

## **Tendencias de Desarrollo Científico y Tecnológico de los Alimentos Funcionales: una Vigilancia Tecnológica 2018-2023**

### **Trends in the Scientific and Technological Development of Functional Foods: A Technological Surveillance, 2018-2023**

Iván D. De Armas Coronel

Ender A. Jiménez Gutt

Juan F. Córdoba-Fernández

#### **Resumen**

El objetivo de este estudio es explorar las tendencias mundiales de desarrollo científico y tecnológico en alimentos funcionales entre los años 2018-2023, mediante una vigilancia tecnológica. Los alimentos funcionales son constituyentes importantes de la dieta humana debido a sus beneficios comprobados para la salud por sus componentes con potenciales impactos relevantes sobre enfermedades de manejo farmacológico, en casos puntuales asistiendo al control y prevención de dichas patologías. Se utilizan como ingredientes adicionados a los alimentos y la alta demanda del mercado lleva a un creciente interés, en investigación, innovación y desarrollo. La metodología incluyó la recuperación y análisis de documentos secundarios que permitieron la comprensión de la dinámica científica e inventiva en alimentos funcionales, dando como resultado la identificación de la tendencia temática actual, la actividad científica y tecnológica

\*Estudiante de pregrado en Nutrición y Dietética, Universidad CES, Medellín, Colombia.  
email: [dearmas.ivan@uces.edu.co](mailto:dearmas.ivan@uces.edu.co), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5927-2009>

\*\*Estudiante de pregrado en Nutrición y Dietética, Universidad CES, Medellín, Colombia.  
email: [jimenez.ender@uces.edu.co](mailto:jimenez.ender@uces.edu.co), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8356-7931>

\*\*\*Nutricionista Dietista, Magister en Gestión Humana, Universidad CES, Medellín, Colombia. email: [jcordoba@ces.edu.co](mailto:jcordoba@ces.edu.co), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0748-9809>

por países y el estudio para la elaboración de nuevos productos. Se requiere un monitoreo frecuente del tema mediante vigilancia tecnológica.

## **Abstract**

The objective of this study is to explore the global trends of scientific and technological development in functional foods between the years 2018-2023, through a technology watch. Functional foods are important constituents of the human diet due to their proven health benefits thanks to their components with potentially relevant impacts on pharmacologically managed diseases, in specific cases assisting in the control and prevention of such pathologies. They are used as added ingredients to foods and the high market demand leads to a growing interest in research, innovation, and development. The methodology included the retrieval and analysis of secondary documents that allowed the understanding of the scientific and inventive dynamics in functional foods, resulting in the identification of the current topic trend, the scientific and technological activity by countries and the study for the development of new products. Frequent monitoring of the subject is required through technological surveillance.

**Palabras Clave:** alimentos funcionales; prebióticos; probióticos; antioxidantes; fibra dietaria

**Keywords:** functional foods; prebiotics; probiotics; antioxidants; dietary fiber

**Clasificación JEL:** I10, L66, O31, O32, O33

## **1. Introducción**

El origen del término “alimento funcional” se remonta a la década de los 80’s en Japón donde, a partir de preocupaciones sociales concernientes a las enfermedades relacionadas con los estilos de vida, el Ministerio de Educación, Ciencia y Cultura japonés impulsó el primer proyecto de alimentos funcionales bajo la denominación “Análisis Sistemático y Desarrollo de las Funciones

Alimentarias”. Posteriormente, en 1991, se establece en Japón la primera política mundial de legalización del comercio de algunos alimentos funcionales como alimentos para usos específicos en salud o FOSHU, por sus siglas en inglés (Arai et al. 2001). Estos surgen de la necesidad del gobierno japonés de generar un sistema de alimentación que provea un beneficio real a la salud de los consumidores, teniendo como fin principal la reducción de los elevados costos en salud, debido a la alta prevalencia de enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT), posterior al incremento del desarrollo económico después de la segunda guerra mundial, el cual trajo consigo un aumento de la expectativa de vida y, por ende, una mayor población de la tercera edad (Durán y Valenzuela 2010).

Una alimentación balanceada en calidad y cantidad contribuye al logro y preservación de una adecuada salud, mediante la función metabólica que ejercen los nutrientes en el organismo, pero esto hace que definir el término *alimento funcional* se torne complejo, tanto que no existe consenso en su definición. Una investigación del Banco Mundial conceptualiza alimentos funcionales como productos, ya sea en forma de alimento o de bebida, que influyen sobre funciones específicas del cuerpo para producir beneficios para la salud, bienestar o desempeño, más allá de su mero valor nutricional, y que satisfacen los requisitos mínimos de seguridad y calidad para sus categorías respectivas (Williams, Pehu, y Ragasa 2006). Otra acepción los considera un alimento producido mediante el uso de materiales o ingredientes que tienen una funcionalidad útil para el cuerpo humano (Chul 2019).

Ya no como definición, sino como una forma de identificarlos a través de la sinonimia, se han utilizado términos semejantes a alimentos funcionales como “alimentos fitoquímicos”, “alimentos genéticamente diseñados”, “fitoalimentos”, “fitonutrientes”, “alimentos inteligentes”, “alimentos terapéuticos”, “alimentos de valor añadido”, “alimentos genómicos”, “alimentos pro y prebióticos” y “fuentes fitoquímicas” (Chasquibol et al. 2003).

La clasificación de los alimentos funcionales se observa en la literatura bajo diferentes parámetros. Algunas fuentes los categorizan como alimentos per se: soya, granos enteros, ajo, vegetales crucíferos, te verde, entre otros (Alamgir 2017); otra categorización los define como ingredientes constitutivos de tales alimentos: probióticos, fibras dietarias, prebióticos, antioxidantes (Jürgens 2007; Rani y Yadav 2018).

La revisión bibliográfica de antecedentes arrojó solo dos estudios con enfoque de tendencias en alimentos funcionales, uno de ellos una vigilancia tecnológica (VT) que se implementó con el propósito de suplir la necesidad de información de algunas empresas españolas relacionadas con la nutrición humana. En dicho estudio de vigilancia se clasificaron los funcionales por tipo de ingrediente y los resultados se analizaron en función de las publicaciones científicas, la oferta y demanda tecnológica y las publicaciones de patentes (Jürgens 2007). Otro estudio, aunque no propiamente bajo la modalidad de VT, buscó identificar nuevas tecnologías y tendencias para la producción de alimentos funcionales (Betoret et al. 2011).

