021; Domínguez-Díaz et al., 2020b). Domínguez-Díaz et al. (2020b) advierten que los alimentos funcionales se relacionan con la prevención de enfermedades, mientras que los nutraceuticos actúan tanto a nivel de prevención como de tratamiento. No obstante, otros autores aseguran que los alimentos funcionales no previenen ni curan ninguna enfermedad, dado que otros factores inherentes al individuo se relacionan estrechamente con la etiología de las enfermedades (Granato et al., 2020).

Los nutraceuticos buscan ir "más allá de la dieta, pero antes de los medicamentos" (Santini et al., 2018). El término proviene de la contracción entre las palabras "nutrición" y "farmacéutico", establecida en 1989 por Stephen L. DeFelice para referirse a "un alimento o parte de un alimento que proporciona beneficios médicos o de salud, incluida la prevención y/o el tratamiento de una enfermedad" (DeFelice, 1995). Los nutraceuticos combinan tanto beneficios nutricionales como terapéuticos, los cuales incluyen productos derivados de alimentos que, por su presentación, se asocian con productos farmacéuticos como píldoras, cápsulas, polvos, entre otros; con los cuales se ha demostrado efectos fisiológicos positivos (Ciprandi y Tosca, 2024; Sharma et al., 2016). En este grupo es importante diferenciar a los *suplementos alimenticios*, puesto que ambos podrían comercializarse bajo la misma presentación; no obstante, lo que los distingue es que los suplementos buscan mejorar la salud a través de incidir específicamente en funciones fisiológicas a través de complementar la dieta con determinados compuestos como vitaminas, minerales, aminoácidos, entre otros compuestos con valor nutricional (Domínguez-Díaz et al., 2020b; Santini et al., 2018); mientras que los nutraceuticos se componen de una variedad diversa de sustancias. Por otro lado, los nutraceuticos se utilizan mayormente para la prevención de enfermedades y por tanto sus mecanismos de acción suelen ser diversos (Shahinfar et al., 2023). No obstante, a pesar de sus efectos positivos, los nutraceuticos no deben considerarse como sustitutos de tratamientos convencionales (Ciprandi y Tosca, 2024). Un ejemplo de ellos son las isoflavonas aisladas del frijol de soya que son comercializadas en forma de tabletas como apoyo para la terapia de reemplazo hormonal en mujeres (Bansal et al., 2023). Por su parte, los suplementos suelen presentarse como fuentes concentradas de compuestos, usualmente dosificadas, en diversas presentaciones mercadológicas como cápsulas, polvos, tabletas, ampulas, entre otros, y cuyos efectos

fisiológicos requieren de tiempos de exposición prolongados (Ciprandi y Tosca, 2024).

### Evolución científica de los alimentos funcionales

#### Compuestos bioactivos, matriz alimentaria y efectos funcionales

Alimentos tanto de origen vegetal y animal, tales como frutas, verduras, granos, cereales, lácteos, carnes, pescados, hierbas, especias, etc. se han catalogado como funcionales dado que parte de su composición se integra de compuestos con actividad biológica, también llamados *compuestos bioactivos*. Estos compuestos son los que brindan su capacidad funcional (Bansal et al., 2023; De Boer et al., 2015; Essa et al., 2023; Ghazanfar et al., 2022). La Tabla 2 integra los principales ingredientes funcionales, su función y ejemplos de alimentos que los contienen.

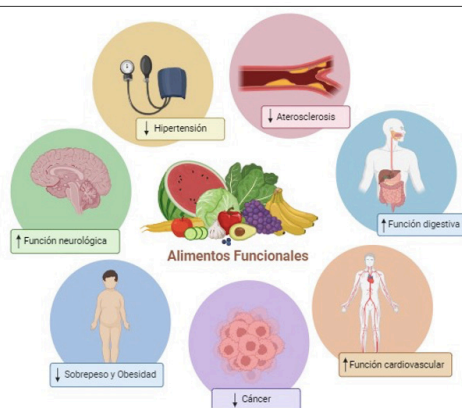
**Tabla 2.** Ingredientes funcionales.

Ingredientes	Función	Alimentos que lo contienen
<b>Probióticos</b>	Microorganismos vivos capaces de sobrevivir en el ambiente ácido del aparato digestivo afectando positivamente la microbiota intestinal y sus funciones	Fermentados como el yogurt 
<b>Prebióticos</b>	Sustancias que contribuyen a la supervivencia, crecimiento y metabolismo de los probióticos y sus funciones sobre la microbiota	Con alto contenido de fibra 
<b>Simbióticos</b>	Combinación de probióticos y prebióticos, los cuales mejoran la supervivencia y funcionamiento de los microorganismos vivos actuando de manera conjunta	Probióticos y prebióticos 
<b>Postbióticos</b>	Metabolitos secundarios producidos o secretados por los probióticos o productos liberados por las bacterias durante su vida o después de su lisis	Alimentos que contengan probióticos o prebióticos
<b>Fibra dietética</b>	Carbohidratos con diez o más enlaces glicosídicos, que pueden variar de acuerdo a su solubilidad, siendo efectivos para regular el apetito y brindar energía a las células intestinales	Frutas, verduras, cereales, leguminosas 
<b>Ácidos grasos poliinsaturados</b>	Regulan el metabolismo y sus diversas funciones, p. ej., actúan como antiinflamatorios, hipolipemiantes	De origen animal y vegetal altos en Omega-3 y 6 
<b>Fitoesteroles y fitoestanoles</b>	Inhiben la absorción de colesterol y previenen enfermedades cardiovasculares	De origen vegetal 
<b>Antioxidantes</b>	Compuestos químicos captadores y neutralizadores de radicales libres, p. ej. polifenoles, carotenoides, terpenoides, tocoferoles, tocotrienoles	
<b>Péptidos bioactivos</b>	Fragmentos de proteínas de origen tanto animal como vegetal, que contribuyen a las funciones biológicas de manera similar a los péptidos endógenos	

Nota. Adaptado de: 1. "Functional Foods: Product Development, Technological Trends, Efficacy Testing, and Safety", por D. Granato, F. J. Barba, D. Bursac, J. M. Lorenzo, A. G. Cruz y P. Putnik, en *Annual Review of Food Science and Technology*. Derechos de autor 2020 por Annual Reviews. 2. "Bioactive Components in Fruit Interact with Gut Microbes", por Y. Jin, L. Chen, Y. Yun, M. Hussain y H. Zhong, en *Biology*. Derechos de autor 2023 por los autores. 3. "Introduction to functional foods and nutraceuticals" por P. Subramanian y C. Anandharamkrishnan, en *Industrial Application of Functional Foods, Ingredients and Nutraceuticals*. Derechos de autor 2023 por Elsevier.

