



Universidad de Chile
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas
Departamento de Ciencia de los Alimentos y Tecnología Química

Compuestos bioactivos en descartes agroindustriales: Revisión bibliográfica del potencial uso para alimentos funcionales

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERA(O) EN ALIMENTOS

MARÍA FERNANDA MORENO VALDÉS

Profesor(a) Director(a)

Dr. Luis Puente Díaz

Departamento Ciencia de los Alimentos y Tecnología Química

**Santiago de Chile
2023**

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mis padres Alejandra Valdés Torres y Octavio Moreno Serrano, por siempre estar presentes, apoyándome en cada paso de mi vida, por ser mis pilares fundamentales que me han guiado siempre para alcanzar mis metas. Mis padres, que me han acompañado en cada logro, que me han alentado y han sido incondicionales conmigo. Sus consejos, amor, enseñanzas, valores, palabras de aliento y comprensión hicieron de mí una gran persona y quiero dedicarles a ellos que son mi motor a seguir esta etapa que culmina, la cual representa con esfuerzo y dedicación toda mi vida de estudiante.

Gracias mamá y papá.

María Fernanda Moreno Valdés

Agradecimientos

A mis padres Alejandra y Octavio, mis hermanos Constanza, Octavio y Felipe y mi cuñada Victoria, por siempre creer en mí, en mis capacidades y por entregarme apoyo incondicional. A mis abuelitos Isabel, Fernando, Elsa y Gilberto, por sus enseñanzas, risas, amor y energía. Quiero agradecer también a Franco Ricci, por ser mi fuente de apoyo, contención y amor, por alentarme a seguir y a enfocarme en los momentos difíciles. A mis queridas amigas Margarita, Carolina y Micaela por sus consejos, gran apoyo, orientación, risas, amor y amistad en todo este proceso.

También quiero agradecer al profesor Luis Puente por creer en mí, por apoyarme en mis estudios y apoyarme e incentivarme en crecer profesionalmente. Además, quiero agradecer a Octavio Abarca, mis colegas de trabajo y toda persona que conocí en este tiempo que aportaron con ideas, consejos, risas y buenos momentos.

Finalmente, quiero agradecerme a mí por ser dedicada, comprometida, fuerte, responsable y esforzada, por culminar esta etapa de altos y bajos, llena de aprendizajes, buenos y malos momentos, alegrías y por tener la oportunidad de conocer excelentes personas y colegas en la universidad.

Un abrazo al cielo a mi abuelito Gilberto, y
a mi compañera y amiga Constanza.

María Fernanda Moreno Valdés

Índice

| | Páginas |
|---|----------------|
| 1. Introducción..... | 1 |
| 2. Antecedentes Generales | 3 |
| 2.1. Salud Mundial | 3 |
| 2.2. Alimentos Funcionales | 5 |
| 2.2.1. Categoría de los Alimentos Funcionales | 9 |
| 2.2.2. Ingredientes Funcionales | 10 |
| 2.2.3. Compuestos Bioactivos | 11 |
| 2.3. Descartes Agroindustriales | 12 |
| 3. Objetivo General | 15 |
| 3.1. Objetivos Específicos | 15 |
| 4. Metodología..... | 16 |
| 4.1. Recolección de información | 16 |
| 4.2. Aplicación criterios de búsqueda..... | 17 |
| 4.3. Clasificación de la información | 17 |
| 4.4. Relacionar datos recolectados | 17 |
| 4.5. Interpretación de datos..... | 18 |
| 4.6. Elaboración planilla | 18 |
| 4.7. Tratamiento de datos | 18 |
| 4.8. Desarrollo Manuscrito | 18 |
| 5. Resultados y Discusión | 19 |
| 5.1. Búsqueda de información | 19 |
| 5.2. Compuestos bioactivos en subproductos de la agroindustria | 24 |
| 5.2.1. Fuentes de subproductos más investigados | 27 |
| 5.2.2. Compuestos bioactivos, fuentes de alimentos y beneficios a la salud..... | 30 |
| 5.2.3. Polifenoles y Flavonoides..... | 31 |
| 5.2.4. Carotenoides | 35 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 5.3. | Métodos de extracción de compuestos bioactivos..... | 38 |
| 5.3.1. | Extracción por solvente (Soxhlet) | 40 |
| 5.3.2. | Extracción asistida por ultrasonido (EAU)..... | 42 |
| 5.3.3. | Extracción de Fluidos Supercríticos (EFSC)..... | 44 |
| 5.4. | Marco legislativo | 46 |
| 5.4.1. | Unión Europea..... | 47 |
| 5.4.2. | Japón..... | 49 |
| 5.4.3. | Chile | 50 |
| 6. | Conclusiones..... | 52 |
| 7. | Perspectivas para el futuro | 53 |
| 8. | Bibliografía..... | 54 |
| 9. | Anexos..... | 64 |
| | Anexo 1. Sello FOSHU | 64 |
| | Anexo 2. Planilla artículos..... | 64 |
| | Anexo 3. Tipos de gráficos..... | 64 |
| | Anexo 4. Quercetina | 66 |
| | Anexo 5. Carotenoides y Xantófilas | 67 |
| | Anexo 6. Población mundial | 68 |
| | Anexo 7. Declaraciones nutricionales Reglamento Europeo | 69 |
| | Anexo 8. FOSHU en Japón | 69 |

Índice de Tablas

| | Páginas |
|---|----------------|
| Tabla 1. Documentos relevantes sobre alimentos funcionales, ordenados de manera creciente (Elaboración propia con información de: ScienceDirect, 2022). | 22 |
| Tabla 2. Declaraciones nutricionales y condiciones que se les aplican (Villaño, D., et al., 2022). | 69 |
| Tabla 3. Productos FOSHU aprobados (Villaño, D., et al., 2022). | 69 |

Índice de Figuras

| | Páginas |
|---|----------------|
| Figura 1. Principales causas de muerte a nivel mundial entre los años 2000 al 2019 (OMS, 2020)..... | 3 |
| Figura 2. Principales 10 causas de defunciones en Chile de enero 2018 a agosto 2022 (Elaboración propia con información de: DEIS, 2022)..... | 5 |
| Figura 3. Definición de “Alimentos Funcionales” según organismos y países, con sus respectivas referencias (Elaboración propia, 2022)..... | 6 |
| Figura 4. Categorías para declaraciones de propiedades saludables de la FDA y EC (Elaboración propia con información de: Martirosyan, D. M., & Singharaj, B., 2016; Hong, R., 2022). | 8 |
| Figura 5. Categoría de alimentos funcionales (Elaboración propia, 2022). | 9 |
| Figura 6. Correlación entre fuente de alimento con subproducto rescatado y compuesto bioactivo obtenido. Gráfico Alluvial. Creado con RawGraph (Elaboración propia, 2022). | 11 |
| Figura 7. Pérdida de alimentos desde la etapa posterior a la cosecha hasta la distribución en 2016, porcentajes mundiales y por región (FAO, 2019-a). | 13 |
| Figura 8. Categoría de las pérdidas y desperdicios estimadas a nivel mundial. Gráfico de torta. Creado con Datawrapper (Elaboración propia, 2022). | 14 |
| Figura 9. Etapas a desarrollar para investigación del manuscrito (Elaboración propia, 2022) . | 16 |
| Figura 10. Documentos publicados por año sobre alimentos funcionales con su tasa de crecimiento respectiva y sus números de citas (Elaboración propia con información de: Scopus, 2022). | 19 |
| Figura 11. Documentos sobre alimentos funcionales por autor y sus números de citas (Elaboración propia con información de: Scopus, 2022) | 20 |
| Figura 12. Tipo de publicación respecto a documentos publicados sobre alimentos funcionales (Elaboración propia con información de: Scopus, 2022). | 20 |