Dos investigaciones más asumieron el estudio de los alimentos funcionales enfocados en la situacional actual, las oportunidades y los retos, describiendo la oferta y demanda de dichos productos, así como las expectativas tecnológicas para su producción en el futuro (Cortés R, Chiralt B, y Puente D 2005; Williams et al. 2006). Todos los documentos revisados fueron publicados hace más de una década, lo que sugiere que la brecha entre los avances en materia de alimentos funcionales, ocurridos de esa época a la actual, podría haberse ampliado sustancialmente.

El avance progresivo y acelerado de la ciencia teórica y aplicada, así como de la producción y el desarrollo tecnológico configuran un desafío constante de actualización y adaptación de conocimientos y acciones en materia alimentaria, basados en la prospectiva como anticipación al futuro para la industria de

alimentos. Por tal razón, este estudio de vigilancia tecnológica tiene como objetivo explorar las tendencias mundiales de desarrollo científico y tecnológico en alimentos funcionales entre los años 2018-2023, observados mediante la cienciometría y la tecnología.

## **2. Metodología**

Para el desarrollo del objetivo planteado se implementó el proceso de Vigilancia Tecnológica propuesto por la norma UNE 166006 (Asociación Española de Normalización 2018), mediante la adaptación del procedimiento en dos fases, la primera como planeación, búsqueda y recuperación de la información; la segunda, como tratamiento y análisis de la información.

### *2.1. Planeación, búsqueda y recuperación de la información*

La planeación del proceso comprendió la identificación de la necesidad; las fuentes de información científica y tecnológica (base de datos científicos Scopus y base de datos Lens); y los descriptores necesarios para la recuperación de los datos, definidos a partir de los ingredientes descritos en la literatura, posteriormente traducidos y validados en el tesoro MESH, para posteriormente organizar en una estrategia de búsqueda (Tabla 1). Las bases de datos Scopus y Lens fueron elegidas considerando sus herramientas de análisis y filtrado de la información, además de las posibilidades de recuperación y exporte de archivos en formatos susceptibles de análisis.

La búsqueda y recuperación de la información se realizó utilizando únicamente los descriptores en inglés. La primera búsqueda se llevó a cabo en Scopus, mediante una única ecuación combinada, en la que se eligieron campos de búsqueda como “título” y “título-abstract-palabras clave”, también se integraron descriptores, operadores booleanos y símbolos. Una vez se obtuvieron resultados de Scopus, se procedió al refinamiento de la información, incluyendo solo documentos tipo

artículos originales, revisiones sistemáticas y ponencias de congresos. Se excluyeron documentos tipo editorial, libros, capítulos de libro y fe de errata.

Ecuación de búsqueda en Scopus

```
( TITLE ( "Functional food" ) AND TITLE-ABS-KEY ( antioxidant* ) OR TITLE-ABS-KEY ( prebiotic ) OR TITLE-ABS-KEY ( probiotic ) OR TITLE-ABS-KEY ( "dietary fiber" ) ) AND PUBYEAR > 2017 AND ( LIMIT-TO ( DOCTYPE , "ar" ) OR LIMIT-TO ( DOCTYPE , "re" ) OR LIMIT-TO ( DOCTYPE , "cp" ) )
```

La búsqueda de la información tecnológica de patentes se realizó en la base de datos Lens, la cual facilita el análisis y enlace del conocimiento mediante herramientas bibliométricas y filtros especializados. Sus herramientas permitieron identificar y seleccionar el intervalo de fechas, las jurisdicciones, el estatus legal, los tipos de documentos, entre otros. De los resultados de esta base de datos, únicamente se incluyeron patentes solicitadas y otorgadas, cuyo estatus legal fuera activo o pendiente, en el intervalo 2018 – 2023. La ecuación de búsqueda y los filtros utilizados en Lens fueron los siguientes:

```
( Title: ( "functional food" AND ( prebiotic OR ( probiotic OR ( antioxidant OR "dietary fiber" ) ) ) ) ) OR ( Abstract: ( "functional food" AND ( prebiotic OR ( probiotic OR ( antioxidant OR "dietary fiber" ) ) ) ) ) OR Claims: ( "functional food" AND ( prebiotic OR ( probiotic OR ( antioxidant OR "dietary fiber" ) ) ) ) )
```

```
Published Date = ( 2018-01-01 - 2023-04-24 ) Document Type = ( Patent_application, Granted_patent ) Legal Status = ( Active, Pending )
```

## 2.2. Tratamiento y análisis de la información.

La información de Scopus se recuperó en dos formatos, CSV (*Comma Separated Values*) y RIS (*Research Information System*). El primero se trató y analizó en Excel, donde se realizó una depuración de los datos corruptos, con el propósito de garantizar estandarización y validez de la información. El segundo archivo se

examinó mediante el software de análisis visual VOSViewer, cuya herramienta de verificación de descriptores permitió excluir aquellos directamente relacionados con las palabras claves establecidas en la estrategia de búsqueda que, de haberse incluido en el mapa, habrían alterado la visualización de los resultados.

Por decisión metodológica, se seleccionaron 12 documentos de cada base de datos, se recuperaron los archivos de lectura en PDF, se analizaron utilizando el gestor bibliográfico Zotero y se clasificaron según su propiedad funcional principal, basados en los descriptores MESH enunciados en la Tabla 1.

De acuerdo con la información recuperada y analizada, se realizó una comparación entre las categorías, denotando cuáles de los ingredientes de cada categoría fueron los que más desarrollo e investigación presentaron, lo que se compila y describe en el siguiente apartado.

### **3. Resultados**

#### *3.1. Tendencia de la producción científica y tecnológica en alimentos funcionales*

La co-ocurrencia de palabras claves o *keywords*, obtenidas de los documentos científicos recuperados en Scopus, permitió identificar tendencias actuales en investigación alrededor de los alimentos funcionales. Los datos recuperados se agruparon en tres grandes cluster en los que se pudieron ubicar términos con amplia convergencia dentro de la matriz de descriptores que, si se dividen en tres cuadrantes, se observa una aglomeración de palabras co-ocurrentes ligadas a la química y que se ubican en el cuadrante inferior izquierdo: nutrición, fitoquímicos, polifenoles, flavonoides, frutas, ácidos grasos, polisacáridos. En el cuadrante inferior izquierdo, vinculadas con una de las palabras más recurrentes (estrés oxidativo) están la inflamación, las interleuquinas, la diabetes mellitus, el resveratrol, los metabolitos reactivos al oxígeno. El cuadrante superior, vinculado principalmente con la palabra extracto de plantas, se asocia a otros términos como

frutas, flavonoides, hojas de plantas, quercetina, fitoquímicos, actividad antineoplásica, ácido gálico, luteolina y ácido caféico (Figuras 1 y 2).

