

## Alimentos funcionales: beneficios para la salud y aplicaciones en la agroindustria

### Functional foods: health benefits and applications in the agro-industry

Vianey García-Arenalde <sup>a</sup>, Ana K. Zaldivar-Ortega <sup>b</sup>, Melitón J. Franco-Fernández <sup>c</sup>,

Rubén Jiménez-Alvarado <sup>d</sup>, Iridiam Hernández-Soto <sup>e</sup>

---

**Abstract:**

Inadequate dietary habits and high consumption of ultra-processed foods are currently among the main factors associated with the increase in chronic non-communicable diseases in Mexico, such as obesity, diabetes, and cardiovascular diseases. Given this situation, the food industry has promoted the development of functional foods as a strategy to improve product nutritional profiles and support health promotion. This study aimed to analyze the main types of functional foods, their bioactive components, and their applications in the agro-industry. To this end, a review of recent scientific literature on enriched and fortified foods, prebiotics, probiotics, synbiotics, fatty acids, phenolic compounds, and carotenoids, and their physiological and technological effects, was conducted. The results show that these foods offer potential benefits for metabolic regulation, immune system strengthening, gastrointestinal health, and the prevention of chronic diseases. Furthermore, various applications were identified in dairy products, baked goods, beverages, cereals, and meat products, through processes such as fortification, fermentation, microencapsulation, and reformulation. It is concluded that functional foods represent a viable alternative for developing value-added products in the agribusiness sector, provided that their formulation is supported by scientific evidence and complies with applicable regulations.

**Keywords:**

Food, Health, Industry, nutrients, consumption

---

**Resumen:**

Los hábitos alimentarios inadecuados y el elevado consumo de alimentos ultraprocesados representan actualmente uno de los principales factores asociados al incremento de las enfermedades crónicas no transmisibles en México, como la obesidad, la diabetes y las enfermedades cardiovasculares. Ante este panorama, la industria alimentaria ha impulsado el desarrollo de alimentos funcionales como estrategia para mejorar el perfil nutricional de los productos y contribuir a la salud. El presente trabajo tuvo como objetivo analizar los principales tipos de alimentos funcionales, sus componentes bioactivos y sus aplicaciones en la agroindustria. Para ello, se realizó una revisión documental de la literatura científica reciente relacionada con alimentos enriquecidos, fortificados, prebióticos, probióticos, simbióticos, ácidos grasos, compuestos fenólicos y carotenoides, así como con sus efectos fisiológicos y tecnológicos. Los resultados evidencian que estos alimentos aportan beneficios potenciales para la regulación metabólica, el fortalecimiento del sistema inmunológico, la salud gastrointestinal y la prevención de enfermedades crónicas. Asimismo, se identificaron diversas aplicaciones en productos lácteos, panificación, bebidas, cereales y productos cárnicos, mediante procesos como la fortificación, la fermentación, la micro encapsulación y la reformulación. Se concluye que los alimentos funcionales representan una alternativa viable para el desarrollo de productos con valor agregado en la agroindustria, siempre que su formulación esté respaldada por evidencia científica y regulaciones adecuadas.

**Palabras Clave:**

Alimentos, Salud, industria, nutrientes, consumo

---

<sup>a</sup> Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo | Instituto de Ciencias Agropecuarias | <https://orcid.org/0009-0000-4549-8023>, Email: [ga439805@uaeh.edu.mx](mailto:ga439805@uaeh.edu.mx);

<sup>b</sup> Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo | Instituto de Ciencias Agropecuarias | <https://orcid.org/0000-0002-0436-8473>, Email: [ana\\_saldivar@uaeh.edu.mx](mailto:ana_saldivar@uaeh.edu.mx);

<sup>c</sup> Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo | Instituto de Ciencias Agropecuarias | <https://orcid.org/0000-0002-0679-7677>, Email: [mfranco@uaeh.edu.mx](mailto:mfranco@uaeh.edu.mx);

<sup>d</sup> Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo | Instituto de Ciencias Agropecuarias | <https://orcid.org/0000-0003-2538-6061>, Email: [ruben\\_jimenez@uaeh.edu.mx](mailto:ruben_jimenez@uaeh.edu.mx).

<sup>e</sup> Autor de correspondencia: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo | Instituto de Ciencias Agropecuarias | <https://orcid.org/0000-0002-0307-1651>, Email: [iridiam\\_hernandez@uaeh.edu.mx](mailto:iridiam_hernandez@uaeh.edu.mx)

## 1. Introducción

El consumo de alimentos ultraprocesados (refrescos, botanas, comida rápida) y los malos hábitos alimentarios, siguen generando grandes desafíos en cuanto a la salud pública de los mexicanos. De acuerdo con las estadísticas de los últimos años, México ocupa el primer lugar a nivel mundial en obesidad infantil y el segundo entre los adultos [1]. Estudios realizados bajo la ENSANUT (Encuesta nacional de salud y nutrición) durante los últimos años informan que la obesidad en personas adultas abarca un 37.1% en donde las mujeres representan un mayor porcentaje en comparación con los hombres. Mientras que en la Figura 1 se describe el porcentaje de niños con obesidad y sobrepeso en México [2, 3].