| | |
|---|-----|
| Figura 13. Documentos publicados por año sobre alimentos funcionales con su tasa de crecimiento respectiva (Elaboración propia con información de: ScienceDirect. 2022). | .21 |
| Figura 14. Tipo de publicación respecto a documentos publicados sobre alimentos funcionales (Elaboración propia con información de: ScienceDirect, 2022). | 21 |
| Figura 15. Documentos publicados por año sobre alimentos funcionales con su tasa de crecimiento respectiva (Elaboración propia con información de: Web of Science, 2022). | 23 |
| Figura 16. Documentos sobre alimentos funcionales por autor y sus números de citas (Elaboración propia con información de: Web of Science, 2022) | 23 |
| Figura 17. Cadena residuos agroindustriales (Elaboración propia, 2022) | 24 |
| Figura 18. Tipos de fuentes de sub-productos (Elaboración propia con información de: Anal, A. K., 2017). | 25 |
| Figura 19. Tipo de documentos seleccionados (Elaboración propia, 2022) | 26 |
| Figura 20. Artículos por año de publicación seleccionados (Elaboración propia, 2022) | 26 |
| Figura 21. Países reportados en los artículos seleccionados. Creado con Mapchart. (Elaboración propia, 2022) | 26 |
| Figura 22. Subproductos. Gráfico de torta (Elaboración propia, 2022) | 28 |
| Figura 23. Relación entre compuesto bioactivo (CB), fuente de alimento y beneficio para la salud. Gráfico Aluvial. Creado con Rawgraphs (Elaboración propia, 2022). | 30 |
| Figura 24. Técnicas de extracción de compuestos bioactivos en subproductos. Valor numérico se asocia a la cantidad de reportes por técnica de extracción. Escala de color por defecto del programa. Gráfico Treemap. Creado con Carrot Search. (Elaboración propia, 2022). | 39 |
| Figura 25. Ejemplo de algunos compuestos bioactivos extraídos por diferentes disolventes. Gráfico Aluvial. Creado con Rawgraphs (Elaboración propia con información de: Azmir, J., et al., 2013; Pintać, D., et al., 2018; Mallek-Ayadi, S., Bahloul, N., & Kechaou, N., 2017). | 40 |

| | |
|--|----|
| Figura 26. Equipo de extracción Soxhlet (De Química, 2022). | 41 |
| Figura 27. Extracción ultrasónica de productos botánicos con ultrasonido (Hielscher Ultrasonic, s.f). | 43 |
| Figura 28. Representación esquemática que indica la extracción de fluidos supercríticos (SCFE) de CB a partir de residuos de fruta y su funcionalidad representativa (Extraído de: Ray, A., et al., 2023). | 45 |
| Figura 29. Sello para la aprobación de FOSHU (Ministry of Health, Labour and Welfare, s.f.). | 64 |
| Figura 30. Gráfico Aluvial. RawGraphs (Fuente: https://app.rawgraphs.io/) | 64 |
| Figura 31. Gráfico de Torta. RawGraphs (Fuente: https://app.rawgraphs.io/) | 65 |
| Figura 32. Gráfico de Barras apiladas. RawGraphs (Fuente: https://app.rawgraphs.io/) | 65 |
| Figura 33. Gráfico de Treemap. RawGraphs (Fuente: https://app.rawgraphs.io/) | 66 |
| Figura 34. Estructura química de la quercetina (National Center for Biotechnology Information, 2023). | 66 |
| Figura 35. Estructuras moleculares de carotenos (fitoeno, licopeno, γ -caroteno, α -caroteno, β -caroteno y δ -caroteno) (Tan, B. L., & Norhaizan, M. E., 2019). | 67 |
| Figura 36. Estructuras moleculares de algunas xantofilas comunes (β -criptoxantina, zeaxantina, luteína, astaxantina y fucoxantina) (Tan, B. L., & Norhaizan, M. E., 2019). | 67 |
| Figura 37. Población mundial (2019 e histórico). Worldometer (Fuente: www.Worldometers.info/es/) | 68 |
| Figura 38. Pronóstico población mundial (2020-2050). Worldometer (Fuente: www.Worldometers.info/es/) | 68 |
| Figura 39. Tasa anual de crecimiento de la población (%). Worldometer (Fuente: www.Worldometers.info/es/) | 68 |

Resumen

“Compuestos bioactivos en descartes agroindustriales: Revisión bibliográfica del potencial uso para alimentos funcionales”

La agroindustria genera una cantidad importante de residuos (subproductos), de los cuales la mayoría solo se desecha. Las frutas, verduras, raíces y tubérculos son la mayor fuente del total de pérdidas y desperdicios, estimando alrededor de un 45%, seguidos por: cereales, pescados y productos marinos con un 30%, según la FAO. El cambio climático es uno de los grandes desafíos que enfrenta la humanidad, y poder dar valor a estos tipos de subproductos es importante para contrarrestar el daño causado. Además, la sociedad hoy en día se preocupa de tener en su dieta alimentos más saludables, que mejoren su calidad de vida, considerando que la población cada vez es más longeva. En esta revisión se realiza una amplia investigación sobre como valorizar estos subproductos por medio de alimentos funcionales, al extraer compuestos bioactivos que influyan positivamente en la salud. Se realizó una búsqueda de artículos científicos y artículos de revisión entre los años 2011 y 2021 en tres bases de datos (Web of Science, ScienceDirect y Scopus) con diferentes conceptos de inclusión, dentro de los cuales se encuentran: “by-product”, “bioactive compounds”, “functional foods”, entre otros. De los artículos seleccionados se realizó una planilla resumen con los conceptos asociados a esta investigación, para hacer uso de ella como herramienta práctica y eficiente. Las cáscaras, semillas, pieles, tallos, hojas y pulpas residuales son algunos de los descartes generados en la agroindustria en los que compuestos como: polifenoles (29%), flavonoides (22%) y carotenoides (9%), abundan en ellos respecto al consolidado de artículos investigados. Se ha demostrado que el consumo de estos fitonutrientes suele tener efectos beneficiosos para la salud, destacando ser antioxidantes, cardioprotectores, quimiopreventivos, antiinflamatorios y más. En la Unión Europea y Japón se comercializan y consumen estos AF al tener sus propios marcos legislativos. En Chile, no existe definición ni reglamento para estos productos, pero se está trabajando para evidenciar la fuerte potencia alimentaria que debiese ser aprovechada.

Palabras clave: alimentos funcionales, FOSHU, compuestos bioactivos, subproductos, propiedades saludables.

Abstract

"Bioactive compounds in agro-industrial discards: literature review of potential use for functional foods."

Agribusiness generates a significant amount of waste (by-products), most of which is simply discarded. Fruits, vegetables, roots and tubers are the largest source of total losses and waste, estimated at around 45%, followed by cereals, fish and marine products with 30%, according to FAO. Climate change is one of the great challenges facing humanity, and being able to give value to these types of by-products is important to counteract the damage caused. In addition, society today is concerned about having healthier foods in their diet, which improve their quality of life, considering that the population is getting longer and longer. In this review, a wide research on how to valorize these by-products by means of functional foods (FF), by extracting bioactive compounds that have a positive influence on health, is carried out. A search for scientific articles and review articles between 2011 and 2021 was carried out in three databases (Web of Science, ScienceDirect and Scopus) with different inclusion concepts, including: "by-product", "bioactive compounds", "functional foods", among others. From the selected articles, a summary spreadsheet was made with the concepts associated with this research, in order to use it as a practical and efficient tool. Peels, seeds, skins, stems, leaves and residual pulp are some of the waste products generated in the agroindustry in which compounds such as: polyphenols (29%), flavonoids (22%) and carotenoids (9%), abound in them with respect to the consolidated articles investigated. It has been demonstrated that the consumption of these phytonutrients usually has beneficial effects for health, standing out as antioxidants, cardioprotective, chemopreventive, anti-inflammatory and more. In the European Union and Japan, these FF are marketed and consumed because they have their own legislative frameworks. In Chile, there is no definition or regulation for these products, but work is being done to show the strong food power that should be taken advantage of.

Keywords: functional foods, FOSHU, bioactive compounds, byproducts, healthy properties.

1. Introducción

Los alimentos funcionales juegan un rol importante en la creciente demanda de las personas por tener una mayor esperanza y calidad de vida al pasar de los años (Bigliardi, B., & Galati, F., 2013). El término “alimentos funcionales” (AF) se utilizó por primera vez en Japón durante 1984, haciendo referencia a que proporcionan efectos fisiológicos beneficios para la salud más allá de la nutrición básica, generando promoción de la salud, la nutrición óptima (mejor rendimiento físico y mental) y la reducción de los factores de riesgo de enfermedades (Lau, Teck-Chai, et al., 2012; Bigliardi, B., & Galati, F., 2013).