La búsqueda de artículos publicados entre el 2018 y 2023 en Scopus permitió recuperar un total de 616 documentos que contenían los descriptores de interés, de los cuales 354 (57,4%) correspondieron a artículos originales, 231 (37,5) a revisiones y 31 (5,0%) a ponencias de congresos. La figura 3 muestra un crecimiento exponencial de la producción científica sobre alimentos funcionales, con el pico de publicaciones tipo artículo (100 documentos) y revisiones (79 documentos) en 2022 (Figura 3).

La producción de documentos de patente, derivados de la dinámica de producción tecnológica y publicados en Lens, permitió identificar hasta 768 registros en el mismo periodo de tiempo, de los cuales 607 correspondieron a aplicaciones de patente y 161 a patentes otorgadas a desarrollos en alimentos funcionales. La aplicación de patentes viene en franco aumento, aunque presentó una fase de latencia entre los años 2021 y 2022. Se da una dinámica diferente en el otorgamiento de las patentes, el cual muestra fluctuaciones año a año con tendencia a la baja (Figura 3).

### 3.2. *Países con mayor número de publicaciones en alimentos funcionales*

India y China superan con creces a Estados Unidos en la investigación científica, tanto teórica como aplicada alrededor de los alimentos funcionales, pero este último país es seguido de cerca por Italia, Brazil e Indonesia. La producción tecnológica, reflejada tanto en la aplicación como en el registro de patentes, es liderada esta vez por China, seguida por Corea del Sur que no aparece como gran investigador y, en tercer lugar, Estados Unidos. Las patentes otorgadas y las aplicaciones registradas con cobertura mundial ocupan el cuarto lugar. Por

Colombia, una empresa aplicó con una solicitud de patente respecto a un alimento funcional a partir de café y/o cacao.

### 3.3. *Ingredientes con mayor uso en la producción de alimentos funcionales*

En la Tabla 2 recoge los ingredientes más utilizados por alimento funcional. En el caso de los prebióticos las microalgas, hongos y compuestos bioactivos con función prebiótica. Los probióticos muestra, no tanto ingredientes, sino formas o presentación de los ingredientes como encapsulamiento, recubrimiento alimentario o compuestos aislados. En el caso de los antioxidantes, figuran la *curcumina*, ingredientes extraídos del *cilantro* y subproductos del *melón*. La fibra dietaria como alimento está contenida también en frutas y semillas del *dátil* y, como particularidad, el *orujo* de *tomate* el cual es un tipo de destilado alcohólico, que se puede usar en la industria alimentaria.

Las patentes otorgadas y aplicaciones listadas en la Tabla 3 muestran una dinámica de producción tecnológica en la que se observan intereses por aprovechar los prebióticos procedentes de la cáscara del *ajo*, la cepa de *lactobacillus salivarius* e, inesperadamente, oligosacáridos extraídos de la leche materna humana. Entre los probióticos, los tradicionales lactobacillos continúan desarrollándose como ingredientes de nuevos productos. Los ingredientes antioxidantes como el extracto de *Aronia Negra*, la vitamina E y extractos de cacao ricos en polifenoles destacan entre los desarrollos recuperados. Los glucanos y la celulosa sintetizados por enzimas y tratados con emulsificantes, así como la cáscara de cacao en polvo destacan como ingredientes adicionados o como componente de alimentos ricos en fibra dietaria.

#### 4. Tablas

Tabla 1. Lista de descriptores de alimentos funcionales utilizados en Scopus y Lens

Variable	Español	Inglés
alimentos funcionales	alimentos funcionales	“functional food”
	prebióticos	prebiotic
	probióticos	probiotic
	antioxidantes	anti-oxidant*
	fibra dietaria	“dietary fiber”

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 2. Documentos científicos sobre alimentos funcionales disponibles en Scopus, 2018-2023

Título de artículo	Ingrediente/presentación del ingrediente	Beneficio	Referencia
<b>Prebióticos</b>			
Potential Industrial Applications and Commercialization of Microalgae in the Functional Food and Feed Industries: A Short Review	Biomasa de microalgas (harina, líquido, capsulas, etc)	Antimicrobiano, antivirales, anti anémico, laxante	(Camacho, Macedo, y Malcata 2019)
Circular reuse of bio-resources: the role of Pleurotus spp. in the development of functional foods	Hongo pleurotus spp	Probiotización, anticancerígeno, antimicrobiano, antidiarreico, antihipertensivo	(Lavelli et al. 2018)
Vegan probiotic products: A modern tendency or the newest challenge in functional foods	Ácidos fenólicos, flavonoides y betacianinas	Hipolipemiente, hipoglicemiente, inmunorregulador	(Pimentel et al. 2021)
<b>Probióticos</b>			
A review of the microencapsulation techniques	Probióticos encapsulados	Antiinflamatorio, anticancerígeno,	(Frakolaki et al. 2021)

for the incorporation of probiotic bacteria in functional foods		cardioprotector, neuroprotector	
Probiotic Incorporation in Edible Films and Coatings: Bioactive Solution for Functional Foods	Recubrimiento alimentario con probióticos	Anticancerígeno, mejora la motilidad intestinal, efecto laxante, inmunoprotector.	(Pavli et al. 2018)
Biotechnological potential of yeasts in functional food industry	Levaduras aisladas de alimentos fermentados	Inmunorregulador intestinal, antibacteriano, antialérgico, antitumoral	(Rai, Pandey, y Sahoo 2019)
<b>Antioxidantes</b>			
Curcumin as a functional food-derived factor: Degradation products, metabolites, bioactivity, and future perspectives	“Curcumina” Extracto de cúrcuma	Antiinflamatorio, anticancerígeno, antidiabético, modulador de la función cerebral.	(Tsuda 2018)
Coriander (Coriandrum sativum): A promising functional food toward the well-being	Coriandrum sativum (C. sativum) o cilantro, en hojas y semillas	Anticancerígeno, neuroprotector, ansiolítico, anticonvulsivo, analgésico, entre otros	(Prachayasitti kul et al. 2018)
Melon (Cucumis melo L.) by-products: Potential food ingredients for novel functional foods?	Semillas y cáscara del melón	Antiinflamatorio, antidiabético, antibacteriano, hipoglucemiante.	(Silva et al. 2020)
<b>Fibra dietaria</b>			