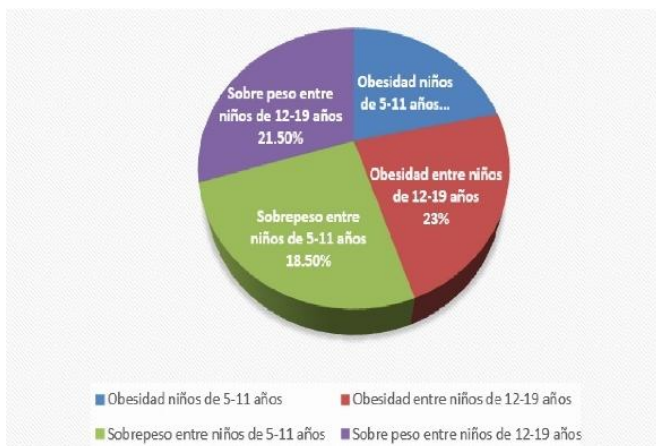


Figura 1. Obesidad y sobrepeso en niños mexicanos  
Fuente: *Elaboración propia*

De acuerdo con [4] las causas principales de muertes y discapacidad en México se deben a enfermedades cardiovasculares y diabetes. En un ensayo con una proyección a 10 años, se prevé que para el año 2028 los casos de enfermedades cardiovasculares asciendan a aproximadamente 2 millones, mientras que los casos de diabetes alcancen cerca de 960 mil, lo que evidencia una situación de alta vulnerabilidad para el país [5]. Ante este panorama, la industria alimentaria busca innovar y diseñar productos que incorporen ingredientes con beneficios para la salud y la prevención de enfermedades. Gracias a los avances tecnológicos, se ha logrado incrementar el uso de ingredientes funcionales, tales como pigmentos orgánicos provenientes de frutas y verduras, compuestos bioactivos presentes en plantas y sustancias que favorecen el crecimiento de bacterias benéficas para la flora intestinal. El objetivo de este trabajo es difundir la importancia del consumo de alimentos funcionales y sus aplicaciones en la industria alimentaria.

## 2. ¿Qué son los alimentos funcionales?

En 1983, un grupo de expertos de Japón diseñó un alimento cuyo objetivo era mejorar la salud de sus consumidores y así reducir los gastos médicos que enfrentaban los pobladores en esa década [6]. De acuerdo con el Ministerio de Salud, Trabajo y Bienestar, se considera un alimento funcional (FOSHU) aquel que, además de nutrirnos, contiene bioactivos que otorgan un beneficio al consumirse. Para que un alimento se considere funcional, debe haber demostrado su eficacia, debe existir seguridad al consumirlo y no ser tóxico [7]. Se pueden incluir alimentos simples, alimentos tratados tecnológicamente, y componentes activos para la preparación de dichos alimentos, algunos nutrientes esenciales, microorganismos, componentes vegetales, etc. Es importante mencionar que un alimento funcional no es un medicamento, pero sí puede ayudar a prevenir y tratar algunas enfermedades crónicas [8]. El Codex Alimentarius y la FAO establecen normas y regulaciones sobre los alimentos a nivel mundial. Estos programas han sido la base de la legislación de dichos alimentos, siempre y cuando exista una comprobación científica [9]. Actualmente, en México no existe una ley que regule el uso de los alimentos funcionales, pero sí existen autoridades correspondientes (COFEPRIS), que se encargan de mantener la seguridad de los consumidores [10, 11].

### 2.1 Alimentos enriquecidos

Se considera alimento enriquecido aquel al que se le incrementa algún nutriente que ha sido disminuido o perdido durante su procesamiento [12]. A diferencia de los fortificados, en este tipo de método se reponen vitaminas o minerales que el alimento ya contenía de forma natural. Las fuentes de investigación reportan que los alimentos enriquecidos ayudan a mejorar la ingesta de micronutrientes esenciales para los consumidores [13]. La literatura citada menciona que el uso de fibras, minerales, calcio, yodo, vitaminas liposolubles y algunos compuestos bioactivos destaca como ingredientes principales para enriquecer alimentos en las industrias [14]. Algunos ejemplos suelen ser las harinas refinadas enriquecidas con hierro y algunas vitaminas del complejo B, huevos enriquecidos con omega-3 y vitamina D, margarinas con vitaminas A y D, bebidas deportivas con vitaminas del complejo B y electrolitos, tortillas industrializadas enriquecidas con hierro, ácido fólico y calcio, como se muestra en la tabla 1. [15] Realizaron un trabajo de investigación en el que añadieron polvos vegetales a un pan con la finalidad de incrementar su contenido de polifenoles y flavonoides y mejorar su valor nutricional.

**Tabla 1.** Alimentos enriquecidos y sus beneficios

Alimento enriquecido	Nutriente añadido	Beneficio hacia la salud	Referencia
Harina de trigo	Hierro, ácido fólico, tiamina, riboflavina y niacina	Ayuda a prevenir anemia	[16]
Leche	Enriquecida con vitamina D y calcio	Mejora la salud ósea, además ayuda a prevenir problemas de osteoporosis	[17, 18]
Arroz	Enriquecido con hierro y zinc	Ayuda con la reducción de deficiencias de micronutrientes	[19]
Cereales	Vitaminas del complejo B, hierro, ácido fólico	Mejora el metabolismo, ayuda con la prevención de anemia	[20]
Jugos	Vitamina c y calcio	Refuerza el sistema inmune	[21]

## 2.2 Alimentos fortificados

Un alimento fortificado es aquel que se le agrega algunas vitaminas o minerales con la finalidad de aumentar su nivel nutricional [22], algunos ejemplos de alimentos fortificados en la industria son los cereales, productos lácteos, aceites y grasas, sal de mesa y algunas harinas, como se menciona en la Figura 2.

Algunas revisiones evidencian que el enriquecimiento de los productos alimentarios tiene un impacto considerable en la salud de los consumidores. [23] Determinaron que la adición de hierro, algunas vitaminas como las A y D y los micronutrientes aumenta el nivel de hemoglobina y ferritina en la sangre, además, indican que la fortificación está relacionada con la reducción de casos de anemia al añadir ácido fólico en los alimentos. La evidencia científica respalda la aplicación de alimentos fortificados, pero un exceso o una fortificación mal aplicada puede tener consecuencias muy graves [24, 25].