Se han identificado componentes claves para definir a un alimento que sea funcional. Estos corresponden a los compuestos bioactivos o componentes fisiológicamente activos, los cuales son los responsables de cumplir con la definición de alimentos funcionales. Estos compuestos interactúan de manera eficiente con las proteínas, el ADN y otras moléculas biológicas para producir el resultado deseado, que podría aprovecharse para diseñar agentes terapéuticos derivados de productos naturales (Joana Gil-Chávez, G., et al., 2013). Algunos ejemplos de estos componentes son: fibras alimentarias, polifenoles, vitaminas, oligosacáridos, ácidos grasos poliinsaturados, entre otros (Cortés, M., Chiralt, A., & Puente, L., 2005). Los compuestos bioactivos se pueden extraer de variadas fuentes naturales, ya sean vegetales, animales o de categoría marina (Joana Gil-Chávez, G., et al., 2013).

Actualmente, las tendencias que reflejan los consumidores a nivel global son hacia una alimentación cada vez más saludable y sostenible, ligada fuertemente a preferir alimentos menos procesados y/o “plant based”, además de tener presente el cuidado por el medio ambiente (Brandwatch, 2021). En Chile el consumidor muestra tener un comportamiento similar, ya que el 33% de más de 1.000 personas encuestadas afirman que están dispuestos a probar alimentos producidos en base a plantas con la finalidad de apuntar a una alimentación saludable, a una búsqueda de alimentos que favorezcan la salud y que permitan aumentar el bienestar. Sin embargo, la elección final de compra está orientada al poder económico y accesibilidad que se tenga de los alimentos (Deloitte, 2021).

A la fecha en Chile no existe una reglamentación para definir AF, más bien en el Reglamento Sanitario de los Alimentos se pueden definir alimentos saludables por medio de la Resolución 860 del Ministerio de Salud (Chile, & MINSAL, 1996). Esto limita la posibilidad de participar en esa área con crecientes resultados y logros, pudiendo aprovechar mejor las ventajas del país como productor de alimentos que incluyen una gran cantidad y variedad de recursos naturales de calidad, además de profesionales y técnicos capacitados, y una amplia industria de alimentos con empresas de valiosa experiencia en desarrollo, producción, innovación y exportación.

Las publicaciones respecto al término de AF han tenido un crecimiento exponencial desde el año 2000, donde al pasado 2021 este aumento fue más notorio logrando alrededor de 3.800 documentos publicados en base de datos Scopus (Scopus, 2022). Este aumento en investigaciones se une con el creciente interés de los consumidores por la elección de alimentos más saludables considerando: mejor calidad de vida y evitar dependencia en consumo de fármacos en etapa adulta. A principios del 2020 hasta la actualidad, se ha vivido mundialmente una pandemia originada por el consumo de animales exóticos, lo que puede explicar el peak más alto en investigaciones sobre AF, puesto que proteger el sistema inmune en base a una alimentación saludable fue y es crucial para enfrentar al virus SARS-COV-2. Por otra parte, el interés que tienen los consumidores en el mercado de alimentos abre la investigación dentro de las industrias alimentarias para elaborar, desarrollar e innovar con productos que puedan satisfacer sus necesidades por la demanda existente. Estos productos se pueden visualizar en los diferentes mercados del mundo en los cuales existe una ley o normativas que expliquen el concepto de alimentos funcionales.

De esta manera el proyecto a realizar abarcará investigación actualizada respecto a alimentos funcionales, específicamente sobre compuestos bioactivos que se encuentren en matrices de descartes o subproductos para potenciar su uso dentro de la industria de alimentos. Asimismo, se genera una visión globalizada del gran potencial en la oportunidad de valorizar estos descartes siendo más sustentable para el medio ambiente.

2. Antecedentes Generales

2.1. Salud Mundial

El origen de estos tipos de alimentos funcionales se debe a la alta mortalidad en esos años por enfermedades cardiovasculares y tipos de cáncer, que, mediante el crecimiento socioeconómico las enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT) como: obesidad, diabetes, presión arterial alta y las enfermedades cardiovasculares, se encuentran dentro de las principales causas de mortalidad a nivel mundial en los tiempos actuales (Iwatani, S., & Yamamoto, N., 2019; OMS, 2020). Para dar una mirada global, la Organización Mundial de la Salud emitió un informativo en 2020 respecto a las 10 principales causas de muerte en el mundo (Figura 1) de las cuales, 7 corresponden a enfermedades no transmisibles que representaron el 44% del total de defunciones en el mundo. En primer lugar, se encuentran las cardiopatías isquémicas las cuales son responsables del 16% del total de muertes en el mundo.

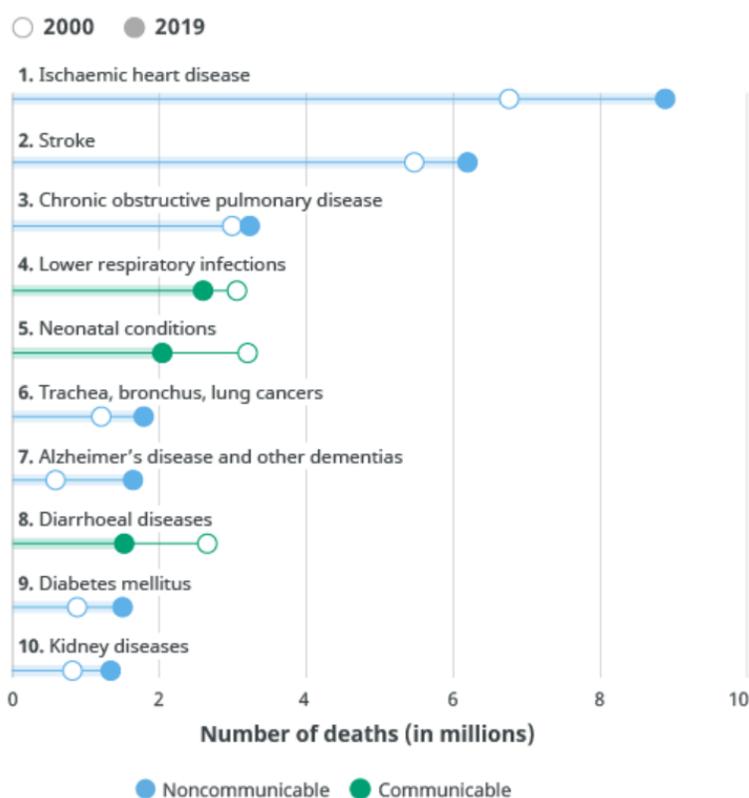


Figura 1. Principales causas de muerte a nivel mundial entre los años 2000 al 2019 (OMS, 2020).

En segundo lugar, los accidentes cerebrovasculares cobran importancia con un 11% de muertes en el mundo, seguido de las enfermedades pulmonares obstructivas crónicas con un 6% de muertes en el mundo. Las muertes por ECNT desde el año 2000 han ido en constante crecimiento, generando gran preocupación de parte de los organismos de la salud y autoridades del mundo por cuidar el bienestar de las personas (OMS, 2020).

Las ECNT mundialmente matan a 41 millones de personas cada año, lo que es equivalente a 71% de las muertes que se producen en el mundo. De este porcentaje es importante mencionar que 15 millones corresponden a personas entre 30 a 69 años de edad, lo que se denomina como muerte prematura al no cumplir un ciclo de vida cercano a los 100 años. Además, el 85% de estas muertes ocurren en países de ingresos bajos y medianos (OMS, 2021). De acuerdo a las estadísticas, más del 80% de todas las muertes prematuras por ECNT corresponden a enfermedades cardiovasculares que abarcan el mayor porcentaje de muertes (alrededor de 17,9 millones cada año), seguidas del cáncer (9,0 millones), enfermedades respiratorias (3,9 millones) y diabetes (1,6 millones) (OMS, 2021).