Bioactive compounds from date fruit and seed as potential nutraceutical and functional food ingredients	Frutas y semillas del dátil	Antioxidante, hipoglicemiante, hipolipemiante	(Maqsood et al. 2020)
A comprehensive review on antioxidant dietary fibre enriched meat-based functional foods	Carne y productos cárnicos con adición de fibra dietaria y antioxidantes.	Antiinflamatorio, anticancerígeno, cardioprotector	(Das et al. 2020)
Characterization of tomato processing by-product for use as a potential functional food ingredient: nutritional composition, antioxidant activity and bioactive compounds	Orujo de tomate para adición en alimentos	Hipolipemiantes, hipocolesterolemiantes, antiinflamatorias, anditiabéticas y antioxidante	(P. A. Silva et al. 2019)

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 3. Registro de patentes en alimentos funcionales disponibles en Lens, 2018-2023

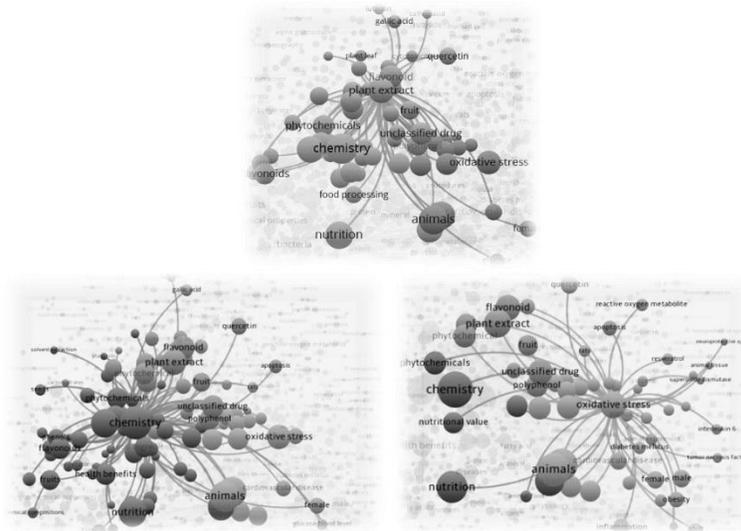
Título de patente	Número de patente	Ingrediente	Beneficio	Referencia
<b>Prebióticos</b>				
Prebiotics composition for improving intestinal microflora comprising	US9937211B2	Extracto de cáscara de ajo que contiene inulina	Alivio de la flora intestinal favoreciendo el crecimiento de probióticos	(Hwan y Chelliah 2020)

garlic peel extract and functional food comprising the same				
Lactobacillus Salivarius Strain, Composition Comprising the Same, and Uses Thereof	EP3412766A1	Cepa de lactobacillus salivarius	Reductor de disbiosis, antiséptico, protector de infecciones ginecológicas y mastitis	(Bello Navarro et al. 2017)
Purification of Oligosaccharides	WO2019/003133A1	Oligosacáridos de la leche materna nanofiltrados	Antibacterial, antiviral, inmunoprotector y promotor de desarrollo neurológico	(Khanzhin y Jondelius Hederos 2018)
<b>Probióticos</b>				
Composite probiotic lactobacillus powder as well as preparation method and application thereof	CN108004189A	Lactobacilos probióticos compuestos en polvo	Reductor de impacto de colon irritable, inmunoprotector	(Jianjun, Chen, y Jicheng 2018)
Fermented Dairy Compositions and Methods of Preparing the Same	US2020/0323227A1	Lácteos fermentados con lactobacillus acidophilus	Laxante, inmunoprotector, inmunomodulador	(Capronnier et al. 2018)
Novel lactobacillus Pentosus and probiotics and composition containing the same	KR20180050810A	Lactobacillus pentosus HB-8023	Actividad antimicrobiana Capacidad inhibidora de citoquinas inflamatorias	(Jung et al. 2018)
<b>Antioxidantes</b>				
Black chokeberry composite	CN108077522A	Extracto de Aronia Negra	Reductor de astenopia, mejora la visión	(Ali Redha

tabletted sweets and making method thereof		fortificado con provitamina A	nocturna, gastroprotector, cardio protector, hepato protector y anticancerígeno	et al. 2022)
Formulations of water-soluble derivatives of vitamin E and soft gel compositions, concentrates and powders containing same	US9861611B2	Mezclas derivadas de vitamina E hidrosolubles	Antiinflamatorio, vasodilatador e inmunoprotector	(Broml ey 2015)
Functional Chocolate	W 2018/087305A 1	Productos a base de cacao fortificados con extractos vegetales con altas concentraciones de polifenoles	Antiinflamatorio, hipoglicemiante, antihipóxico, hipotensivo	(Petyae v y Orlows ki 2017)
<b>Fibra dietaria</b>				
Enzymatic synthesis of soluble glucan fiber	US2020/03232 27A1	Fibra soluble a partir de glucanos sintetizados por enzimas	Hipolipemiante, hipocolesterolem iante, hipoglicemiante, laxante	(Cheng et al. 2015)
Process for the Preparation of Pickering Emulsion Forming Particles by Derivatization of Cellulose-Rich Dietary Fibers With Enzymes and Emulsions Prepared	WO2019/1218 52A1	Derivado de fibra rica en celulosa procesada por enzimas y emulsificantes	Laxante, inmunomodulad or, antiinflamatorio, fibra con digestibilidad aumentada	(Anna et al. 2018)

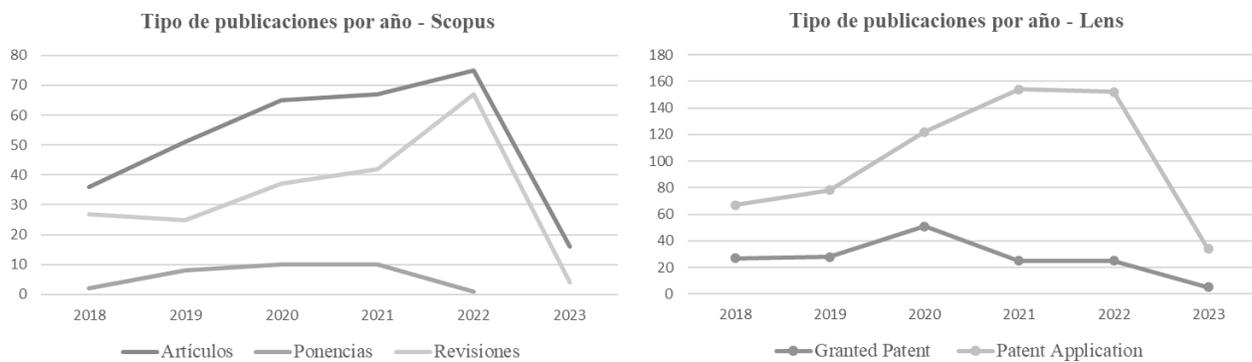


Figura 2. Co-ocurrencias de los principales descriptores segmentados por cuadrantes.