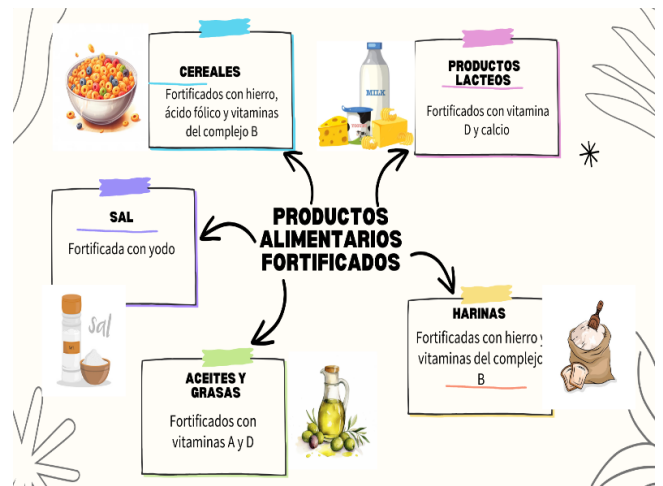


Figura 2. Productos alimentarios que pasan por un proceso de fortificación y los componentes principales que se adicionan.

Fuente: Elaboración propia

## 3. Tipos de alimentos funcionales

### 3.1 Prebiótico

Un prebiótico es un alimento con alto contenido de fibra, considerado indigestible, que actúa en la microbiota humana como nutriente. Algunas frutas y verduras, como el plátano, los tomates, la cebolla y algunas plantas comestibles, contienen prebióticos [26, 27]. Se ha demostrado que los prebióticos tienen efectos positivos en cuanto a regular los niveles de colesterol y la inflamación intestinal, además, ayudan a reducir el riesgo de contraer enfermedades crónicas como el cáncer y la diabetes [28]. De acuerdo con las definiciones establecidas para que un alimento o ingrediente se considere prebiótico, es imprescindible que no se someta a hidrólisis en el tracto intestinal, además de que mantenga resistencia a la acidez gástrica [29]. Actualmente, para que un alimento pueda considerarse prebiótico, debe cumplir ciertas condiciones. Este debe ser un producto natural que no se ha sometido a hidrólisis; debe mostrar resistencia al ácido clorhídrico y no ser absorbido por las enzimas presentes en el tracto digestivo [30]. Además, debe poseer la capacidad de alterar la composición del microbiota intestinal en el colon, tras su fermentación selectiva por múltiples especies de bacterias. Y, por último, deben inducir una estimulación selectiva de las bacterias intestinales, promoviendo beneficios para la salud [31]. Recientes estudios indican que existen oligosacáridos que tienen potencial en el mundo de los probióticos; algunos ejemplos son la lactulosa, la inulina y los FOS, GOS, oligosacáridos presentes en la leche materna, y la lactosacarosa.

#### 3.1.1 Lactulosa

La lactulosa es un disacárido de origen sintético, conformado por una molécula de galactosa unida a una de fructosa mediante un enlace glicosídico [32]. Su obtención se realiza mediante la isomerización de la

lactosa; igualmente, puede producirse mediante la síntesis enzimática de lactosa, fructosa y galactosidasas provenientes de diversas fuentes. En comparación con la lactosa, la lactulosa presenta mayor dulzor y solubilidad. La lactulosa puede metabolizar bifidobacterias y bacterias lácticas, sin embargo, no sufre hidrólisis por enzimas que se encuentran en el sistema gastrointestinal [33]. Se considera para tratar problemas como la encefalopatía hepática y el estreñimiento; ayuda a modificar la flora bacteriana y la producción de nutrientes, y se aplica principalmente en la industria láctea [34].

### 3.1.2 Inulina y fructooligosacáridos (FOS)

Los fructanos se originan a partir de una molécula de sacarosa, compuesta por fructosa y glucosa [35]. En el entorno natural, los fructanos son solubles en agua y se clasifican como azúcares no reductores. En la naturaleza existen 5 tipos de fructanos: inulina, lévanos, combinaciones entre fructanos ramificados, neoseries de inulina y neoseries de lévanos [36] Estos son susceptibles a la digestión por enzimas presentes en el cuerpo humano. En términos de salud, estos compuestos fomentan el desarrollo de microorganismos benéficos en el intestino, los cuales ayudan a disminuir el riesgo de cáncer, previenen el estreñimiento, ayudan a regular los niveles de glucosa en la sangre y disminuyen los triglicéridos y el colesterol [26]. Al igual que [37], mencionan que los fructooligosacáridos ayudan a controlar la obesidad y constituyen una fuente para tratar problemas de saciedad. Este tipo de probióticos se puede adicionar a alimentos como yogurt, bebidas, cereales y galletas.

### 3.1.3 Galactooligosacáridos (GOS)

Son producidos a partir de la lactosa del suero mediante una reacción enzimática catalizada por  $\beta$ -galactosidasa, aunque, naturalmente, se encuentran en la leche humana y animal [38, 39]. Ayudan a mejorar la función del microbiota intestinal y promueven el crecimiento de bacterias benéficas, como las lactobaciláceas y las *bifidobacterias*. El aumento de estas bacterias disminuye la cantidad de microorganismos y fortalecen el sistema inmunológico el cual ayuda a la prevención de cáncer y otras enfermedades patógenas, al igual reducen la permeabilidad intestinal. Gracias a sus beneficios, los galactooligosacáridos se utilizan en la industria para la elaboración de fórmulas infantiles, alimentos a base de cereales y edulcorantes bajos en calorías; asimismo, surge un gran interés en aplicaciones nutraceuticas y en la alimentación animal [40].