En Chile ([Figura 2](#)) la situación no se encuentra alejada de lo que sucede a nivel mundial, los tumores malignos en órganos digestivos y enfermedades isquémicas del corazón desde el 2018 al 2019 se encontraban en primer lugar, pero desde el 2020 a la actualidad el mundo ha tenido que vivir una pandemia originada por el virus SARS-COV-2 denominado COVID-19, el cual se encuentra en primer lugar como causa de defunción en Chile. Sin embargo, la tendencia de las principales causas de defunción en Chile se sigue manteniendo con los cuatro grupos de enfermedades (cardiovasculares, cáncer, respiratorias y diabetes) independiente a la existencia de la pandemia.

Las ECNT tienen factores de riesgos que dependen del comportamiento de las personas que sean modificables, como es: el consumo de tabaco, la inactividad física, dietas no saludables y consumo excesivo de alcohol, que aumentan el riesgo de contraer alguna de las ECNT. Además, existen factores de riesgos que son metabólicos y también aumentan este tipo de riesgo, como son: el aumento de la tensión arterial, el sobrepeso y la obesidad, la hiperglucemia (concentraciones elevadas de glucosa en la sangre), y por último la hiperlipidemia (concentraciones elevadas de grasas en la sangre) (OMS, 2021).

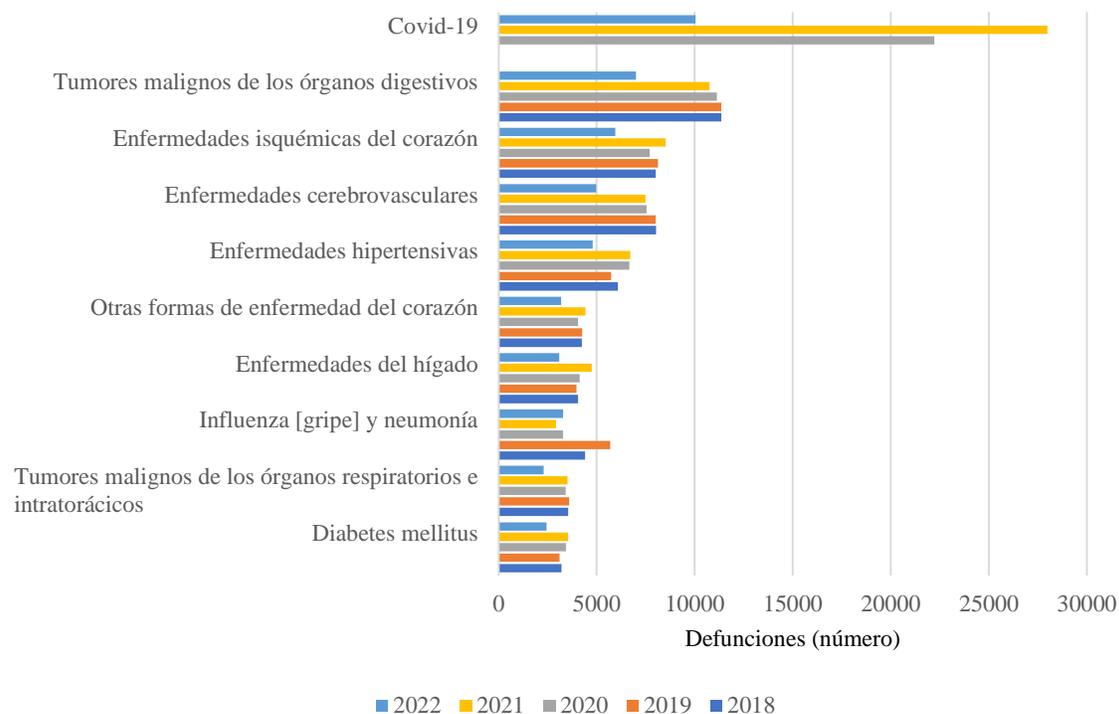


Figura 2. Principales 10 causas de defunciones en Chile de enero 2018 a agosto 2022 (Elaboración propia con información de: DEIS, 2022).

Tomando en consideración los factores de riesgos existentes, es posible generar plan de acciones en cada país considerando que la detección preventiva y un tratamiento, al igual que los cuidados paliativos, son componentes fundamentales para disminuir las muertes por causas de estos tipos de enfermedades.

2.2. Alimentos Funcionales

Actualmente el término “alimentos funcionales” (AF) no tiene una definición universal aceptada por falta de leyes que condicionen: el uso, consumo, elaboración, propiedades nutricionales, entre otros (Wells, M. L., et al., 2017). Pero, en base a la investigación que se ha realizado desde los años 80s se ha podido dar cuerpo respecto a qué son estos tipos de alimentos, y se ha llegado a definiciones similares que apuntan a “*describir alimentos que contienen compuestos bioactivos, o fitoquímicos, que pueden beneficiar la salud más allá del papel de la nutrición básica*”, sino más bien fisiológica (Wells, M. L., et al., 2017).

Existen organismos que han definido a los AF como productos nutracéuticos o preventivos a enfermedades con base científica. Estas definiciones han servido de guía para entender qué son estos tipos de alimentos y también, para elaborar diferentes directrices que presiden su aplicación dependiendo el país al que corresponda la definición. Inicialmente, la finalidad de elaborar alimentos de categoría funcional surgió en Japón para que existiera una población longeva de mejor salud, pero a medida que mayores investigadores han tratado este tema, las primeras definiciones de AF han ido evolucionando. En la [Figura 3](#) se detallan definiciones de AF por diferentes organismos, con sus respectivas referencias.

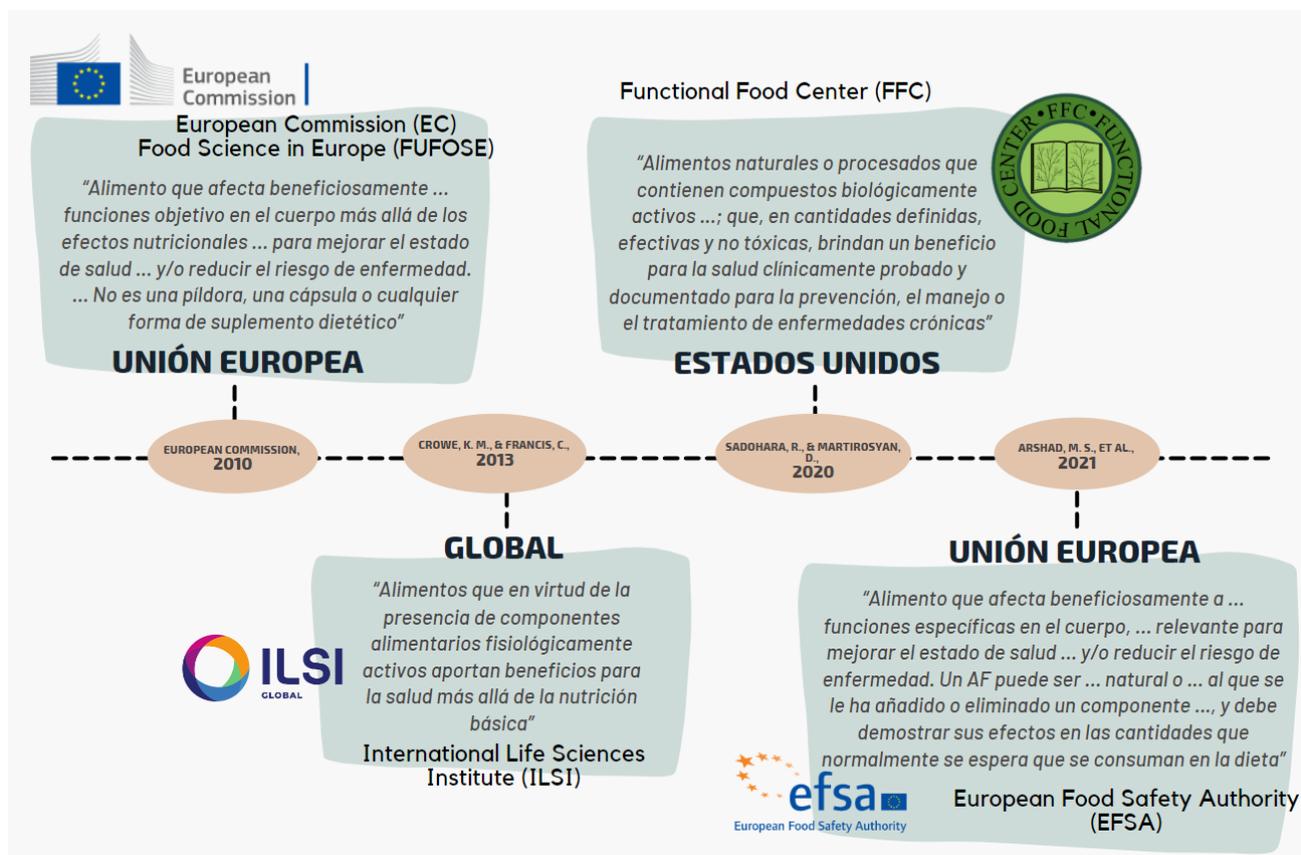


Figura 3. Definición de “Alimentos Funcionales” según organismos y países, con sus respectivas referencias (Elaboración propia, 2022)