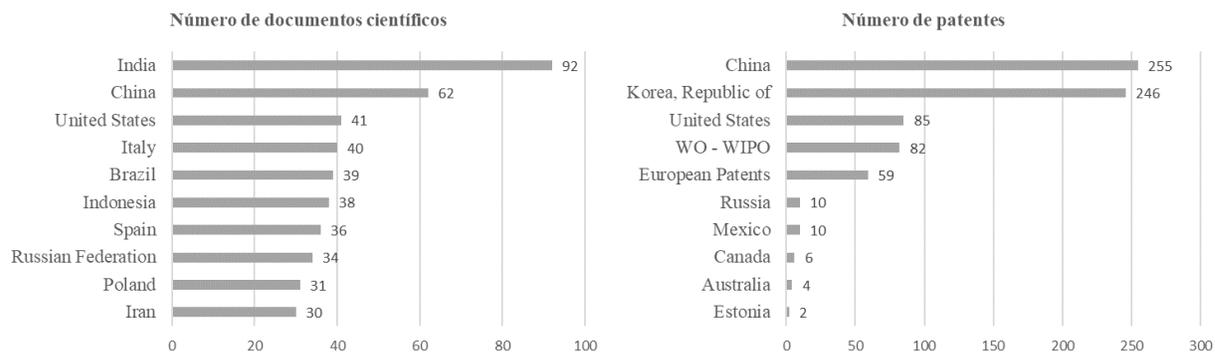
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 3. Comparativo de la producción científica y tecnológica sobre alimentos funcionales en las bases de datos Scopus y Lens, 2018-2023



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 4. Comparativo de producción científica y tecnológica en alimentos funcionales, por país de origen en Scopus y Lens, 2018-2023



Fuente: Elaboración Propia.

## 6. Discusión

El análisis de la información descrita en los resultados brinda claridades sobre la dirección que han tomado, tanto la producción científica como la tecnológica, en los últimos cinco años. La investigación científica parece estar orientada a continuar explorando elementos históricamente estudiados y desarrollados como ingredientes, componentes o alimentos funcionales, aunque también empiezan a emerger compuestos ingredientes como la clorofila, el ácido gálico, el licopeno, el resveratrol, el chitosan, las microalgas y los betaglucanos, así como alimentos: huevos, frutas, lácteos y dátiles (Figuras 1 y 2). Algunos de estos coinciden con o son mencionados en los desarrollos tecnológicos y alimentarios descritos en las patentes aplicadas y/o otorgadas.

La coincidencia entre la investigación científica y la actividad inventiva se puede ver en la dinámica de publicaciones en ambos casos: artículos, revisiones y patentes, todas con tendencia de crecimiento exponencial en los cinco años de estudio. Así mismo, se observaron coincidencias en los países de origen, es decir, países como China y Estados Unidos aparecen en los primeros tres lugares en ambas dinámicas de publicación, no obstante, parece que la India investiga más de lo que desarrolla a nivel inventivo. Caso contrario ocurre con Corea del Sur,

cuya actividad inventiva no se sustenta en su actividad investigativa, al menos no en revistas indexadas en Scopus.

En cuanto a ingredientes, la ciencia que se interesa por las microalgas pone su atención en las algas verdes y pardas, de donde se extraen polisacáridos que cumplirán funciones bioactivas con impacto favorable en la microbiota intestinal y la regulación de metabolitos bioactivos (Alipour et al. 2018; Da Costa et al. 2019; Zheng, Chen, y Cheong 2020). El alga parda eckol se investiga por sus efectos antitumorales asociados a su función moduladora del sistema inmune (Zhang et al. 2019). Las algas spirulina y chlorella también pueden sustituir otros ingredientes en preparaciones compuestas, como el relleno de proteína de soya en el rollo de pollo, dado su perfil de aminoácidos más completo frente al de las legumbres por sí solas (Parniakov et al. 2018).

Las levaduras, por su proceso de fermentación y características, han demostrado tener efectos positivos en la salud. Desarrollos particulares de bebidas fermentadas por levadura de piña; el kéfir con extractos de semillas de uva con efecto antioxidante y prebiótico; los aditivos de péptidos bioactivos provenientes de levadura de cerveza; y un aditivo de levadura para la mejora de la biodisponibilidad y la digestibilidad de los nutrientes de alimentos germinados (Amorim et al. 2019; Amorim, Piccoli, y Duarte 2018; Cho et al. 2018; Swieca et al. 2019).

La curcumina aparece en la literatura científica vinculada al desarrollo de un mecanismo para mejorar su biodisponibilidad y absorción; también como herramienta para control de la glicemia y como aditivo para yogures en conjunto con ácido clorogénico para manejo de la inflamación (Ahmed Nasef et al. 2022; Araiza-Calahorra, Akhtar, y Sarkar 2018; Ban et al. 2020; Hutachok et al. 2023). Los productos e ingredientes descritos son investigados por su potencial tanto en la industria alimentaria como en la farmacológica.

La carne también hace parte de la investigación científica y desarrollo tecnológico por su potencial como vehículo funcional, ya sea por adición de ingredientes o modificación de sus compuestos. El uso de extracto de sauco para preservar características organolépticas y aumentar valor nutricional; el uso de la glutatión de las espinacas y la col morada, y la adición de extracto acuoso de cilantro para aumentar y preservar propiedades antioxidantes de la carne (Ahmad et al. 2023; AL-Temimi, Al-Hilifi, y AL-Mossawi 2023; Rocchetti et al. 2022).