### 3.1.4 Oligosacáridos de leche humana

Los oligosacáridos presentes en la leche materna son aquellos conformados por 3 a 9 unidades moleculares y se encuentran durante el periodo de lactación [41]. La formación de dichos oligosacáridos ocurre mediante la combinación y polimerización de moléculas de lactosa, la cual es modificada por la glándula mamaria, donde se unen monosacáridos como la fructosa y el ácido siálico. Actúan como sustratos específicos y favorecen el crecimiento de las *bifidobacterias*, un grupo predominante de microorganismos presentes en el intestino de los recién nacidos. Este tipo de alimentos

ejerce diversas funciones biológicas en el intestino, como la prevención de patógenos y la modulación del sistema inmunológico, además, produce fermentación colónica y ácidos grasos encargados de favorecer el engrosamiento de la capa mucosa en el intestino [42]. Para que un oligosacárido pueda incorporarse a una fórmula láctica para bebés este debe cumplir con ciertos requisitos, deben de ser aislados y purificados [43, 44]. Siendo así, es una buena opción para los recién nacidos que no pueden alimentarse de forma natural.

### 3.1.5 Lactosacarosa

Se considera un alimento funcional con una amplia gama de aplicaciones en las industrias; algunos trabajos mencionan su potencial como edulcorante de bajo contenido calórico y su contribución al tratamiento de enfermedades inflamatorias del intestino y a la reducción de la hiperlipidemia [45]. Los avances tecnológicos indican que la lactosacarosa puede extraerse tanto de la caña de azúcar como del suero de leche de queserías [46].

### 3.2 Probióticos

Probiótico se deriva del griego pro, vida, y es un organismo vivo que ofrece un beneficio para la salud. Los probióticos pueden actuar sobre la microbiota intestinal y fortalecer el sistema inmune [47]. Los probióticos capaces de producir ácido láctico pertenecen a los géneros *Lactobacillus*, los cuales juegan un papel fundamental en la fermentación de alimentos principalmente en la elaboración de yogurt, los de especie *Bifidobacterium* abarcan a los microorganismos anaerobios los cuales han sido implementados para el tratamiento de diarreas infecciosas al igual que las BAL, además se pueden utilizar microorganismos no bacterianos tales como *Saccharomyces boulardii* una levadura considerada no patógena, y algunas bacterias no patógenas que incluyen *Streptococcus thermophilus* y *Escherichia coli* Nissle [48, 49]. Algunos microorganismos aplicados para la elaboración de productos por marcas reconocidas son: *Bifidobacterium animalis* subsp. *Lactis* Bb-12 para la elaboración del yogurt Activia fabricado por la empresa Danone, *Bifidobacterium breve* Yakul utilizado por la empresa Yakul, yogurt LC1 fabricado por Nestlé con la aplicación de *Lactobacillus johnsonii* La1 [50]

### 3.3 Simbióticos

Se considera alimento simbiótico a aquellos que contienen microorganismos probióticos como (*Lactobacillus* spp., *Bifidobacterium* spp.) y prebióticos (inulina, FOS, GOS), con el objetivo de ayudar a la función inmunológica, la salud gastrointestinal y reducir procesos inflamatorios [51]. De acuerdo con la Asociación científica internacional de probióticos y prebióticos (ISAPP), los alimentos simbióticos se pueden clasificar en 2 tipos: los complementarios y los sinérgicos.

Los complementarios son una mezcla de probióticos y prebióticos cuya finalidad es que ambos aporten un beneficio, mientras que los sinérgicos son aquellos en los que el prebiótico está plenamente diseñado para ser utilizado por el probiótico añadido, lo que ayuda a

potenciar su efecto [52]. Algunos ejemplos de alimentos simbióticos se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Ejemplos de alimentos Simbióticos y sus beneficios hacia la salud

Alimento	Simbiótico	Beneficio	Referencia
Yogurt con inulina	Mezcla de <i>Lactobacillus</i> , <i>Bifidobacterium</i> y inulina	Efectos positivos en la flora intestinal	[53]
Kéfir con fibra prebiótica	Mezcla de <i>Lactobacillus</i> , Kefiri, levaduras, inulina y FOS	Modular el microbiota intestinal, favorece la salud digestiva y metabólica	[51]
Leche fermentada enriquecida	<i>L.casei</i> , <i>L.acidophilus</i> y oligofruktosa	Mejora la digestión, y ayuda con problemas gastrointestinales	[54]
Bebida fermentada con fibra	<i>Lactobacillus</i> con fibra	Mejora la salud digestiva, controla el peso y el metabolismo	[51]
Yogurt con GOS	Mezcla de <i>Lactobacillus</i> y GOS	Ayuda con problemas gastrointestinales y a la prevención de enfermedades crónicas	[52]

### 3.4 Ácidos grasos

Dentro de la clasificación de los alimentos funcionales se encuentran los ácidos grasos, principalmente los monoinsaturados y poliinsaturados [55]. La literatura consultada respalda el uso de ácidos grasos en la elaboración de productos lácteos, aceites y semillas (Figura 3) como estrategia para mejorar la salud de la población [56]. De acuerdo con [57], la incorporación de ácidos grasos en los alimentos ayuda a reducir los niveles de triglicéridos, mejora la función visual y cerebral y, además, reduce el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares.

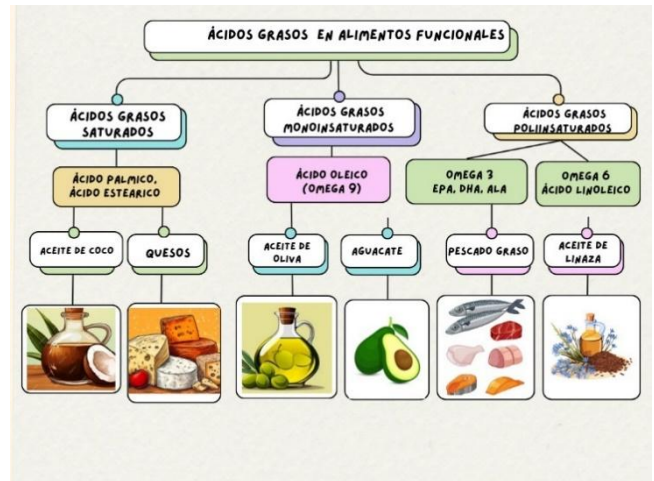


Figura 3. Tipos de ácidos grasos presentes en alimentos funcionales

Fuente: Elaboración propia

### 3.5 Compuestos fenólicos

Se consideran fenólicos los metabolitos secundarios de origen vegetal [58]. Los compuestos fenólicos se clasifican en ácidos fenólicos, flavonoides, taninos, estilbenos y lignanos (Figura 4) y se encuentran en frutas y verduras como manzana, ciruela y uvas, además, en alimentos fermentados, en algunas leguminosas y en aceites extra vírgenes. Gracias a sus propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y cardioprotectoras, se aplican en alimentos funcionales y ayudan a prevenir la diabetes, el cáncer y los trastornos neurodegenerativos [59, 60].