Por otra parte, la *matriz alimentaria* comprende a la interacción entre los componentes químicos y físicos que poseen los alimentos, así como la relación molecular entre ellos (Miller et al., 2023; Mondal et al., 2024). Entre tantos compuestos, la matriz alimentaria posee un aspecto físico, atributos sensoriales, propiedades nutricionales y funcionales, los cuales actúan en conjunto y determinan su digestión, absorción y metabolismo por el tracto gastrointestinal (Aguilera, 2019; Mondal et al., 2024). Diversos *efectos*

funcionales han sido asociados a los compuestos bioactivos y sus matrices alimentarias. Agrupados de manera general, los efectos funcionales (Figura 1) mayormente atribuidos se relacionan con la salud cardiovascular y la reducción de las enfermedades cardiovasculares, entre las que se incluyen la hipertensión, aterosclerosis y dislipidemias; incremento en la función del tracto digestivo, hígado y páncreas, generando efectos hipoglucemiantes, reducción del tejido graso y la obesidad; estimulación del sistema inmunitario, reducción del riesgo de cáncer y de procesos inflamatorios, entre otros (Ghazanfar et al., 2022; Granato et al., 2020).



**Figura 1.** Acciones funcionales de los alimentos.

Nota. ↑, incremento; ↓, disminución. Creado con BioRender.com

### **Interacción entre compuestos bioactivos y fármacos**

Los alimentos funcionales se utilizan para una gran cantidad de acciones. En particular, los FOSHU aprobados son útiles para modificar condiciones gástricas, para la higiene dental y para actuar sobre los niveles de colesterol, triacilglicerol, glucosa, presión arterial, absorción de minerales, osteogénesis, etc. (Ministry of Health, Labour and Welfare, 2024). Dado que muchas de las condiciones patológicas que atienden los alimentos funcionales se relacionan con condiciones crónicas y degenerativas, es frecuente la ingesta de los mismos de manera concomitante con los tratamientos farmacológicos (De Boer et al., 2015).

Los compuestos bioactivos de los alimentos podrían actuar de manera sinérgica con otros alimentos o fármacos, mejorando o potencializando los efectos esperados (Georgiou et al., 2011). Algunos ejemplos de ellos son la interacción del té verde junto con antihipertensivos, hipolipemiantes y antipsicóticos (Albassam y Markowitz, 2017); la cafeína contenida en el café, con antihipertensivos, anti-inflamatorios y anti-depresivos (Belayneh y Molla, 2020); el jugo de manzana con hipoglucemiantes (Alongi et al., 2018); la cúrcuma con anti-depresivos y anti-cancerígenos (Adiwidjaja et al., 2017; Bahramsoltani et al., 2017).

Por otra parte, estas interacciones también pueden generar reacciones agonistas, por ejemplo, el jugo de toronja y el de uva inhiben la enzima 3A4 del citocromo P450, la cual es responsable del metabolismo de varios fármacos, lo que resulta en la elevación de la concentración sérica de la sustancia no metabolizable, generando efectos adversos (Kane y Lipsky, 2000; Pirmohamed, 2013).

De acuerdo a la revisión realizada por De Boer et al. (2015), los efectos adversos entre fármacos y alimentos pueden acontecer en diferentes fases. Por ejemplo, en la absorción,

la interacción podría limitar e incluso potenciar la absorción de los componentes del alimento o del fármaco. Durante el metabolismo, la interacción alimentaria podría inhibir enzimas responsables del proceso, como el citocromo P450, aumentando la concentración del fármaco. En la farmacodinamia, el efecto de la sustancia activa podría interactuar con las sustancias bioactivas del alimento, inhibiendo el efecto farmacológico.

### **Desarrollo y evaluación de los alimentos funcionales**

En la actualidad, resalta el incremento sostenido de investigaciones para el desarrollo y evaluación de alimentos con propiedades funcionales, a pesar de la falta de claridad y consenso entre sus definiciones. Cada vez existe mayor certeza y estandarización en los procedimientos para determinar con precisión la funcionalidad de los alimentos, desde niveles moleculares hasta macroscópicos (Alongi y Anese, 2021; Balcázar-Zumaeta et al., 2023). Los avances tecnológicos y científicos han derivado en la formulación de alimentos potencialmente funcionales mejorados, al eliminar, reducir, incrementar o agregar compuestos. Inclusive se ha planteado la implementación de excipientes alimentarios (por ejemplo, lácteos) para mejorar la eficacia de compuestos bioactivos (Alongi y Anese, 2021; Meléndez-Sosa et al., 2020).

Entre tantos factores que intervienen en la efectividad del alimento funcional, los aspectos fisiológicos inherentes al organismo receptor afectarán considerablemente el resultado final. Por lo que, posterior a la ingesta del alimento, se debe conocer la *bioaccesibilidad* del mismo, entendido como la fracción del compuesto que se libera de la matriz alimentaria y que podrá absorberse intestinalmente, en mayor o menor medida, dependiendo de factores e interacciones gástricas; la *transformación* química o bioquímica que puede alterar su estructura molecular; la *absorción* a través de las células epiteliales hasta la circulación sistémica, que depende de la permeabilidad y el mecanismo de transporte; la *biodistribución* de los compuestos hacia otros tejidos, dependiendo de su unión a las proteínas de transporte; y su *biodisponibilidad*, la cual representará el paso final en el que los compuestos bioactivos alcancen su sitio activo (Alongi y Anese, 2021; Motilva et al., 2015). Con el apoyo en la innovación tecnológica, se han aplicado procesos térmicos, ultrasonidos, alta presión hidrostática, entre otros, para mejorar aspectos como la biodisponibilidad, preservación, reducción del crecimiento microbiano, etc. (Granato et al., 2020).

Además de lo anterior, el desarrollo de los alimentos funcionales debe de considerar la matriz alimentaria que aloja a los compuestos bioactivos, la cual, a diferencia de los fármacos convencionales, posee en sí misma otros compuestos, nutrientes y no-nutrientes, que pueden interactuar y afectar la respuesta orgánica hacia los compuestos (Motilva et al., 2015). El diseño de estas evaluaciones puede ser realizada mediante estudios *in vitro*, con tejidos celulares o pruebas bioquímicas; mientras que su efectividad en los seres humanos debe ser probada mediante ensayos clínicos aleatorios, doble ciego y con placebo de control, con miras a que los hallazgos de las intervenciones humanas se conviertan en resultados traslacionales que se han aplicados en recomendaciones y políticas en salud pública a cargo de los gobiernos (Granato et al., 2023).