El uso de oligosacáridos, incluso aquellos extraídos de leche materna, se utilizan en la industria con fines dietarios para mejorar la flora intestinal, disminuir los niveles de adiposidad, aumentar el mantenimiento de la masa libre de grasa, mejorar las funciones cognitivas y reducir marcadores de inflamación. Si bien los oligosacáridos derivados de la leche materna se transforman en productos para consumo de poblaciones alternativas, existen problemas para su uso dada la escasez de materia prima y la inestabilidad de los extractos, por ello se han ensayado microorganismos que puedan generar compuestos similares utilizando otras fuentes y se han probado técnicas para la mejora de la estabilidad (Barile, Lee, y Raybould 2020; Peracha, Wimhof, y Meinhardt 2017; Potappel-van 't Land, Van Den Elsen Lieke Wilhelmina, y Stahl 2020; Schroven et al. 2013).

Los lactobacillus de diferentes tipos (acidófilos, salivarius, casei Zhang, pentosus) siguen siendo de uso frecuente en la adición y enriquecimiento de diferentes productos tanto alimenticios como farmacéuticos dadas sus propiedades antimicrobianas, antiinflamatorias, antioxidantes y anticancerígenas (Bello Navarro et al. 2017; Jianjun et al. 2018; Jung et al. 2018). El cacao emerge como alimento con potencial antioxidante y fuente de fibra dietaria, la cual aparece en las investigaciones y en los desarrollos tecnológicos, en parte por su contenido en polifenoles y otros bioactivos, así como por sus características fisicoquímicas (Bernaert y Kopp 2019; Petyaev y Orłowski 2017).

## 7. Conclusiones

En definitiva, el análisis de tendencias en alimentos funcionales lleva a inferir que estos continúan captando la atención de científicos y desarrolladores de productos, en tanto la reserva y disponibilidad de ingredientes con actividad funcional es vasta y diversa, porque no solo se exploran los compuestos químicos y nutricionales de los alimentos, sino también microorganismos y otros organismos naturales como algas y hongos.

Los alimentos funcionales son considerados de gran interés en la geografía asiática, en tanto China, Corea del Sur e Indonesia figuran en los primeros lugares de países investigadores e inventores en la materia. Colombia, por su riqueza natural en alimentos de origen vegetal, podría emerger como productor de funcionales si se explorase a profundidad mediante investigación y desarrollo, el potencial de frutas, verduras, legumbres, plátanos y tubérculos y sus subproductos. En esa línea, la agroindustria colombiana tiene una oportunidad invaluable para el aprovechamiento de las pérdidas y desperdicios de alimentos, principalmente de vegetales, cuyos residuos representan una fuente importante de compuestos bioactivos y nutrientes con potencial funcional.

## Referencias

- Ahmad, Awais, Nasir Mahmood, Muzzamal Hussain, Umme Aiman, Samiah H. Al-Mijalli, Muhammad Ahtisham Raza, y Entessar Al Jbawi. 2023. «Improvement in Oxidative Stability and Quality Characteristics of Functional Chicken Meat Product Supplemented with Aqueous Coriander Extract». *International Journal of Food Properties* 26(1):855-65. doi: 10.1080/10942912.2023.2189086.
- Ahmed Nasef, Noha, Rohith N. Thota, Anthony N. Mutukumira, Kay Rutherford-Markwick, Martin Dickens, Pramod Gopal, Harjinder Singh, y Manohar L. Garg. 2022. «Bioactive Yoghurt Containing Curcumin and Chlorogenic Acid Reduces Inflammation in Postmenopausal Women». *Nutrients* 14(21):4619. doi: 10.3390/nu14214619.
- Alamgir, A. N. M. 2017. «Classification of Drugs, Nutraceuticals, Functional Food, and Cosmeceuticals; Proteins, Peptides, and Enzymes as Drugs». Pp. 125-75 en *Progress in Drug Research*. Vol. 73.

- Ali Redha, Ali, Shahida Anusha Siddiqui, Reza Zare, Daniele Spadaccini, Silvia Guazzotti, Xi Feng, Nur Alim Bahmid, Yuan Seng Wu, Fathima Zahraa Ozeer, y Rotimi E. Aluko. 2022. «Blackcurrants: A Nutrient-Rich Source for the Development of Functional Foods for Improved Athletic Performance». *Food Reviews International* 1-23. doi: 10.1080/87559129.2022.2162076.
- Alipour, Hakimeh Jannat, Masoud Rezaei, Bahareh Shabanpour, y Mehdi Tabarsa. 2018. «Effects of Sulfated Polysaccharides from Green Alga *Ulva Intestinalis* on Physicochemical Properties and Microstructure of Silver Carp Surimi». *Food Hydrocolloids* 74:87-96. doi: 10.1016/j.foodhyd.2017.07.038.
- AL-Temimi, Anfal Alwan, Sawsan A. Al-Hilifi, y Aum-El-bashar AL-Mossawi. 2023. «An Investigation on Glutathione Derived from Spinach and Red Cabbage Leaves and Their Effects of Adding to Meat Patties». *Saudi Journal of Biological Sciences* 30(5):103632. doi: 10.1016/j.sjbs.2023.103632.
- Amorim, Juliana Cunha, Roberta Hilsdorf Piccoli, y Whasley Ferreira Duarte. 2018. «Probiotic Potential of Yeasts Isolated from Pineapple and Their Use in the Elaboration of Potentially Functional Fermented Beverages». *Food Research International* 107:518-27. doi: 10.1016/j.foodres.2018.02.054.
- Amorim, M., C. Marques, J. O. Pereira, L. Guardão, M. J. Martins, H. Osório, D. Moura, C. Calhau, H. Pinheiro, y M. Pintado. 2019. «Antihypertensive Effect of Spent Brewer Yeast Peptide». *Process Biochemistry* 76:213-18. doi: 10.1016/j.procbio.2018.10.004.
- Anna, Mosior, Farres Fernandez, Zeynel Gunes, Christina Vafeiadi, Lionel Bovetto, y Anna Mosior. 2018. «Process for the preparation of pickering emulsion forming particles by derivatization of cellulose-rich dietary fibers with enzymes and emulsions prepared».
- Arai, Soichi, Toshihiko Osawa, Hajime Ohigashi, Masaaki Yoshikawa, Shuichi Kaminogawa, Michiko Watanabe, Tadashi Ogawa, Kazuyoshi Okubo, Shaw Watanabe, Hoyoku Nishino, Kazuki Shinohara, Takatoshi Esashi, y Tsuneo Hirahara. 2001. «A mainstay of functional food science in Japan. History, present status, and future outlook». *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry* 65(1):1-13. doi: 10.1271/bbb.65.1.
- Araiza-Calahorra, Andrea, Mahmood Akhtar, y Anwesha Sarkar. 2018. «Recent Advances in Emulsion-Based Delivery Approaches for Curcumin: From Encapsulation to Bioaccessibility». *Trends in Food Science & Technology* 71:155-69. doi: 10.1016/j.tifs.2017.11.009.
- Asociación Española de Normalización. 2018. *Gestión de la I+D+i: Sistema de vigilancia e inteligencia*.
- Ban, Choongjin, Myeongsu Jo, Young Hyun Park, Jae Hwan Kim, Jae Yong Han, Ki Won Lee, Dae-Hyuk Kweon, y Young Jin Choi. 2020. «Enhancing the Oral Bioavailability of Curcumin Using Solid Lipid Nanoparticles». *Food Chemistry* 302:125328. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.125328.