Japón, Europa y Estados Unidos son los mercados más dinámicos que lideran la industria de alimentos funcionales (Lobine, D., et al., 2021). En general, las definiciones que existen sobre estos tipos de alimentos apuntan a que los AF deben cumplir un beneficio fisiológico, más allá de las exigencias en una nutrición básica como consumo de proteínas, vitaminas,

minerales, ácidos grasos, etc., y de acuerdo a este objetivo se puede explicar que generen un efecto preventivo a enfermedades (que no sean transmisibles), ya que todos los sistemas del cuerpo humano estarían funcionando en armonía.

El Ministerio de Salud, Bienestar y Trabajo (MHLW) del gobierno de Japón, estableció los FOSHU (Foods for Specified Health Use) que significa “Alimentos para Uso Específico en la Salud” como un sistema regulatorio de aprobación para los alimentos funcionales (Iwatani, S., & Yamamoto, N., 2019; Arshad, M. S., et al., 2021), del cual tiene como objetivo regular todas las declaraciones de propiedades saludables en los productos alimenticios del mercado de Japón. Un ejemplo de esto es una bebida sin azúcar “Diet Coke” de Coca-Cola Company endulzada con aspartamo a la que no se permite ser un producto FOSHU, a diferencia de “Mets Cola” de Kirin Beverage que corresponde a una bebida con un compuesto activo que ayuda a quemar grasa corporal, lo cual sí se permite en Japón su ingreso a los productos FOSHU (Ono, M. & Ono, A., 2015). Para identificar estos tipos de productos se utiliza un sello específico FOSHU ([Anexos 1](#)).

Así como existe en Japón un sistema que regule AF, en los países de la Unión Europea y los Estados Unidos existen entidades que trabajan para entender, definir, regular, aprobar y comercializar estos tipos de alimentos. En la [Figura 4](#), se muestran las categorías respecto a declaraciones saludables que rigen en las normativas de La Administración para Alimentos y Medicamentos (FDA) de Estados Unidos y la Comisión Europea (EC). La FDA actualmente no tiene una aprobación para estos tipos de alimentos, ya que su mayor preocupación es como poder limitar las afirmaciones para mencionar únicamente la correlación con la reducción de enfermedades, y cumplir con las cuatro categorías que tiene con respecto a los alimentos y declaraciones saludables (Martirosyan, D. M., & Singharaj, B., 2016).

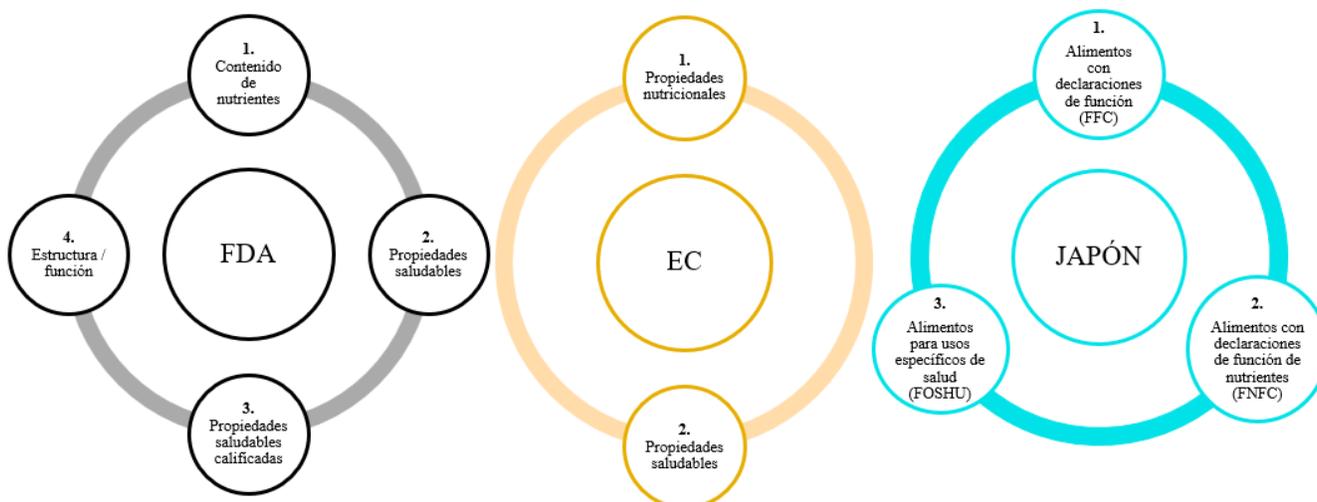


Figura 4. Categorías para declaraciones de propiedades saludables de la FDA y EC (Elaboración propia con información de: Martirosyan, D. M., & Singharaj, B., 2016; Hong, R., 2022).

La comisión europea (EC) en este sentido tiene mayor ventaja sobre la FDA, ya que tiene una regulación mucho menos restrictiva sobre declaraciones de propiedades saludables y sus declaraciones de reducción de riesgos o tratamiento de enfermedades. Además, los alimentos funcionales se clasificarían como fármacos para la FDA de acuerdo a su legislación al considerar la definición que utiliza la FFC. Por otra parte, en Japón existen diferentes categorías para alimentos que son tipo saludable destacando los FFC, FNFC y FOSHU (Figura 4). Los FFC se refiere a los alimentos que han sido etiquetados con funcionalidad basada en evidencia científica, los FNFC se refiere a todos los alimentos que están etiquetados con las declaraciones de función nutritiva especificadas por MHLW y los FOSHU son alimentos que incluyen ingredientes funcionales para la salud con funciones fisiológicas y pueden mejorar la actividad biológica del cuerpo humano. Estos últimos presentan 10 declaraciones de propiedades saludables permitidas, que son: salud gastrointestinal, moderación del colesterol, moderación de la hipertensión, moderación del metabolismo lipídico, moderación de la absorción de azúcar, absorción de minerales, salud ósea, salud dental, suplemento de hierro y mantenimiento de la humedad de la piel (Hong, R., 2022).

2.2.1. Categoría de los Alimentos Funcionales

Existen cinco categorías (Figura 5) en las que se han clasificado a los AF por su amplia gama de beneficios que aportan estos tipos de alimentos para la salud. Alimentos enriquecidos, fortificados, alterados, convencionales y modificados son las categorías de clasificación para poder entender de manera más práctica como abarcar los AF.

Los **alimentos enriquecidos** corresponden a una categoría en que al alimento se le adiciona un componente que en general no se encuentran en el alimento en particular como, por ejemplo: margarinas con probióticos o prebióticos, lácteos fortificados con vitaminas para lactantes, adultos mayores, o cremas y sopas enriquecidas con minerales (Arshad, M. S., et al., 2021; Lau, T. C., et al., 2013). Algo similar corresponde a los **alimentos fortificados** los cuales se les adicionan nutrientes por sobre los niveles del alimento natural u original como, los jugos de fruta naranja que se fortifican con vitamina C (Arshad, M. S., et al., 2021).