La creciente demanda de alimentos industrializados más saludables ha llevado a la industria alimentaria a formular alimentos con mayor contenido nutrimental, por ejemplo, productos de panadería, cereales, bocadillos, entre otros, elaborados a base de leguminosas (las cuales representan una fuente proteica importante), con un bajo costo, ambientalmente sustentables y sensorialmente aceptados, pues son presentaciones cotidianamente ingeridas. Estos productos, al ser procesados en plantas de alimentos y formulados bajo un grado alimenticio, podrían ser evaluados en humanos para validar su potencial biológico y de esta manera asignarles debidamente su categorización como productos alimenticios funcionales (Escobedo y Mojica, 2021). Reformular un alimento consiste en modificar su procesamiento y/o composición, con la finalidad de reducir ingredientes dañinos, como la sal y azúcares añadidos; o incrementar los beneficios de ingredientes o nutrientes como la fibra dietética y las proteínas. Así, la reformulación de alimentos con ingredientes funcionales representa un campo de acción viable para el incremento en la producción, distribución y consumo de alimentos, que sean potencialmente asequibles y accesibles para las personas (Fanzo et al., 2023).

### **Perspectiva económica**

#### **Regulaciones y legislaciones para la comercialización**

La falta de consenso y unificación de una definición mundialmente reconocida y aplicada ha llevado a la falta de regulación en la publicación y posterior comercialización de productos que aseguran tener propiedades para la salud (Gómez-Gómez et al., 2024). Es necesario contar con normas específicas para los alimentos funcionales y nutraceuticos, que puedan ser aplicadas de manera universal, inclusive bajo los mismos estándares con que los fármacos son aprobados (Alongi y Anese, 2021; Santini et al., 2018).

Japón ha propuesto un marco legislativo para aprobar los alimentos FOSHU, los cuales deben someterse al Ministerio de Salud, Trabajo y Bienestar para que el Consejo de Asuntos Farmacéuticos y Saneamiento de Alimentos consulte su efectividad a partir de estudios metabólicos y bioquímicos *in vitro* y la Comisión de Seguridad Alimentaria evalúe su seguridad a partir de ensayos clínicos en población japonesa, así como la determinación de sus componentes activos, para así poder ser aprobados (Martirosyan y Singh, 2015; Ministry of Health, Labour and Welfare, 2024).

En Europa, la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA "European Food Safety Authority", por sus siglas en inglés) regula las declaraciones sobre propiedades funcionales de los alimentos, basadas en evidencia científica sólida realizada en estudios en humanos y que demuestren la relación del alimento/compuesto activo en la salud. Los estudios animales solo servirán como un medio para determinar el mecanismo de acción y como un soporte a la evidencia científica (Domínguez-Díaz et al., 2020a).

En Latinoamérica y el Caribe no se cuenta con una legislación para los alimentos funcionales dentro de las asociaciones de integración económica y comercial, las cuales se apegan a lo establecido por el *Codex Alimentarius* (Gómez-Gómez et al., 2024). De manera particular, México no cuenta con una definición oficial ni normativa alguna respecto a los alimentos funcionales (Villagrán et al., 2022). La Secretaría de Salud, a través de la Norma Oficial Mexicana NOM-086-SSA1-1994,

hace referencia a los alimentos y bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición, los cuales incluyen a aquellos en los que se ha disminuido, eliminado o adicionado nutrimentos para evitar deficiencias y prevenir perjuicios a la salud. Dicha normativa establece lineamientos sobre el etiquetado, envasado y especificaciones nutrimentales de estos productos. La NOM-051-SCFI/SSA1-2010 sobre el etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados menciona que las declaraciones nutrimentales y saludables de los productos deben ser verídicas y claramente estipuladas. Dichos productos pueden proporcionar efectos benéficos en funciones o actividades biológicas, contribuyendo de manera positiva a la salud. No obstante, en ninguna se hace mención sobre los alimentos funcionales o nutraceuticos de manera directa (Secretaría de Salud, 1996, 2010). A pesar de lo anterior, la realidad es que los mexicanos han consumido alimentos con propiedades funcionales desde la época prehispánica, pues la dieta ha estado principalmente compuesta por maíz, chile y frijol, los cuales contienen compuestos bioactivos que han demostrado efectos biológicos positivos (Birute et al., 2024; Sánchez-Velázquez et al., 2023).

#### **El mercado de los alimentos funcionales**

Desde hace más de dos décadas, DeFelice (1995) hablaba sobre la revolución nutraceutica haciendo énfasis en patentar productos y demostrar ampliamente sus beneficios clínicos; con ello, el crecimiento y beneficios en el mercado aumentarían exponencialmente. En la actualidad, la comercialización de alimentos funcionales ha generado la venta de millones de dólares alrededor del mundo, gran parte de ello ha sido derivado de la pandemia de COVID-19, la cual generó el interés y conciencia de los consumidores respecto a la funcionalidad de los alimentos, con la cual el mercado de ventas en EUA se incrementó un 44% entre 2019-2020 (Subramanian y Anandharamakrishnan, 2023). Se estima que para el 2025 alcance ventas por más de \$200 billones de dólares, con un crecimiento anual del 8% (Gómez-Gómez et al., 2024; Subramanian y Anandharamakrishnan, 2023). Las sociedades desarrolladas han incrementado su interés y preferencias por alimentos que repercutan en su estilo de vida, estado de salud y la prevención de enfermedades; por lo que, a pesar de que el desarrollo de alimentos funcionales es difícil, laborioso y representa un gasto elevado, tal parece ser que su costo es menor en comparación con el desarrollo farmacológico (Domínguez-Díaz et al., 2020a; Gómez-Gómez et al., 2024; Granato et al., 2020). Por lo cual la industria alimentaria busca incrementar sus ventas a través de la producción de alimentos más sostenibles, saludables y naturales (Repar y Bogue, 2023). No obstante, además del incremento en la demanda de alimentos funcionales, algunos otros factores como la baja disponibilidad, accesibilidad y elevados costos, conducen a la producción de alimentos adulterados y con bajo valor nutricional y/o funcional, tal como se ha reportado con la miel (Majtan et al., 2021).

Se sugiere que la producción de alimentos funcionales utilice un ciclo de desarrollo cuyo inicio comprenda el *definir* qué enfermedad va a tratar, bajo qué compuesto activo y matriz alimentaria, además de a quién se dirige este alimento considerando sus percepciones, deseos, barreras, etc.; seguido del *diseño*, aplicando la tecnología y la ciencia de alimentos para generar un alimento que cubra las preferencias, hábitos y características sensoriales óptimas para el grupo al que se