Figura 4. Compuestos bioactivos en alimentos funcionales y sus diversas aplicaciones en la industria

Fuente: Elaboración propia

### 3.6 Carotenoides

Los carotenoides son compuestos liposolubles encargados de brindar el color rojo, naranja y amarillo en alimentos de origen vegetal, se clasifican en carotenos y xantofilas. Entre los carotenos se encuentran el  $\beta$ -caroteno, el  $\alpha$ -caroteno y el licopeno, mientras que en los xantofilas se encuentran la luteína, la zeaxantina y la

astaxantina, que desempeñan funciones antioxidantes [61]. Este tipo de alimentos se asocian beneficiar la salud visual y enfermedades cardiovasculares lo que han desarrollado un gran interés en la industria para la elaboración de cereales, bebidas funcionales, productos cárnicos y algunos colorantes naturales [62]. En la tabla 3 se presentan los principales carotenoides utilizados en la industria y sus diferentes aportaciones.

**Tabla 3.** Principales carotenoides utilizados en la industria y sus aportaciones hacia la salud

Carotenoide	Fuentes principales	Aportes funcionales	Referencia
$\beta$ -caroteno	Se encuentra principalmente en la zanahoria, camote, calabaza, espinacas y el mango	Sirve como un antioxidante, además es precursor de vitamina A, aporta beneficios a la salud visual e inmune	[63]
$\alpha$ -caroteno	Se encuentra en vegetales como zanahoria y la calabaza	Contiene propiedades antioxidantes y contribuye a la vitamina A	[64]
Licopeno	Presente en tomates, guayaba y toronja rosada	Ayuda al tratamiento de enfermedades cardiovasculares, tiene propiedades que anticancerígenas	[64]
Luteína	Presente en verduras como las espinacas, el brócoli y el aguacate	Ayuda con la salud visual y como fuente antioxidante	[64]
Astaxantina	Este compuesto está presente en productos derivados del mar como lo son el camarón, el salmón y algunas microalgas	Contiene propiedades antiinflamatorias y antioxidantes	[65]

#### 4. Aplicaciones de alimentos funcionales en la agroindustria

Los alimentos funcionales son de suma importancia en la innovación e integración de productos en la agroindustria ; su desarrollo abarca desde la producción primaria hasta

el procesamiento, la formulación y el uso de tecnologías avanzadas [66]. En la actualidad, la agroindustria busca aprovechar los subproductos agrícolas, como compuestos fenólicos y fibra, contribuyendo a la sustentabilidad y, al mismo tiempo, desarrollando productos con valor agregado [67]. En la tabla 4 se presenta un resumen de los trabajos de investigación en los que se mencionan los tipos de alimentos funcionales utilizados en productos agroindustriales, junto con sus respectivas aportaciones.

**Tabla 4.** Alimentos funcionales y sus aplicaciones en la agroindustria

Tipo de alimentos funcional	Ingrediente bioactivo	Aplicación en la industria	Referencia
Productos lácteos como yogur y leches fermentadas	Probióticos <i>Lactobacillus</i> y <i>Bifidobacterium</i>	Fermentaciones controladas y microencapsulación	[68, 69]
Productos lácteos leche y yogur fortificados	Vitamina D y calcio	Fortificación nutricional	[70]
Productos de panificación pan funcional	Fibra, glucanos y polifenoles	Enriquecimiento de las harinas	[71]
Productos cárnicos funcionales	Omega-3, antioxidantes naturales	Reformulación lipídica	[72]
Bebidas funcionales	Polifenoles, y prebióticos	Formulación de las bebidas	[70]
Cereales de desayuno	Fibra soluble y fitoesteroles	Extrusión y fortificación	[68]
Margarinas funcionales	fitoesteroles	Reformulación	[73]
Snacks barras funcionales	Proteínas, fibra y antioxidantes	Extrusión y mezclado	[73]

#### 5. Conclusiones

Los alimentos funcionales constituyen una estrategia relevante para enfrentar los desafíos actuales relacionados con la salud pública y la nutrición, especialmente en contextos donde prevalecen altos índices de enfermedades crónicas asociadas a hábitos alimentarios inadecuados. La incorporación de compuestos bioactivos, como fibra dietética, probióticos, prebióticos, ácidos grasos poliinsaturados, carotenoides, vitaminas, minerales y compuestos fenólicos, permite a la agroindustria desarrollar productos con mayor valor nutricional y potencial preventivo. La evidencia revisada demuestra que estos ingredientes pueden contribuir al mejoramiento de la salud gastrointestinal, metabólica, cardiovascular e inmunológica, además de favorecer la innovación tecnológica en los procesos productivos. No obstante, su aplicación debe

sustentarse en estudios científicos sólidos, evaluaciones de seguridad, de biodisponibilidad y de regulación sanitaria, con el fin de evitar efectos adversos derivados de la sobrefortificación o del uso inadecuado. En este sentido, se resalta la necesidad de fortalecer la investigación interdisciplinaria, así como de promover marcos normativos claros que garanticen la calidad y la eficacia de estos productos. Finalmente, los alimentos funcionales representan una oportunidad estratégica para impulsar el desarrollo sostenible de la agroindustria y contribuir al bienestar de la población.