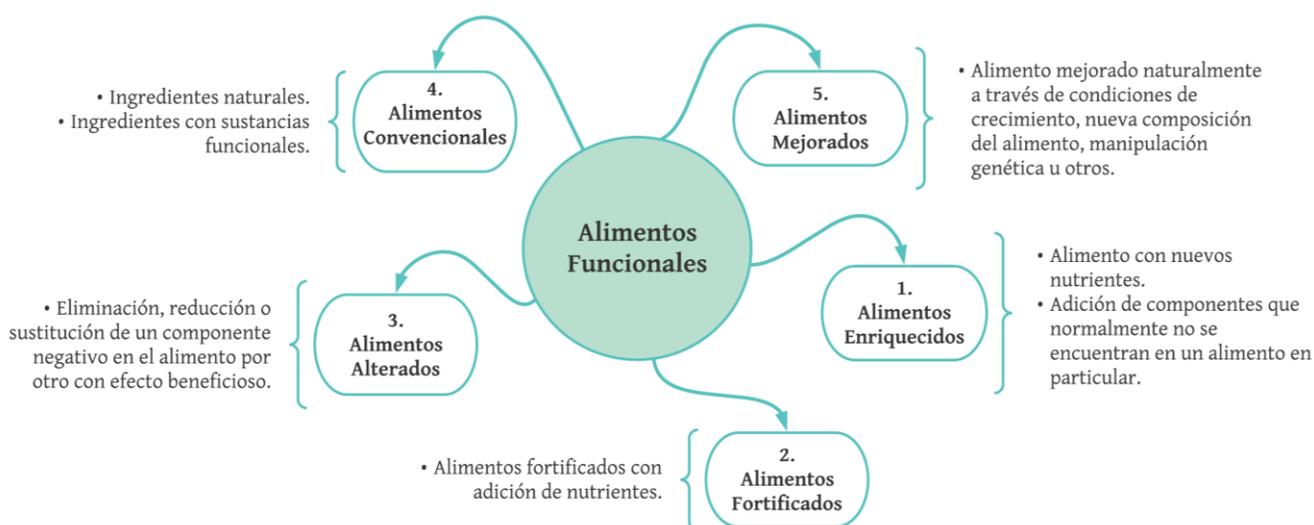


Figura 5. Categoría de alimentos funcionales (Elaboración propia, 2022).

Por otra parte, los **alimentos alterados o modificados** son aquellos en que se ha eliminado, reducido o sustituido algún componente por otro que cumpla un efecto beneficioso. Esta modificación ocurre para potenciar los efectos positivos que tenga algún alimento que se encuentre inhibido u opacado por algún componente perjudicial tanto para la salud del consumidor, por para alguna función tecnológica que ocurra dentro del alimento mismo. Un

ejemplo de esta categoría son fibras como liberadores de grasa en productos cárnicos o helados (Arshad, M. S., et al., 2021; Lau, T. C., et al., 2013).

Sin embargo, los **alimentos convencionales** son aquellos que están compuestos por ingredientes naturales del propio alimento o alimentos que tienen ingredientes con sustancias funcionales tales como: ácidos grasos poliinsaturados, vitaminas, antioxidantes, minerales, entre otros (Lau, T. C., et al., 2013). Finalmente, un **producto mejorado** corresponde a un alimento cuyo componente ha sido mejorado naturalmente a través de condiciones especiales de crecimiento, nueva composición del alimento, manipulación genética o de otro tipo para clasificarlo como alimento funcional (Lau, T. C., et al., 2013). Para este tipo de categoría se requiere de procesos tecnológicos que puedan modificar el alimento como la modificación o la ingeniería genética. Un ejemplo de esta categoría son huevos con mayor contenido de omega-3 logrados por la alimentación alterada de los pollos (Bruneel, C., et al., 2013).

Por último, algunos ejemplos de alimentos funcionales son: **(i)** Leche enriquecida con calcio para fortalecer los huesos. **(ii)** Yogur con probióticos para mejorar la salud del sistema digestivo. **(iii)** Cereales con fibra para mejorar la digestión. **(iv)** Jugos con antioxidantes para prevenir el daño celular.

2.2.2. Ingredientes Funcionales

Para entender a los AF existe una categoría de ingredientes funcionales, la cual entrega un concepto general de la actividad funcional en el organismo. Estas categorías las describe FOSHU que corresponden a: **(i)** Fibras alimentarias; **(ii)** Oligosacáridos; **(iii)** Alcoholes derivados de azúcares; **(iv)** Ácidos grasos poliinsaturados; **(v)** Péptidos y Proteínas; **(vi)** Glucósidos, Isoprenoides y Vitaminas; **(vii)** Alcoholes y fenoles; **(viii)** Colinas (lecitina); **(ix)** Bacterias del ácido láctico; **(x)** Minerales; **(xi)** Otros. Dichos ingredientes se categorizan para poder simplificar las familias de donde provienen los compuestos bioactivos, donde se podría deducir que estas 11 categorías son “familias” de los AF y compuestos bioactivos serían “sub-familias” de los AF (Mazza G., 2000). Los compuestos fenólicos, por ejemplo, demostraron exhibir una amplia gama de propiedades fisiológicas, respaldadas por sus efectos antioxidantes, antimicrobianos, antiinflamatorios, antialérgicos, antiaterogénicos, antitrombóticos, cardioprotectores y vasodilatadores (Coman, V., et al., 2020).

2.2.3. Compuestos Bioactivos

La EC comparte la definición de compuestos bioactivos, según lo que define el National Cancer Institute (NCI) como “*un tipo de sustancia química que se encuentra en pequeñas cantidades en las plantas y ciertos alimentos (como frutas, verduras, nueces, aceites y granos enteros). Los compuestos bioactivos tienen acciones en el cuerpo que pueden promover la buena salud. Se están estudiando en la prevención del cáncer, las enfermedades cardíacas y otras enfermedades. Ejemplos de compuestos bioactivos incluyen licopeno, resveratrol, lignano, taninos e indoles*” (European Commission, 2020). La extracción y obtención de estos tipos de compuestos se utilizan en matrices alimentarias para elaborar los AF con beneficios en la salud humana. En la [Figura 6](#) se encuentran algunos compuestos bioactivos que se han investigado, con sus respectivas fuentes de alimentos y subproducto asociados. Las referencias utilizadas corresponden a: McClements, D. J., et al., 2009; Lau, T. C., et al., 2013; Wildman, R. E., et al., 2016 y por último Arshad, M. S., et al., 2021.