dirige; posteriormente, la *evaluación* bajo estudios *in vivo* e *in vitro* que cubran la bioaccesibilidad, transformación, absorción, biodistribución y biodisponibilidad mencionadas anteriormente; finalmente, la *educación* del consumidor y la *información* revelada en el etiquetado del producto (Alongi y Anese, 2021). Este último aspecto resulta vital en el mercado de ventas, puesto que las personas perciben más saludables aquellos alimentos con declaratorias al respecto y sienten mayor seguridad de elegirlos adecuadamente (Domínguez-Díaz et al., 2020a). Por ejemplo, en Japón resulta clara la identificación de estos alimentos, puesto que el etiquetado de un alimento FOSHU debe contener una declaración de salud aprobada, cantidad diaria recomendada, así como advertencias sobre el consumo, preparación, almacenamiento, etc. (Martirosyan y Singh, 2015). En EUA, la información sobre las advertencias a la salud en los empaques solo se permite en aquellos en los que sea posible declarar el efecto cuando se consuman como parte de la dieta diaria y que dicha advertencia sea de fácil comprensión para el consumidor. Se reconocen dos tipos de advertencias: las *autorizadas*, que implican que un alimento o parte de este puede reducir los riesgos a la salud, basado en rigor científico que lo demuestre; y las *calificadas*, que se respaldan por alguna evidencia científica sin un rigor específico y por tanto deben acompañarse de una advertencia sobre el deslindamiento de responsabilidad. En Europa, la regulación (EC) 1924/2006 advierte que las declaraciones a la salud deben tener una aprobación previa a su comercialización, pues estas aseveraciones podrían influir en el comportamiento alimentario de los individuos; por tanto, se autorizarán las advertencias en el etiquetado siempre y cuando se haya demostrado la relación del alimento/compuesto con la salud y se advierta sobre la cantidad y patrón de consumo para obtener el efecto, el cual se deberá lograr siguiendo una dieta equilibrada. Mientras que las declaraciones sobre la disminución de los riesgos a la salud por algún alimento deben advertir al consumidor que algunas enfermedades, como las crónicas, tienen un origen multifactorial y, por tanto, modificar un solo factor de riesgo (en este caso el alimentario) podría no resultar en el beneficio esperado (Domínguez-Díaz et al., 2020a).

Por otro lado, el mercado debe involucrarse en la actitud del consumidor, el cual podría interesarse en adquirir alimentos funcionales si el enfoque de estos se dirige a solucionar problemas de salud relacionados con los alimentos. El más reciente reporte de Mintel Group (2024) señala que los consumidores se preocupan cada vez más por el impacto a la salud que generan los alimentos y bebidas industrializadas; entre el 30-50% de los encuestados en países como India, Chile y España consumirían más productos de origen vegetal y alternativas lácteas si estos fuesen menos procesados. Por lo que la industria alimentaria tiene el reto de crear productos que cumplan con las recomendaciones médicas para la prevención de enfermedades, reduciendo la ingesta energética y obteniendo de ellos beneficios adicionales a la salud, los cuales, al mostrarse debida y atractivamente en las declaratorias del etiquetado, generarán mayor interés para su compra (Alongi y Anese, 2021; Domínguez-Díaz et al., 2020a). Es importante reconocer que los consumidores pueden mostrar diferentes actitudes respecto de las declaraciones a la salud; algunos pueden preferir descripciones largas y completas sobre el alimento, su función, componente activo, etc., mientras que otros pueden optar por declaraciones cortas

y simples sobre su funcionalidad (Grunert et al., 2009). Por otro lado, las respuestas conductuales de los consumidores aseguran el éxito o el fracaso en la industria alimentaria (Chen et al., 2013), por ejemplo, la aversión a las características sensoriales (aroma, sabor, textura); el temor a consecuencias negativas, a la naturaleza o el origen del alimento; la neofilia (interés por alimentos nuevos y desconocidos) y la neofobia (temor a alimentos nuevos o poco familiares), son algunas de las razones que llevan a la aceptación o rechazo por los alimentos (Baker et al., 2022; Giordano et al., 2018; Miolla et al., 2023). De ahí que los consumidores podrían incluso tomar un papel activo al participar en el diseño y generación de productos y no solo en probar el éxito de productos ya creados, lo cual ha demostrado ser una estrategia importante en la introducción exitosa al mercado alimentario; inclusive se ha sugerido que las personas mayormente motivadas pagarían mayores precios por productos funcionales para la salud (Busse y Siebert, 2018; Domínguez-Díaz et al., 2020a). Entre las metodologías más recientes para el desarrollo de nuevos productos alimenticios se considera tomar en cuenta las particularidades de los consumidores (edad, alergias alimentarias, etc.), nuevas categorías de alimentos (alimentos sin carne) y la sostenibilidad como propuesta de valor agregado (Repar y Bogue, 2023).

### **Perspectiva actual sobre los alimentos funcionales** **Actitudes y conocimientos en la población general**

La comunidad científica tiene conocimiento y claridad de los alcances y los retos que competen a los alimentos funcionales; no obstante, el consumidor final, es decir, la población general se encuentra atiborrada de información inconsistente, a veces contradictoria y poco clara respecto a los beneficios que obtendrán con los alimentos funcionales. La complejidad en la que se describen las características y las declaraciones para la salud en los alimentos funcionales podrían generar indecisión y desinterés del consumidor por la falta de comprensión de la información. Según Meléndez-Sosa et al. (2020), alrededor del 97% de la población mexicana desconoce o no comprende los términos de alimento funcional y nutracéutico. Por tanto, la comunidad científica, incluyendo a médicos y nutriólogos, quienes tienen contacto directo con las personas, son parte fundamental en la transferencia de información sobre los alimentos funcionales, debiendo enfocar sus esfuerzos en exponer los beneficios del consumo para la salud (Bigliardi y Galati, 2013). El interés de las personas hacia los alimentos funcionales se acrecienta cuando algún miembro de la familia enferma y el personal de salud informa sobre los alcances de estos alimentos (Domínguez-Díaz et al., 2020a).

Aspectos inherentes al individuo resultan igual de importantes: la edad, género, escolaridad, nivel socioeconómico, características socio-demográficas; así como el nivel de educación en alimentación y nutrición, entre otros, determinarán el interés del consumidor por la búsqueda y el consumo de este tipo de alimentos (Ares et al., 2008; Baker et al., 2022a; Domínguez-Díaz et al., 2020a; Giordano et al., 2018). En primera instancia el consumidor solo es perceptor inmediato de los atributos sensoriales del alimento, dado que los aspectos funcionales no son inmediatamente perceptibles (Alongi y Anese, 2021), por lo que podría considerar consumirlos solo si percibe de estos la recompensa física, al mejorar su salud y rendimiento (Urala y Lähteenmäki, 2004). Por tanto, el desarrollo de los alimentos funcionales debe considerar la