## Referencias:

- [1] Campos-Nonato, I., Galván-Valencia, Ó., Hernández-Barrera, L., Oviedo-Solís, C., & Barquera, S. (2023). Prevalencia de obesidad y factores de riesgo asociados en adultos mexicanos: resultados de la Ensanut 2022. *Salud pública de México*, 65, s238-s247.
- [2] Arreola-Ornelas, H., Merino-Juárez, G. A., Contreras-Loya, D., Méndez-Carniado, O., Morales-Juárez, L., Bernal-Serrano, D., & Ahmad, N. S. (2023). La carga del sobrepeso y la obesidad en México de 1990 a 2021. *Gaceta médica de México*, 159(6), 560-573.
- [3] Shamah-Levy, T., Gaona-Pineda, E. B., Cuevas-Nasu, L., Morales-Ruan, C., Valenzuela-Bravo, D. G., Humaran, I. M. G., & Ávila-Arcos, M. A. (2023). Prevalencias de sobrepeso y obesidad en población escolar y adolescente de México. *Ensanut Continua 2020-2022. Salud publica de Mexico*, 65, s218-s224.
- [4] Fajardo Dolci, G. E., Anda, V. D., Félix, J., Ortiz-Vázquez, P., & Olaiz-Fernández, G. (2023). La carga de enfermedades cardiovasculares en México, 1990-2021. Un resumen del estudio Global Burden of Disease 2021. *Gaceta médica de México*, 159(6), 574-581.
- [5] Aguirre Chávez, J. F., Franco Gallegos, L. I., Robles Hernández, G. S., & Montes Mata, K. J. (2023). Relación entre la actividad física y la calidad de vida relacionada con la salud en personas con enfermedades cardiovasculares. *Retos: Nuevas Perspectivas de Educación Física, Deporte y Recreación*, 50.
- [6] Carrillo, C.A.V. and L. Mojica, Revisión histórica y conceptual de los alimentos funcionales: antecedentes, perspectivas y desafíos. *Journal of Behavior and Feeding*, 2024. 4(7): p. 11-20.
- [7] Estrella, M. E., Vega, K. M., Cavadiana, H. U., & Caicedo, L. T. (2022). Alimentos funcionales la tendencia de consumo del siglo XXI. *Reciena*, 2(1), 10-19.
- [8] Martirosyan, D., H. Kanya, and C. Nadalet, Can functional foods reduce the risk of disease? Advancement of functional food definition and steps to create functional food products. *Functional Foods in Health and Disease*, 2021. 11(5): p. 213-221.
- [9] Martirosyan, D. and S. Stratton, Advancing functional food regulation. *Bioactive Compounds in Health and Disease-Online* ISSN: 2574-0334; Print ISSN: 2769-2426, 2023. 6(7): p. 166-171.
- [10] Martínez Flores, H.E., A. Topete Betancourt, and E. Tranquilino Rodríguez, La verdad detrás de los Alimentos Funcionales. *Milenaria, Ciencia y arte*, 2024(24): p. 12-15.
- [11] Meléndez Sosa, M.F., A.M. García Barrales, and N.A. Ventura García, Perspectivas e impacto en la salud del consumo de los alimentos funcionales y nutraceuticos en México. *RD-ICUAP*, 2020. 6(16): p. 114-136.
- [12] Venkatesh-Mannar, M. and A. Wesley, Food Fortification. 2016. p. 143-152.
- [13] Ashraf, S.A., Food fortification as a sustainable global strategy to mitigate micronutrient deficiencies and improve public health. *Discover Food*, 2025. 5(1): p. 201.
- [14] Vishwakarma, S., Dalbhat, C. G., Mandliya, S., & Mishra, H. N. (2022). Investigation of natural food fortificants for improving various properties of fortified foods: A review. *Food Research International*, 156, 111186.
- [15] Purkiewicz, A., F.H. Gul, and R. Pietrzak-Fiećko, The Utilization of Vegetable Powders for Bread Enrichment—The Effect on the Content of Selected Minerals, Total Phenolic and Flavonoid Content, and the Coverage of Daily Requirements in the Human Diet. *Applied Sciences*, 2024. 14(21): p. 10022.
- [16] Pachón, H. Avances en la fortificación de harina de trigo a nivel global. in *Anales Venezolanos de Nutrición*. 2014. Fundación Bengoa.
- [17] Rodríguez Huertas, J., Rodríguez Lara, A., González Acevedo, O., & Mesa, M. D. (2019). Leche y productos lácteos como vehículos de calcio y vitamina D: papel de las leches enriquecidas. *Nutrición hospitalaria*, 36(4), 962-973.
- [18] López-Sobaler, A. M., Larrosa, M., Salas-González, M., Lorenzo-Mora, A. M., Loria-Kohen, V., & Aparicio, A. (2022). Impacto de la vitamina D en la salud. Dificultades y estrategias para alcanzar las ingestas recomendadas. *Nutrición Hospitalaria*, 39(SPE3), 30-34.
- [19] Giral Arciniega, D., K. Príncipe Leon, and S. Varillas Arquiñigo, Producción y comercialización de arroz fortificado. 2019.
- [20] Fernández-Palacios, L., G. Ros, and C. Frontela, Nutrientes clave en la alimentación complementaria: El hierro en fórmulas y cereales. *Acta Pediátrica Esp*. 2015. 73: p. 269-76.
- [21] Agudelo Martínez, P.A., J.C. Luna Ramírez, And V.D. Quintero-Castaño, Formulación y evaluación fisicoquímica de jugo de mora (*Rubus glaucus Benth*) enriquecido con calcio y vitamina C. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 2020. 18(1): p. 56-63.
- [22] Olson, R., Gavin-Smith, B., Ferraboschi, C., & Kraemer, K. (2021). Food fortification: The advantages, disadvantages and lessons from sight and life programs. *Nutrients*, 13(4), 1118.
- [23] Keats, E. C., Neufeld, L. M., Garrett, G. S., Mbuya, M. N., & Bhutta, Z. A. (2019). Improved micronutrient status and health outcomes in low- and middle-income countries following large-scale fortification: evidence from a systematic review and meta-analysis. *The American journal of clinical nutrition*, 109(6), 1696-1708.
- [24] Das, J. K., Salam, R. A., Kumar, R., & Bhutta, Z. A. (2013). Micronutrient fortification of food and its impact on woman and child health: a systematic review. *Systematic reviews*, 2(1), 67.
- [25] World Health Organization. (2016). Fortification of maize flour and corn meal with vitamins and minerals.
- [26] Rivera-Quixchan, J. M., González-Cortés, N., García-Zarracino, R., & Jiménez-Vera, R. (2018). Componentes prebióticos del plátano: fibra dietética y almidón resistente. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 5(3), 40-50.
- [27] Aisara, J., Wongputtisin, P., Deejing, S., Maneewong, C., Unban, K., Khanongnuch, C., & Kanpiengjai, A. (2021). Potential of inulin-fructooligosaccharides extract produced from red onion (*Allium cepa* var. *viviparum* (Metz) Mansf.) as an alternative prebiotic product. *Plants*, 10(11), 2401.
- [28] Zerón, A., El poder de los probióticos, prebióticos, abióticos, simbióticos, psicobióticos, y antibióticos. *Revista ADM Órgano Oficial de la Asociación Dental Mexicana*, 2025. 82(2): p. 51-59.
- [29] Ruas-Madiedo, P., Rúperez, P., Redondo-Cuenca, A., Sanz, M. L., Clemente, A., Corzo, N., & Plou, F. J. (2015). Prebióticos; concepto, propiedades y efectos beneficiosos. *Nutrición hospitalaria*, 31(1), 99-118.
- [30] Gibson, G. R., Hutkins, R., Sanders, M. E., Prescott, S. L., Reimer, R. A., Salminen, S. J., & Reid, G. (2017). Expert consensus document: The