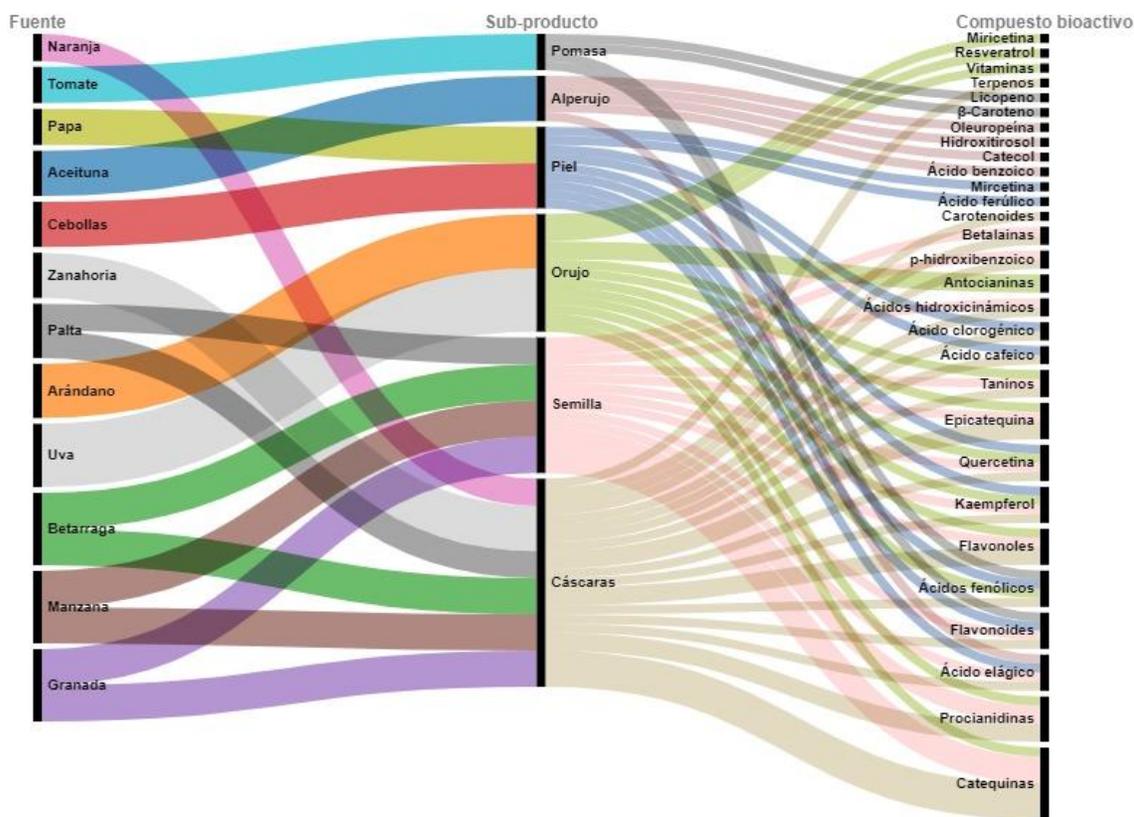


Figura 6. Correlación entre fuente de alimento con subproducto rescatado y compuesto bioactivo obtenido.

Gráfico Alluvial. Creado con RawGraph (Elaboración propia, 2022).

En la [Figura 6](#) se visualiza una amplia variedad de compuestos bioactivos que se pueden rescatar de diferentes subproductos, tales como: las catequinas por ejemplo se pueden encontrar en cáscaras, semillas y orujo provenientes de la granada, manzana, betarraga, palta, zanahoria, naranja, uva y arándano; por otra parte hay flavonoides que se pueden extraer de cáscaras, semillas, piel y pomasa, los cuales se encuentran en fuentes como granada, manzana, betarraga, palta, zanahoria, naranja, cebollas, papa y tomate. En general, la mayoría de los compuestos bioactivos se encuentran presentes en gran parte de las fuentes de alimentos, como es el caso de los flavonoides, carotenoides, catequinas, entre otros. Sin embargo, existen ciertos compuestos que se limitan más a un tipo de fuente de alimento o sus familias como, por ejemplo: el tipo de color presentes en los frutos berries (arándanos, frambuesas, moras) que tienen altos contenidos de antocianinas ([Figura 6](#)), la cual presenta excelentes efectos antioxidantes, reducción de la enfermedad coronaria, efectos anticancerígenos/antitumorales, antiinflamatorios y antidiabéticos, así como la mejora de la agudeza visual y el comportamiento cognitivo. Sin embargo, la inestabilidad química de las antocianinas es una de las principales limitaciones en su aplicación. Las antocianinas son susceptibles de degradarse, lo que lleva a la pérdida de color (Herrera-Balandrano, D. D., et al., 2021).

Cabe mencionar que la figura anterior refleja solo una pequeña parte de todo un mundo descubierto y que aún queda por descubrir de todos los tipos de compuestos bioactivos que hay y además de las diferentes fuentes de descartes de la agroindustria para su mejor aprovechamiento.

2.3. Descartes Agroindustriales

Descarte agroindustrial se puede entender como aquello que se pierde y/o desperdicia dentro de la cadena agroindustrial, pero la FAO define de mejor manera estos dos conceptos: **pérdida de alimento** corresponde a una “*disminución en la cantidad o calidad de los alimentos como resultado de las decisiones y acciones de los proveedores en la cadena alimentaria, excluyendo a los minoristas, proveedores de servicios de alimentos y consumidores*”, y **desperdicio de alimentos** “*se refiere a la disminución en la cantidad o*

calidad de los alimentos como resultado de las decisiones y acciones de los minoristas, proveedores de servicios alimentarios y consumidores” (FAO, 2019-b).

Las pérdidas y el desperdicio de alimentos (PDA) ocurridas desde la producción hasta el consumo son señal del funcionamiento deficiente de los sistemas alimentarios. De acuerdo a cifras de la FAO, entre las fases de la postcosecha y la venta minorista se pierde hasta el 14% de los alimentos que se producen en todo el mundo, mientras que el 17% del total de la producción mundial de alimentos puede desperdiciarse en las etapas de la venta al por menor, los servicios alimentarios y el consumidor (FAO, 2022). El índice de pérdida de alimentos (IPA) de la FAO ha conducido a la primera estimación mundial publicada en 2019, según la cual el 13,8% de los alimentos producidos en 2016 se perdió desde la granja hasta la etapa de la venta al por menor. A escala regional, las estimaciones oscilan para Asia central y meridional entre un 20-21% de pérdidas, en América Latina y El Caribe entre un 11-12%, y en menor cantidad en Australia y Nueva Zelanda con un 5-6% (Figura 7).

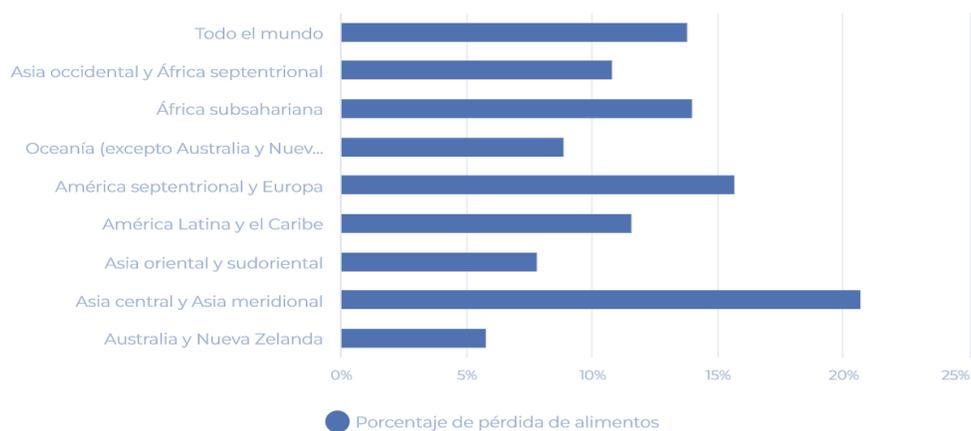


Figura 7. Pérdida de alimentos desde la etapa posterior a la cosecha hasta la distribución en 2016, porcentajes mundiales y por región (FAO, 2019-a).

Las frutas, verduras, raíces y tubérculos son la mayor fuente del total de pérdidas y desperdicios, estimando alrededor de un 45%, seguidos por: cereales, pescados y productos marinos con un 30% y por último los productos: avícolas, lácteos, carne de vacuno, legumbres y oleaginosas con un 20%, visualizado en la Figura 8. Según estudios realizados por la FAO alrededor de 1/3 de la producción de los alimentos destinados al consumo humano se pierde o desperdicia en todo el mundo, lo que corresponde a aproximadamente 1.300 millones de toneladas al año (FAO, 2022).

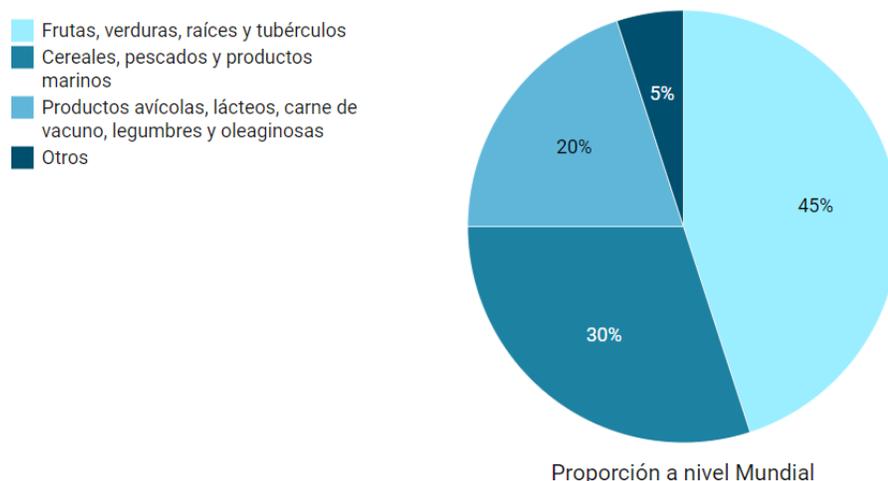


Figura 8. Categoría de las pérdidas y desperdicios estimadas a nivel mundial. Gráfico de torta. Creado con Datawrapper (Elaboración propia, 2022).