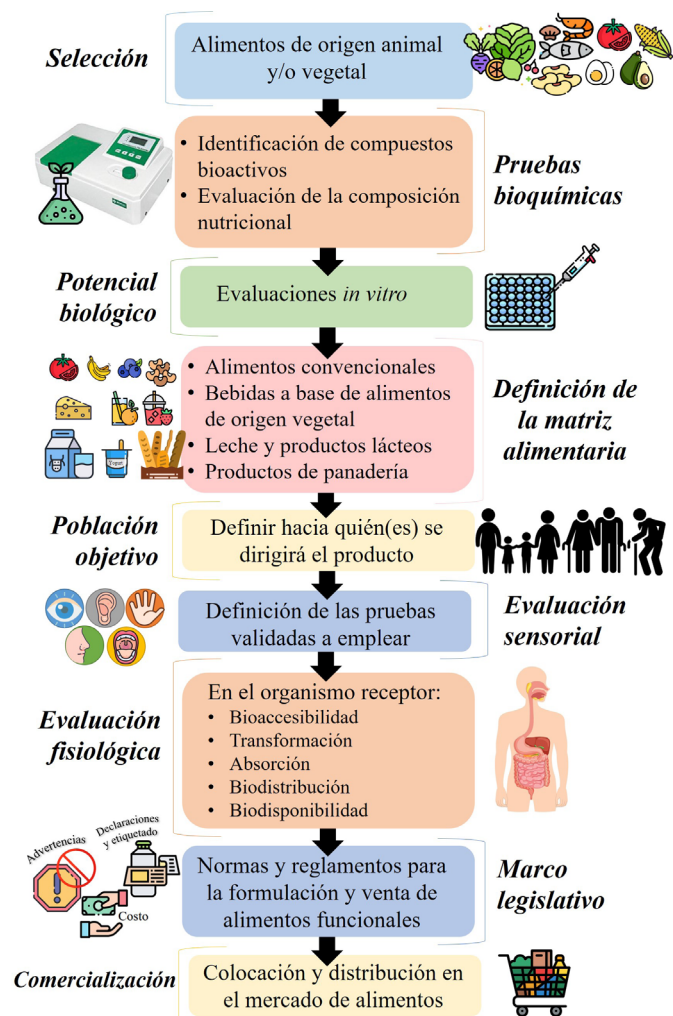
educación, conocimiento, comprensión, motivación, actitud y aceptabilidad del consumidor, con una visión antropológica, considerando aspectos económicos, sociales y culturales (Baker et al., 2022b; Domínguez-Díaz et al., 2020a; Giordano et al., 2018). En el caso de México, residentes de un área urbana informaron tener una idea clara del significado de alimento funcional, no obstante, las variables asociadas al término, tales como salud, nutrición, hedonismo, entre otros, fueron percibidos de manera distinta en relación a su edad, género y nivel de escolaridad, siendo las mujeres quienes tuvieron mayor claridad en el concepto (Rojas-Rivas et al., 2018). En 610 residentes de la Ciudad de México, Rojas-Rivas et al. (2019) cuestionaron sobre la percepción del consumo de amaranto, a través de la técnica de asociación libre de palabras, sobre la cual los encuestados debían responder lo primero que venía a su mente cuando escuchaban la palabra "amaranto". Posteriormente fueron cuestionados sobre los motivos por los cuales ingerían este alimento. En general, el amaranto fue percibido como un alimento tradicional, sabroso y saludable. En México no se cuenta con estudios sobre las tendencias de consumo de alimentos funcionales, no obstante, Meléndez-Sosa et al. (2020) señalan que los productos "light" son altamente demandados en el país, con un mercado repleto de productos caracterizados bajo esta leyenda; puesto que los mismos son percibidos más saludables que los convencionales. Por otra parte, para los mexicanos parece resultar esencial el sabor de los alimentos en relación a sus atributos saludables (Rojas-Rivas et al., 2018).

### **El futuro de los alimentos funcionales**

#### ***Desafíos para el avance científico y su aplicación en la salud pública***

A pesar de que Hipócrates pronunciara la famosa frase "*que la comida sea tu alimento y el alimento, tu medicina*", a la fecha, los alimentos funcionales no pueden reemplazar a los tratamientos farmacéuticos, más sí se ha sugerido el efecto potenciador de su ingesta junto con medicamentos, por lo cual la ciencia debe ampliar el conocimiento sobre las interacciones entre ambos elementos, puesto que algunos de ellos podrían interactuar para potenciar sus efectos, lo cual impactaría directamente en la reducción de los efectos adversos de los fármacos y en el costo económico de los mismos, al reducir la cantidad necesaria para alcanzar el efecto fisiológico esperado (Alongi y Anese, 2021). Así mismo, es indispensable esclarecer los mecanismos de acción a través de los cuales los alimentos funcionales y sus compuestos ejercerán su acción funcional (Vignesh et al., 2024); sin dejar de lado que el alimento funcional deberá consumirse como parte de la dieta regular, equilibrada y sin necesidad de ser prescrito medicamento, situación que ha mermado por la falta de conocimiento de las personas, lo que les ha llevado a tomar elecciones dietéticas equivocadas (Granato et al., 2020; Vignesh et al., 2024). Es por ello que el estudio de los alimentos funcionales precisa de valorar al consumidor, pues se requiere de investigaciones e intervenciones directamente a este; a través de métodos cualitativos y cuantitativos que permitan valorar el nivel de conocimiento, las actitudes, intereses y opiniones de la población con respecto a estos. De igual manera, será el consumidor quien busque en el alimento características físicas y organolépticas asociadas al aprendizaje genuino que ha adquirido respecto a dicho alimento o a alguno semejante;

por tanto, las evaluaciones del alimento deben priorizar la matriz alimentaria del mismo, pues en su mayoría, el potencial biológico de los compuestos se ha probado a través de extractos de los mismos, y cuya presentación difiere de los productos alimenticios cotidianamente consumidos (Alongi y Anese, 2021). En particular, el sabor de los alimentos resulta crucial para la aceptación por parte del consumidor, por lo que no solo este atributo resulta crucial, si no, la evaluación sensorial de todo el contexto alimentario, considerando los atributos del alimento y el grado de aceptación (Miolla et al., 2023; Ryland et al., 2024). La Figura 2 muestra una propuesta de pasos a seguir para el éxito en el desarrollo y comercialización de alimentos funcionales. Dentro de esta vía, la cadena de producción y suministro de alimentos deben revalorar el aprovechamiento de la totalidad del producto, ya que la producción de desechos en la industria alimentaria representa un obstáculo para el alcance de la salud y bienestar; producción y consumo responsables; y acción por el clima, que comprenden los objetivos del desarrollo sostenible para el año 2030 (United Nations, 2024). Es indispensable la optimización y aprovechamiento de los residuos alimentarios tales como semillas, hojas, cáscaras, tallos, entre otros, en los procesos industriales, puesto que muchos de estos son ricos en compuestos bioactivos, por ejemplo, la cáscara de naranja y la semilla/hueso de aguacate (Pineda-Lozano et al., 2021, 2022; Sorrenti et al., 2023). Todo ello a partir de políticas y legislaciones para la sustentabilidad medioambiental en la producción alimentaria, considerando la economía alimentaria circular, que debe regirse bajo métodos de extracción ecológicos y amigables al medio ambiente (Lugo et al., 2022; Sorrenti et al., 2023). A la fecha, gran parte del desarrollo de alimentos funcionales se ha centrado en la mejora, fortificación, aislamiento de compuestos bioactivos, etc; inclusive, las perspectivas actuales apuestan a la formulación de estos alimentos a través de la impresión tridimensional (3D), dándole un importante énfasis hacia la parte sensorial y organoléptica de los alimentos, considerando las características específicas de la población objetivo, por ejemplo, personas con discapacidad para la masticación y deglución de alimentos (Wu et al., 2024). No obstante, el futuro de los alimentos funcionales precisa de evolucionar hacia el diseño de formulaciones e ingredientes que den lugar a nuevos alimentos con un origen sostenible y económicamente asequible (Vignesh et al., 2024). En este punto, vale la pena mencionar a los alimentos y hierbas tradicionales, muchos de ellos nativos de ciertas regiones, y sobre los cuales se carece de información científica sobre su composición y funcionalidad. La medicina tradicional los ha empleado empíricamente a través de sus generaciones, muchas veces, bajo el riesgo de la toxicidad (Bansal et al., 2023). Algunos de estos alimentos están en peligro de desaparecer debido al desconocimiento de la población sobre su alto valor y potencial funcional, por lo cual los países, sobre todo aquellos en vías de desarrollo, precisan de apoyarse en la biotecnología para proveer el aprovechamiento alimentos nativos con alto contenido de nutrientes y compuestos bioactivos (Meléndez-Sosa et al., 2020).