- Barile, Daniela, Sunhye Lee, y Helen Raybould. 2020. «Human Milk Oligosaccharides For Control Of Dietary Response And Metabolic Phenotype».
- Bello Navarro, Marta, Miguel Rodríguez Gómez Juan, Nivia Cárdenas Cárdenas, y Virginia Martín Merino. 2017. «Lactobacillus Salivarius Strain, Composition Comprising The Same, And Uses Thereof».
- Bernaert, Herwig, y Gabi Kopp. 2019. «Cacao pod husk powder, method of its preparation and its use in food, pharmaceutical and cosmetic compositions».
- Betoret, E., N. Betoret, D. Vidal, y P. Fito. 2011. «Functional Foods Development: Trends and Technologies». *Trends in Food Science & Technology* 22(9):498-508. doi: 10.1016/j.tifs.2011.05.004.
- Bromley, Philip J. 2015. «Formulations Of Water-soluble Derivatives Of Vitamin E And Soft Gel Compositions, Concentrates And Powders Containing Same».
- Camacho, Franciele, Angela Macedo, y Francisco Malcata. 2019. «Potential Industrial Applications and Commercialization of Microalgae in the Functional Food and Feed Industries: A Short Review». *Marine Drugs* 17(6):312. doi: 10.3390/md17060312.
- Capronnier, Sandrine, Peggy Garault, Laurent Marchal, y Fanny Larrere. 2018. «Fermented Dairy Compositions And Methods Of Preparing The Same».
- Chasquibol, Nancy, Laura Lengua, Inés Delmás, Dolores Rivera, Dora Bazán, Rosa Aguirre, y Martha Bravo. 2003. «Alimentos funcionales o fitoquímicos, clasificación e importancia.» *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química* 6(2):9-20.
- Cheng, Qiong, Robert Dicosimo, Arthur Ouwehand, Zheng You, Payne Mark S, Lai Jian Ping, Ruebling-jass Kristin, y Rothman Steven Cary. 2015. «Enzymatic Synthesis Of Soluble Glucan Fiber».
- Cho, Yun-Ju, Dong-Hyeon Kim, Dana Jeong, Kun-Ho Seo, Heon Sang Jeong, Hyeon Gyu Lee, y Hyunsook Kim. 2018. «Characterization of Yeasts Isolated from Kefir as a Probiotic and Its Synergic Interaction with the Wine Byproduct Grape Seed Flour/Extract». *LWT* 90:535-39. doi: 10.1016/j.lwt.2018.01.010.
- Chul, Shin Seung. 2019. «Korea's Health Functional Food Classification». en *Natural Medicines: Clinical Efficacy, Safety and Quality*. CRC Press.
- Cortés R, Misael, Amparo Chiralt B, y Luís Puente D. 2005. «Alimentos funcionales: una historia con mucho presente y futuro». *Vitae* 12(1):5-14.
- Da Costa, Elisabete, Pedro Domingues, Tânia Melo, Elisabete Coelho, Rui Pereira, Ricardo Calado, Maria H. Abreu, y M. Rosário Domingues. 2019. «Lipidomic Signatures Reveal Seasonal Shifts on the Relative Abundance of High-Valued Lipids from the Brown Algae *Fucus Vesiculosus*». *Marine Drugs* 17(6):335. doi: 10.3390/md17060335.

- Das, Arun K., Pramod Kumar Nanda, Pratap Madane, Subhasish Biswas, Annada Das, Wangang Zhang, y Jose M. Lorenzo. 2020. «A Comprehensive Review on Antioxidant Dietary Fibre Enriched Meat-Based Functional Foods». *Trends in Food Science & Technology* 99:323-36. doi: 10.1016/j.tifs.2020.03.010.
- Durán, Rodrigo, y Alfonso Valenzuela. 2010. «La experiencia japonesa con los alimentos FOSHU ¿los verdaderos alimentos funcionales?» *Revista chilena de nutrición* 37(2):224-33. doi: 10.4067/S0717-75182010000200012.
- Frakolaki, Georgia, Virginia Giannou, Dimitrios Kekos, y Constantina Tzia. 2021. «A Review of the Microencapsulation Techniques for the Incorporation of Probiotic Bacteria in Functional Foods». *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 61(9):1515-36. doi: 10.1080/10408398.2020.1761773.
- Hutachok, Nuntouchaporn, Pimpisid Koonyosying, Narisara Paradee, Rajnibhas Sukeaw Samakradhamrongthai, Niramom Utama-ang, y Somdet Srichairatanakool. 2023. «Testing the Feasibility and Dietary Impact of Macaroni Fortified with Green Tea and Turmeric Curcumin Extract in Diabetic Rats». *Foods* 12(3):534. doi: 10.3390/foods12030534.
- Hwan, Oh Deog, y Ramachandran Chelliah. 2020. «Prebiotics composition for improving intestinal microflora comprising garlic peel extract and functional food comprising the same».
- Jianjun, Zhang, Ma Chen, y Wang Jicheng. 2018. «Composite probiotic lactobacillus powder as well as preparation method and application thereof».
- Jung, Bae So, Kwon Soon Woo, Moon Eun Sung, Kim Jin Hwa, y Lee Geun Soo. 2018. «Novel lactobacillus Pentosus and probiotics and composition containing the same».
- Jürgens, Björn. 2007. *Vigilancia Tecnológica. Estudio Sectorial. Alimentos Funcionales*. Agencia de Innovación y Desarrollo de Andalucía IDEA.
- Khanzhin, Nikolay, y Markus Jondelius Hederos. 2018. «Purification of oligosaccharides».
- Lavelli, Vera, Cristina Proserpio, Francesca Gallotti, Monica Laureati, y Ella Pagliarini. 2018. «Circular Reuse of Bio-Resources: The Role of *Pleurotus* Spp. in the Development of Functional Foods». *Food & Function* 9(3):1353-72. doi: 10.1039/C7FO01747B.
- Maqsood, Sajid, Oladipupo Adiamo, Mudasir Ahmad, y Priti Mudgil. 2020. «Bioactive Compounds from Date Fruit and Seed as Potential Nutraceutical and Functional Food Ingredients». *Food Chemistry* 308:125522. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.125522.
- P. A. Silva, Yasmini, Bárbara C. Borba, Vanessa A. Pereira, Marcela G. Reis, Márcio Caliarí, Marianne Su-Ling Brooks, y Tânia A. P. C. Ferreira. 2019. «Characterization of Tomato Processing By-Product for Use as a Potential Functional Food Ingredient: Nutritional Composition, Antioxidant Activity and Bioactive Compounds». *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 70(2):150-60. doi: 10.1080/09637486.2018.1489530.