- International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of prebiotics. *Nature reviews Gastroenterology & hepatology*, 14(8), 491-502.
- [31] Guillot, C.C., Actualización en prebióticos. *Revista Cubana de Pediatría*, 2018. 90(4).
- [32] Vičić, V., R. Pandel Mikuš, and B. Ferjančič, Review of history and mechanisms of action of lactulose (4-O-β-D-Galactopyranosyl-β-D-fructofuranose): present and future applications in food. *Journal of food science and technology*, 2024. 61(11): p. 2036-2045.
- [33] Karakan, T., K.M. Tuohy, and G. Janssen-van Solingen, Low-dose lactulose as a prebiotic for improved gut health and enhanced mineral absorption. *Frontiers in Nutrition*, 2021. 8: p. 672925.
- [34] Cardelle-Cobas, A., Síntesis, caracterización y estudio del carácter prebiótico de oligosacáridos derivados de la lactulosa. 2009.
- [35] Roberfroid, M.B., Introducing inulin-type fructans. *British journal of nutrition*, 2005. 93(S1): p. S13-S25.
- [36] Mudannayake, D. C., Jayasena, D. D., Wimalasiri, K. M., Ranadheera, C. S., & Ajlouni, S. (2022). Inulin fructans–food applications and alternative plant sources: a review. *International Journal of Food Science and Technology*, 57(9), 5764-5780.
- [37] Ramos, R.A, García D.M., and E.R.P. Cruz, Fructanos tipo inulina: efecto en la microbiota intestinal, la obesidad y la saciedad. *Gaceta Médica Espirituana*, 2019. 21(2): p. 134-145.
- [38] Torres, D. P., Gonçalves, M. D. P. F., Teixeira, J. A., & Rodrigues, L. R. (2010). Galacto-oligosaccharides: production, properties, applications, and significance as prebiotics. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 9(5), 438-454.
- [39] Bode, L., Human milk oligosaccharides: every baby needs a sugar mama. *Glycobiology*, 2012. 22(9): p. 1147-1162.
- [40] Hernández, S.E.L., Producción y caracterización de galactooligosacáridos a partir de permeado de suero dulce tratado con β-galactosidasa y su aplicación en el desarrollo de una bebida. 2024.
- [41] Dinleyici, M., Barbieur, J., Dinleyici, E. C., & Vandeplass, Y. (2023). Functional effects of human milk oligosaccharides (HMOs). *Gut Microbes*, 15(1), 2186115.
- [42] Sánchez, C., Fente, C., Regal, P., Lamas, A., & Lorenzo, M. P. (2021). Human milk oligosaccharides (HMOs) and infant microbiota: a scoping review. *Foods*, 10(6), 1429.
- [43] Del Compare, M., Fernández, A., Tabacco, O., & Vinderola, G. (2025). Human milk oligosaccharides: Role in lactation and infant formulas. *Arch Argent Pediatr*, 123(4), e202410489.
- [44] Alonso, J.R.A., Oligosacáridos de la leche humana. *canarias pediátrica*, 2017. 41(2): p. 167-168.
- [45] Meléndez Rentería, N. P., Aguilar, C. N., Nevárez Moorillón, G. V., & Rodríguez Herrera, R. (2011). Compuestos prebióticos: de las moléculas al ser humano. *Revista de la Sociedad Venezolana de microbiología*, 31(1), 6-12.
- [46] Ramos, E. L., Ravelo, S., Muñoz, E., & Pérez, C. (2009). La trehalosa. Parte I: su presencia en la caña de azúcar. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 43(2), 37-41.
- [47] Cerero-Calvo, C., Sánchez-Medina, M. A., Pérez-Santiago, A. D., Matías-Pérez, D., & García-Montalvo, I. A. (2022). Probióticos presentes en bebidas fermentadas mexicanas. *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 25.
- [48] Rondon, L., Añez Zavala, M., Salvatierra Hidalgo, A., Meneses Barrios, R. T., & Heredia Rodriguez, M. T. (2015). Probióticos: generalidades. *Archivos venezolanos de puericultura y pediatría*, 78(4), 123-128.
- [49] Castañeda Guillot, C., Probióticos, puesta al día: an update. *Revista cubana de pediatría*, 2018. 90(2): p. 286-298.
- [50] Rodríguez, Y.A., A.F. Rojas, and S. Rodríguez, Encapsulación de probióticos para aplicaciones alimenticias. *Biosalud*, 2016. 15(2): p. 106-115.
- [51] Markowiak, P. and K. Ślizewska, Effects of probiotics, prebiotics, and synbiotics on human health. *Nutrients*, 2017. 9(9): p. 1021.
- [52] Swanson, K. S., Gibson, G. R., Hutkins, R., Reimer, R. A., Reid, G., Verbeke, K., & Sanders, M. E. (2020). The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of synbiotics. *Nature reviews Gastroenterology & hepatology*, 17(11), 687-701.
- [53] Ruiz Rivera, J. and A. Ramírez Matheus, Elaboración de yogurt con probióticos (*Bifidobacterium* spp. y *Lactobacillus acidophilus*) e inulina. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 2009. 26(2): p. 223-242.
- [54] Shah, N., Probiotic bacteria: selective enumeration and survival in dairy foods. *Journal of dairy science*, 2000. 83(4): p. 894-907.
- [55] Kim, H.K., E.Y. Kang, and G.W. Go, Recent insights into dietary ω-6 fatty acid health implications using a systematic review. *Food Sci Biotechnol*, 2022. 31(11): p. 1365-1376.
- [56] Gutierrez, D., R. Pacheco, and C.P. Reis, The Role of Omega-3 and Omega-6 Polyunsaturated Fatty Acid Supplementation in Human Health. *Foods*, 2025. 14(19).
- [57] Luo, S., Hou, H., Wang, Y., Li, Y., Zhang, L., Zhang, H., ... & Wang, X. (2024). Effects of omega-3, omega-6, and total dietary polyunsaturated fatty acid supplementation in patients with atherosclerotic cardiovascular disease: a systematic review and meta-analysis. *Food & Function*, 15(3), 1208-1222.
- [58] Gutiérrez-Grijalva, E. P., Ambriz-Pérez, D. L., Leyva-López, N., Castillo-López, R. I., & Heredia, J. B. (2016). compuestos fenólicos dietéticos, beneficios a la salud y bioaccesibilidad. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 66(2), 87-100.
- [59] Quesada-Vázquez, S., Eseberri, I., Les, F., Pérez-Matute, P., Herranz-López, M., Atgié, C., ... & Carpené, C. (2024). Polyphenols and metabolism: from present knowledge to future challenges. *Journal of Physiology and Biochemistry*, 80(3), 603-625.
- [60] BAYIR, A.G., A.N. Aksoy, and A. Koçyiğit, The importance of polyphenols as functional food in health. *Bezmialem Science*, 2019.
- [61] Saini, R.K., S.H. Nile, and S.W. Park, Carotenoids from fruits and vegetables: Chemistry, analysis, occurrence, bioavailability and biological activities. *Food Research International*, 2015. 76: p. 735-750.
- [62] Farhana, A., Khan, Y. S., Alsrhani, A., Manni, E., Alameen, A. A., Derafa, W., & Eltayeb, L. B. (2025). Human Health: Trigger Factors, Mechanism and Application. *Recent Advances in Phytochemical Research*, 49.
- [63] Olmedilla-Alonso, B., Carotenoids: content in foods, in diet and bioavailability. 2017.
- [64] Maiani, G., Periago Caston, M. J., Catasta, G., Toti, E., Cambrodón, I. G., Bysted, A., & Schlemmer, U. (2009). Carotenoids: actual knowledge on food sources, intakes, stability and bioavailability and their protective role in humans. *Molecular nutrition & food research*, 53(S2), S194-S218.
- [65] Mostafa, H.S. and M.M. Hashem, Microalgae as a source of carotenoids in foods, obstacles and solutions. *Phytochemistry Reviews*, 2025. 24(5): p. 4295-4337.