**Figura 2.** Pasos a seguir para el desarrollo y comercialización de alimentos con propiedades funcionales.

Nota. Creado con BioRender.com

### Consideraciones finales

Los avances en las ciencias ómicas y computacionales han contribuido a la creciente relación entre la nutrición y la medicina. Los sistemas alimentarios precisan de guiarse bajo un sistema holístico que atraviese toda la cadena de producción, distribución y consumo, para así alcanzar los objetivos de sustentabilidad ecológica y salud humana. La reformulación de productos alimenticios resulta una estrategia viable para las demandas de alimentos funcionales, tanto de países en vías de desarrollo como los primermundistas, sin repercusiones considerables en su economía y con un impacto favorable en la salud pública. Adicionalmente, la industria alimentaria debe poner énfasis en el conocimiento actual de las personas sobre los alimentos funcionales; así como evaluaciones sensoriales de los mismos, empleando tecnologías que permitan formular alimentos con mayor potencial de aceptación, basados en la cultura y tradición del consumidor. En conjunto, la ciencia de alimentos y la farmacéutica precisan de evaluar el potencial biológico de estos alimentos con el objetivo de determinar las dosis y el tiempo de consumo para alcanzar el efecto esperado. El porvenir de los alimentos funcionales y nutraceuticos es favorable; siempre y cuando la población general, la comunidad científica, políticos e instituciones actúen de manera conjunta en todos los procesos mencionados a lo largo de este documento; con ello, es posible que el potencial benéfico de los alimentos se incremente de manera sustancial y efectiva.

### Referencias

- Adiwidjaja, J., McLachlan, A. J., y Boddy, A. V. (2017). Curcumin as a clinically-promising anti-cancer agent: Pharmacokinetics and drug interactions. *Expert Opinion on Drug Metabolism & Toxicology*, 13(9), 953–972. <https://doi.org/10.1080/17425255.2017.1360279>
- Aguilera, J. M. (2019). The food matrix: Implications in processing, nutrition and health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(22), 3612–3629. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1502743>
- Ahmed, M. H., Vasas, D., Hassan, A., y Molnár, J. (2022). The impact of functional food in prevention of malnutrition. *PharmaNutrition*, 19, 100288. <https://doi.org/10.1016/j.phanu.2022.100288>
- Albassam, A., y Markowitz, J. (2017). An appraisal of drug-drug interactions with Green Tea (*Camellia sinensis*). *Planta Medica*, 83(06), 496–508. <https://doi.org/10.1055/s-0043-100934>
- Alongi, M., y Anese, M. (2021). Re-thinking functional food development through a holistic approach. *Journal of Functional Foods*, 81, 104466. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2021.104466>
- Alongi, M., Verardo, G., Gorassini, A., y Anese, M. (2018). Effect of pasteurization on *in vitro*  $\alpha$ -glucosidase inhibitory activity of apple juice. *LWT*, 98, 366–371. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.08.065>
- Ares, G., Giménez, A., y Gámbaro, A. (2008). Influence of nutritional knowledge on perceived healthiness and willingness to try functional foods. *Appetite*, 51(3), 663–668. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2008.05.061>
- Bahramsoltani, R., Rahimi, R., y Farzaei, M. H. (2017). Pharmacokinetic interactions of curcuminoids with conventional drugs: A review. *Journal of Ethnopharmacology*, 209, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2017.07.022>
- Baker, M. T., Lu, P., Parrella, J. A., y Leggette, H. R. (2022a). Consumer acceptance toward functional foods: A scoping review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(3), 1217. <https://doi.org/10.3390/ijerph19031217>
- Baker, M. T., Lu, P., Parrella, J. A., y Leggette, H. R. (2022b). Investigating the effect of consumers' knowledge on their acceptance of functional foods: A systematic review and meta-analysis. *Foods*, 11(8), 1135. <https://doi.org/10.3390/foods11081135>
- Balcázar-Zumaeta, C. R., Castro-Alayo, E. M., Muñoz-Astecker, L. D., Cayo-Colca, I. S., y Velayarce-Vallejos, F. (2023). Food technology forecasting: A based bibliometric update in functional chocolates. *Heliyon*, 9(9), e19578. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19578>
- Bansal, P., Maithani, M., Gupta, V., Kaur, G., y Bansal, R. (2023). Future prospective of nutraceutical and functional food with herbs and spices. En A. Amalraj, S. Kuttappan, K. Varma A.C., y A. Matharu, *Herbs, Spices and Their Roles in Nutraceuticals and Functional Foods* (pp. 361–381). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90794-1.00015-6>
- Belayneh, A., y Molla, F. (2020). The effect of coffee on pharmacokinetic properties of drugs: A review. *BioMed Research International*, 2020, 1–11. <https://doi.org/10.1155/2020/7909703>
- Bigliardi, B., y Galati, F. (2013). Innovation trends in the food industry: The case of functional foods. *Trends in Food Science & Technology*, 31(2), 118–129. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2013.03.006>
- Birute, A., Leal-Escobar, G., Espinosa-Cuevas, Á., Mojica, L., y Kistler, B. M. (2024). Dieta de la milpa: A culturally-concordant plant-based dietary pattern for Hispanic/Latine people