- Parniakov, Oleksii, Stefan Toepfl, Francisco J. Barba, Daniel Granato, Sol Zamuz, Fernando Galvez, y José Manuel Lorenzo. 2018. «Impact of the Soy Protein Replacement by Legumes and Algae Based Proteins on the Quality of Chicken Rotti». *Journal of Food Science and Technology* 55(7):2552-59. doi: 10.1007/s13197-018-3175-1.
- Pavli, Foteini, Chrysoula Tassou, George-John Nychas, y Nikos Chorianopoulos. 2018. «Probiotic Incorporation in Edible Films and Coatings: Bioactive Solution for Functional Foods». *International Journal of Molecular Sciences* 19(1):150. doi: 10.3390/ijms19010150.
- Peracha, Mark, Sully Wimhof, y Frank Meinhardt. 2017. «Microorganism for producing human milk oligosaccharide».
- Petyaev, Ivan, y Marek Orłowski. 2017. «Functional Chocolate».
- Pimentel, Tatiana Colombo, Whyara Karoline Almeida Da Costa, Carlos Eduardo Barão, Michele Rosset, y Marciane Magnani. 2021. «Vegan Probiotic Products: A Modern Tendency or the Newest Challenge in Functional Foods». *Food Research International* 140:110033. doi: 10.1016/j.foodres.2020.110033.
- Potappel-van 't Land, Belinda, Johanna Van Den Elsen Lieke Wilhelmina, y Bernd Stahl. 2020. «Human Milk Oligosaccharide For Improving Immune Fitness».
- Prachayasittikul, Veda, Supaluk Prachayasittikul, Somsak Ruchirawat, y Virapong Prachayasittikul. 2018. «Coriander ( Coriandrum Sativum ): A Promising Functional Food toward the Well-Being». *Food Research International* 105:305-23. doi: 10.1016/j.foodres.2017.11.019.
- Rai, Amit Kumar, Ashok Pandey, y Dinabandhu Sahoo. 2019. «Biotechnological Potential of Yeasts in Functional Food Industry». *Trends in Food Science & Technology* 83:129-37. doi: 10.1016/j.tifs.2018.11.016.
- Rani, Vibha, y Umesh C. S. Yadav, eds. 2018. *Functional Food and Human Health*. Singapore: Springer Singapore.
- Rocchetti, Gabriele, Pier Paolo Becchi, Luigi Lucini, Aurora Cittadini, Paulo E. S. Munekata, Mirian Pateiro, Rubén Domínguez, y José M. Lorenzo. 2022. «Elderberry (Sambucus Nigra L.) Encapsulated Extracts as Meat Extenders against Lipid and Protein Oxidation during the Shelf-Life of Beef Burgers». *Antioxidants* 11(11):2130. doi: 10.3390/antiox11112130.
- Schroven, Andreas, Gyula Dekany, Peter Erdmann, y Andrea Schwarz. 2013. «Enhancing The Stability And Purity And Increasing The Bioavailability Of Human Milk Oligosaccharides Or Precursors Or Blends Thereof».
- Silva, Mafalda Alexandra, Tânia Gonçalves Albuquerque, Rita C. Alves, M. Beatriz P. P. Oliveira, y Helena S. Costa. 2020. «Melon (Cucumis Melo L.) by-Products: Potential Food Ingredients for Novel Functional Foods?» *Trends in Food Science & Technology* 98:181-89. doi: 10.1016/j.tifs.2018.07.005.

- Swieca, Michal, Monika Kordowska-Wiater, Monika Pytka, Urszula Gawlik-Dziki, Lukasz Seczyk, Urszula Złotek, y Ireneusz Kapusta. 2019. «Nutritional and Pro-Health Quality of Lentil and Adzuki Bean Sprouts Enriched with Probiotic Yeast *Saccharomyces Cerevisiae* Var. Boulardii». *LWT* 100:220-26. doi: 10.1016/j.lwt.2018.10.081.
- Tsuda, Takanori. 2018. «Curcumin as a Functional Food-Derived Factor: Degradation Products, Metabolites, Bioactivity, and Future Perspectives». *Food & Function* 9(2):705-14. doi: 10.1039/C7FO01242J.
- Williams, Melissa, Eija Pehu, y Catherine Ragasa. 2006. «Functional Foods: Opportunities and Challenges for Developing Countries». *Agricultural & Rural Development Notes* (19):1-4.
- Zhang, Meng-ya, Jie Guo, Xian-min Hu, Shu-qi Zhao, Shu-lan Li, y Jun Wang. 2019. «An in Vivo Anti-Tumor Effect of Eckol from Marine Brown Algae by Improving the Immune Response». *Food & Function* 10(7):4361-71. doi: 10.1039/C9FO00865A.
- Zheng, Li-Xin, Xian-Qiang Chen, y Kit-Leong Cheong. 2020. «Current Trends in Marine Algae Polysaccharides: The Digestive Tract, Microbial Catabolism, and Prebiotic Potential». *International Journal of Biological Macromolecules* 151:344-54. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2020.02.168.