[66] Arias Lamos, D., Montaña Díaz, L. N., Velasco Sánchez, M. A., & Martínez Girón, J. (2018). Alimentos funcionales: avances de aplicación en agroindustria. *Tecnura*, 22(57), 55-68.

[67] Cámpora, M.C., Alimentos funcionales: tecnología que hace la diferencia. *RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 2016. 42(2): p. 131-137.

[68] Granato, D., Barba, F. J., Bursac Kovačević, D., Lorenzo, J. M., Cruz, A. G., & Putnik, P. (2020). Functional foods: Product development, technological trends, efficacy testing, and safety. *Annual review of food science and technology*, 11(1), 93-118.

[69] Anwer, M. and M.Q. Wei, Harnessing the power of probiotic strains in functional foods: Nutritive, therapeutic, and next-generation challenges. *Food Science and Biotechnology*, 2024. 33(9): p. 2081.

[70] Arshad, Z., Shahid, S., Hasnain, A., Yaseen, E., & Rahimi, M. (2025). Functional foods enriched with bioactive compounds: therapeutic potential and technological innovations. *Food Science & Nutrition*, 13(10), e71024.

[71] Di Nunzio, M., Picone, G., Pasini, F., Chiarello, E., Caboni, M. F., Capozzi, F., & Bordonni, A. (2020). Olive oil by-product as functional ingredient in bakery products. Influence of processing and evaluation of biological effects. *Food Research International*, 131, 108940.

[72] Reque, P.M. and A. Brandelli, Encapsulation of probiotics and nutraceuticals: Applications in functional food industry. *Trends in Food Science & Technology*, 2021. 114: p. 1-10.

[73] Birch, C.S. and G.A. Bonwick, Ensuring the future of functional foods. *International Journal of Food Science and Technology*, 2019. 54(5): p. 1467-1485.