- with chronic kidney disease. *Nutrients*, 16(5), 574. <https://doi.org/10.3390/nu16050574>
- Busse, M., y Siebert, R. (2018). The role of consumers in food innovation processes. *European Journal of Innovation Management*, 21(1), 20–43. <https://doi.org/10.1108/EJIM-03-2017-0023>
- Chen, Q., Anders, S., y An, H. (2013). Measuring consumer resistance to a new food technology: A choice experiment in meat packaging. *Food Quality and Preference*, 28(2), 419–428. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2012.10.008>
- Ciprandi, G., y Tosca, M. A. (2024). Nutraceuticals for allergic diseases: A brief overview. *Global Pediatrics*, 7, 100103. <https://doi.org/10.1016/j.gped.2023.100103>
- De Boer, A., Van Hunsel, F., y Bast, A. (2015). Adverse food–drug interactions. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 73(3), 859–865. <https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2015.10.009>
- DeFelice, S. L. (1995). The nutraceutical revolution: Its impact on food industry R&D. *Trends in Food Science & Technology*, 6(2), 59–61. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(00\)88944-X](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(00)88944-X)
- Domínguez-Díaz, L., Fernández-Ruiz, V., & Cámara, M. (2020a). An international regulatory review of food health-related claims in functional food products labeling. *Journal of Functional Foods*, 68, 103896. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.103896>
- Domínguez-Díaz, L., Fernández-Ruiz, V., y Cámara, M. (2020b). The frontier between nutrition and pharma: The international regulatory framework of functional foods, food supplements and nutraceuticals. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(10), 1738–1746. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1592107>
- Escobedo, A., y Mojica, L. (2021). Pulse-based snacks as functional foods: Processing challenges and biological potential. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(5), 4678–4702. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12809>
- Essa, M. M., Bishir, M., Bhat, A., Chidambaram, S. B., Al-Balushi, B., Hamdan, H., Govindarajan, N., Freidland, R. P., y Qoronfleh, M. W. (2023). Functional foods and their impact on health. *Journal of Food Science and Technology*, 60(3), 820–834. <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05193-3>
- Fanzo, J., McLaren, R., Bellows, A., y Carducci, B. (2023). Challenges and opportunities for increasing the effectiveness of food reformulation and fortification to improve dietary and nutrition outcomes. *Food Policy*, 119, 102515. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2023.102515>
- Functional Food Center. (2024). Definition of Functional Food. <https://www.functionalfoodscenter.net/>
- Georgiou, N. A., Garssen, J., y Witkamp, R. F. (2011). Pharmanutrition interface: The gap is narrowing. *European Journal of Pharmacology*, 651(1–3), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2010.11.007>
- Ghazanfar, S., Muhammad Ali, G., Abid, R., Farid, A., Akhtar, N., Akhtar Batool, N., Khalid, S., K. Okla, M., S. Al-Amri, S., A. Alwasel, Y., y Hameed, Y. (2022). An overview of functional food. En N. Shiomi y A. Savitskaya (Eds.), *Current Topics in Functional Food*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.103978>
- Giordano, S., Clodoveo, M. L., Gennaro, B. D., y Corbo, F. (2018). Factors determining neophobia and neophilia with regard to new technologies applied to the food sector: A systematic review. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 11, 1–19. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2017.10.001>
- Gómez-Gómez, C. V., Castillo Cortéz, I. G., Martínez Montenegro, I., y Ibañez San Martín, O. L. (2024). The regulatory status of functional foods in the economic integration organizations of Latin America and the Caribbean. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 73(4), 297–312. <https://doi.org/10.37527/2023.73.4.005>
- Granato, D., Barba, F. J., Bursac Kovačević, D., Lorenzo, J. M., Cruz, A. G., y Putnik, P. (2020). Functional Foods: Product development, technological trends, efficacy testing, and safety. *Annual Review of Food Science and Technology*, 11(1), 93–118. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-032519-051708>
- Granato, D., Zabetakis, I., y Koidis, A. (2023). Sustainability, nutrition, and scientific advances of functional foods under the new EU and global legislation initiatives. *Journal of Functional Foods*, 109, 105793. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2023.105793>
- Grunert, K. G., Lähteenmäki, L., Boztug, Y., Martinsdóttir, E., Ueland, Ø., Åström, A., y Lampila, P. (2009). Perception of health claims among nordic consumers. *Journal of Consumer Policy*, 32(3), 269–287. <https://doi.org/10.1007/s10603-009-9110-0>
- Jin, Y., Chen, L., Yu, Y., Hussain, M., y Zhong, H. (2023). Bioactive components in fruit interact with gut microbes. *Biology*, 12(10), 1333. <https://doi.org/10.3390/biology12101333>
- Kane, G. C., y Lipsky, J. J. (2000). Drug–grapefruit juice interactions. *Mayo Clinic Proceedings*, 75(9), 933–942. <https://doi.org/10.4065/75.9.933>
- Lugo, S. D. R., Kimita, K., y Nishino, N. (2022). Circular Food Economy framework: Challenges and initiatives. *Procedia CIRP*, 112, 28–33. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.09.019>
- Majtan, J., Bucekova, M., Kafantaris, I., Szweda, P., Hammer, K., y Mossialos, D. (2021). Honey antibacterial activity: A neglected aspect of honey quality assurance as functional food. *Trends in Food Science & Technology*, 118, 870–886. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.11.012>
- Martirosyan, D. M., y Singh, J. (2015). A new definition of functional food by FFC: What makes a new definition unique? *Functional Foods in Health and Disease*, 5(6), 209. <https://doi.org/10.31989/ffhd.v5i6.183>
- Meléndez-Sosa, M. F., García Barrales, A. M., y Ventura García, N. A. (2020). Perspectivas e impacto en la salud del consumo de los alimentos funcionales y nutraceuticos en México. *RD-ICUAP*, 6(16), 114–136. <https://doi.org/10.32399/icuap.rdic.2448-5829.2020.16.264>
- Miller, G. D., Ragalie-Carr, J., y Torres-Gonzalez, M. (2023). Perspective: Seeing the forest through the trees: The importance of food matrix in diet quality and human health. *Advances in Nutrition*, 14(3), 363–365. <https://doi.org/10.1016/j.advnut.2023.03.005>
- Ministry of Health, Labour and Welfare. (2024). Food for Specified Health Uses (FOSHU). Food for Specified Health Uses (FOSHU). <https://www.mhlw.go.jp/english/topics/foodsafety/fhc/02.html>
- Mintel Group. (2024). 2024 Global Food and Drink Trends. <https://www.mintel.com/insights/food-and-drink/global-food-and-drink-trends/>
- Miolla, R., Ottomano Palmisano, G., Roma, R., Caponio, F., Difonzo, G., y De Boni, A. (2023). Functional foods acceptability: A consumers' survey on bread enriched with oenological by-products. *Foods*, 12(10), 2014. <https://doi.org/10.3390/foods12102014>
- Mondal, D., Awana, M., Mandal, S., Pandit, K., Singh, A., Syeunda, C. O., Thandapilly, S. J., y Krishnan, V. (2024). Functional foods with a tailored glycemic response based on food ma-

- trix and its interactions: Can it be a reality? *Food Chemistry*, *X*, 22, 101358. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101358>
- Motilva, M.-J., Serra, A., y Rubió, L. (2015). Nutrikinetic studies of food bioactive compounds: From in vitro to in vivo approaches. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, *66*(1), S41–S52. <https://doi.org/10.3109/09637486.2015.1025721>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2024). Hambre e inseguridad alimentaria. <https://www.fao.org/hunger/es/>
- Pineda-Lozano, J. E., Fonseca-Bustos, V., Martínez-Moreno, A. G., y Virgen-Carrillo, C. A. (2022). The biological effect of orange (*Citrus sinensis* L.) by-products on metabolic biomarkers: A systematic review. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, *6*, 1003144. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.1003144>
- Pineda-Lozano, J. E., Martínez-Moreno, A. G., y Virgen-Carrillo, C. A. (2021). The effects of avocado waste and its functional compounds in animal models on dyslipidemia parameters. *Frontiers in Nutrition*, *8*, 16. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.637183>
- Pirmohamed, M. (2013). Drug-grapefruit juice interactions. *BMJ*, *346*, f1. <https://doi.org/10.1136/bmj.f1>
- Rana, A. (2022). Categories and management of functional food. En N. Shiomi y A. Savitskaya (Eds.), *Current Topics in Functional Food*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.104664>
- Repar, L., y Bogue, J. (2023). Market-oriented methodologies that integrate the consumer into the functional foods new product development process: Part 2 advanced approaches. En C. Santini, S. Supino y L. Bailetti (Eds.), *Case Studies on the Business of Nutraceuticals, Functional and Super Foods* (pp. 57–84). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821408-4.00005-5>
- Rojas-Rivas, E., Espinoza-Ortega, A., Martínez-García, C. G., Moctezuma-Pérez, S., y Thomé-Ortiz, H. (2018). Exploring the perception of Mexican urban consumers toward functional foods using the Free Word Association technique. *Journal of Sensory Studies*, *33*(5), e12439. <https://doi.org/10.1111/joss.12439>
- Rojas-Rivas, E., Espinoza-Ortega, A., Thomé-Ortiz, H., y Moctezuma-Pérez, S. (2019). Consumers' perception of amaranth in Mexico: A traditional food with characteristics of functional foods. *British Food Journal*, *121*(6), 1190–1202. <https://doi.org/10.1108/BFJ-05-2018-0334>
- Ryland, D., Goldberg, E., Fahmi, R., Eskin, M. N. A., y Aliani, M. (2024). Functional foods: Sensory, instrumental, and statistical analysis. En M. Aliani y M. N. A. Eskin (Eds.), *Functional Foods and Chronic Disease* (pp. 11–20). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91747-6.00003-2>
- Sánchez-Velázquez, O. A., Luna-Vital, D. A., Morales-Hernandez, N., Contreras, J., Villaseñor-Tapia, E. C., Fragoso-Medina, J. A., y Mojica, L. (2023). Nutritional, bioactive components and health properties of the milpa triad system seeds (corn, common bean and pumpkin). *Frontiers in Nutrition*, *10*, 1169675. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1169675>
- Santini, A., Cammarata, S. M., Capone, G., Ianaro, A., Tenore, G. C., Pani, L., y Novellino, E. (2018). Nutraceuticals: Opening the debate for a regulatory framework. *British Journal of Clinical Pharmacology*, *84*(4), 659–672. <https://doi.org/10.1111/bcp.13496>
- Secretaría de Salud. (1996). NORMA Oficial Mexicana NOM-086-SSA1-1994, Bienes y servicios. Alimentos y bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición. Especificaciones nutrimentales. Secretaría de Salud. [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4890075&fecha=26/06/1996#gsc.tab=0](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4890075&fecha=26/06/1996#gsc.tab=0)
- Secretaría de Salud. (2010). NORMA Oficial Mexicana NOM-051-SCFI/SSA1-2010, Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados-Información comercial y sanitaria. Secretaría de Salud. [https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4010/seeco11\\_C/seeco11\\_C.htm](https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4010/seeco11_C/seeco11_C.htm)
- Sharma, M., Dwivedi, P., Singh Rawat, A. K., y Dwivedi, A. K. (2016). Nutrition nutraceuticals: A proactive approach for healthcare. En A. M. Grumezescu (Ed.), *Nutraceuticals* (pp. 79–116). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804305-9.00003-8>
- Sorrenti, V., Burò, I., Consoli, V., y Vanella, L. (2023). Recent advances in health benefits of bioactive compounds from food wastes and by-products: Biochemical aspects. *International Journal of Molecular Sciences*, *24*(3), 2019. <https://doi.org/10.3390/ijms24032019>
- Subramanian, P., y Anandharamakrishnan, C. (2023). Introduction to functional foods and nutraceuticals. En C. Anandharamakrishnan y P. Subramanian (Eds.), *Industrial Application of Functional Foods, Ingredients and Nutraceuticals* (pp. 3–43). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824312-1.00001-7>
- The International Life Sciences Institute (ILSI). (1999). Scientific Concepts of Functional Foods in Europe Consensus Document. *British Journal of Nutrition*, *81*(4), S1–S27. <https://doi.org/10.1017/S0007114599000471>
- Tønnesen, M. T., Hansen, S., Laasholdt, A. V., y Lähteenmäki, L. (2022). The impact of positive and reduction health claims on consumers' food choices. *Food Quality and Preference*, *98*, 104526. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2022.104526>
- United Nations. (2024). Sustainable Development Goals. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/>
- Urala, N., y Lähteenmäki, L. (2004). Attitudes behind consumers' willingness to use functional foods. *Food Quality and Preference*, *15*(7–8), 793–803. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2004.02.008>
- Vignesh, A., Amal, T. C., Sarvalingam, A., y Vasanth, K. (2024). A review on the influence of nutraceuticals and functional foods on health. *Food Chemistry Advances*, *5*, 100749. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2024.100749>
- Villagrán, Z., González Torres, S., Montalvo González, E., García De Alba Verduzco, J. E., Ramírez Hernández, B. C., y Anaya Esparza, L. M. (2022). Alimentos funcionales y su impacto en la salud humana. *Educación y Salud, Boletín Científico Instituto de Ciencias de La Salud Universidad Autónoma Del Estado de Hidalgo*, *10*(20), 223–231. <https://doi.org/10.29057/icsa.v10i20.7806>
- Wu, R., Jiang, J., An, F., Ma, X., y Wu, J. (2024). Research progress of 3D printing technology in functional food, powering the future of food. *Trends in Food Science & Technology*, *149*, 104545. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2024.104545>