De acuerdo a la figura anterior, se puede apreciar que las tasas de desperdicio de frutas y verduras se encuentran entre las más altas. Según estimaciones recientes, las industrias de procesamiento de frutas contribuyen con más de 0,5 mil millones de toneladas de desechos en todo el mundo, en la que los componentes no comestibles que se encuentran en las frutas y verduras se desechan en la mayoría de las veces. Además, la proporción de este desecho depende de la fuente del alimento que provenga como, por ejemplo: plátanos (35%), piñas (46%), pomelo (30%), cítricos (25-35%), manzanas (12%), sandía (48%), coliflor y brócoli (43%), zanahorias y nabos (20%) y ajo (22%) (Coman, V., et al., 2020).

Cabe mencionar que los subproductos industriales de categoría hortofrutícolas están constituidos principalmente por cáscaras, orujo y fracciones de semillas, lo que podría ser una buena fuente de compuestos bioactivos de alto valor agregado, como proteínas, polisacáridos, fibras dietéticas, compuestos de sabor y fitoquímicos (Coman, V., et al., 2020; Ran, X. L., et al., 2019; Sasidharan, S., et al., 2011).

El plan para lograr un futuro mejor y más sostenible para todos se encuentra determinado por los Objetivos de Desarrollo Sostenible que corresponden a 17 objetivos claves para su implementación global (FAO, s.f.). Los sistemas alimentarios mundiales se encuentran entre los principales factores que determinarán las medidas para alcanzar dichos objetivos. Para ello es necesario encauzar los sistemas alimentarios por el camino de la sostenibilidad, de

manera que se suministren dietas inocuas, asequibles y saludables para la población mundial en rápido crecimiento. Al mismo tiempo se canaliza la contribución de un desarrollo económico y social integrado, el cual no repercute en los recursos naturales, los ecosistemas y el medio ambiente, poniendo en riesgo a todos los seres vivos y futuras generaciones de nuestro planeta (FAO, 2022).

De este modo la industria de alimentos juega un rol importante para poder utilizar al máximo los recursos, realizando procesos eficientes y así evitando la mayor cantidad de PDA. Además, hay una oportunidad de valorizar estos subproductos, ya que considerando la actividad fisiológica que presentan estos compuestos bioactivos respaldado por evidencias científicas, los extractos o compuestos aislados podrían usarse como bioingredientes en alimentos funcionales. La importancia de valorizar estos tipos de subproductos considerados como PDA, se debe a que generan un gran impacto tanto ambiental como económico y social. El valor económico de los alimentos desperdiciados a nivel mundial es de aproximadamente 1.000 billones de dólares por año, esta cifra se eleva a 2.600 billones considerando costos ambientales extras. Por ello, la opción más sustentable respecto a las PDA corresponde a valorizar extrayendo los CB de sus matrices y hacer uso de ellos en AF, y/o teniendo un mayor control durante toda su cadena de producción y desarrollo, puesto que se evita generar mayores gastos al ocuparse de estos PDA (Seberini, A., 2020).

3. Objetivo General

Dar a conocer los tipos de compuestos bioactivos encontrados en descartes agroindustriales como potencial uso en alimentos funcionales, mediante una investigación bibliográfica científica actualizada.

3.1. Objetivos Específicos

- Recopilar, analizar y comparar estudios científicos sobre compuestos bioactivos en subproductos de la agroindustria, y efectos en la salud humana por consumo de alimentos funcionales.

- Analizar y comparar metodologías de extracción de compuestos bioactivos en descartes de la agroindustria.
- Analizar legislación existente respecto a alimentos funcionales.

4. Metodología

Para dar cumplimiento a los objetivos planteados en este trabajo, la información será recopilada, seleccionada y analizada mediante los pasos mostrados en la [Figura 9](#).



Figura 9. Etapas a desarrollar para investigación del manuscrito (Elaboración propia, 2022)

4.1. Recolección de información

La recolección de información se realizará en las bases de datos “Scopus” (<http://www-scopus-com.uchile.idm.oclc.org/>), “ScienceDirect” (<https://www-sciencedirect-com.uchile.idm.oclc.org/>) y en “Web of Science” (<https://www-webofscience-com.uchile.idm.oclc.org/>) dentro de un período de 11 años. Además, se utilizará Google

Académico (Google Scholar) como buscador de información, ya que permite localizar documentos académicos como: artículos, tesis, libros, patentes, documentos relativos a congresos y resúmenes. Por otra parte, para consultar sobre enfermedades crónicas no transmisibles se utilizará una base de datos de medicina “PubMed” (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>) la cual es desarrollada y mantenida por el Centro Nacional de Información Biotecnológica (NCBI), en la Biblioteca Nacional de Medicina (NLM) de los Estados Unidos.

4.2. Aplicación criterios de búsqueda

Los términos de inclusión a utilizar son: “functional foods”, “bioactive compounds”, “industrial waste”, “byproducts”, “functional ingredients”, “functional foods in human health”, “extraction of bioactive compounds” y “functional food legislation”. Las publicaciones por revisar se encontrarán entre los años 2011 a 2021 con la finalidad de tener una visión más actualizada del tema. Los tipos de publicaciones serán a partir de artículos de investigación, artículos de revisión y libros. Por otra parte, los términos de exclusión serán de: publicaciones que provengan de bases de datos no reconocidas, publicaciones antes del año 2011 y publicaciones de fuentes no científicas.

4.3. Clasificación de la información

Se revisarán los artículos seleccionados y se clasificarán de acuerdo a la información contenida asociada a los términos de inclusión para el cumplimiento de los objetivos de la investigación. La clasificación se irá realizando según el orden decreciente de mayores citas por artículo y orden de relevancia, en donde se codificará para su identificación.

4.4. Relacionar datos recolectados

Se analizará la información y los datos recopilados asociados a los términos de inclusión para buscar un punto de relación entre sí y cumplir con el objetivo generando información visual para facilitar el entendimiento.

4.5. Interpretación de datos

Se realiza una interpretación de todos los datos recopilados, dando un cumplimiento a cada objetivo. Utilizando la codificación correspondiente a cada artículo, se procede a trabajar la información donde se utilizarán tablas, gráficos y figuras que apoyen el desarrollo y entendimiento del trabajo realizado. La interpretación será enfocada hacia los compuestos bioactivos, fuentes y tipos de subproductos, beneficios a la salud y entre otros enfoques que tengan relación con los términos de inclusión.

4.6. Elaboración planilla

Se elabora planilla (base de datos) en programa Excel con el resumen de todos los artículos recopilados para el desarrollo de esta investigación. Los detalles a describir serán: año de publicación, título de documento, autores, citas, tipo de documento, fuente de alimento, subproducto evaluado, porción desechada como subproducto, compuesto bioactivo, método de extracción/análisis, beneficios para la salud, potencial aplicación, conclusión, referencia y link. Para visualizar dicha planilla ver [Anexos 2](#).

4.7. Tratamiento de datos

Con los datos obtenidos de la planilla resumen, se analiza la información con el objetivo de comparar y relacionar los datos para generar diferentes gráficos y figuras. Este tratamiento de los datos de manera visual permitirá interrelacionar diferentes variables con el objeto de traducir la información de manera didáctica y entendible. Para ello se usarán diferentes aplicaciones que facilitan el tratamiento de los datos, tales como: RawGraph, Mapchart, Datawrapper, Carrot Search y Canva. Los tipos de gráficos a utilizar se encontrarán detallados en [Anexos 3](#).

4.8. Desarrollo Manuscrito

Realizando todas las etapas anteriores, se prosigue a la redacción del manuscrito. Se reflejará una opinión sobre la importancia de la utilización de descartes de la agroindustria, como

ingredientes funcionales o aplicados en alimentos funcionales, además de la importancia de su implementación en la normativa chilena en pro de educar al consumidor.

5. Resultados y Discusión

5.1. Búsqueda de información

Aplicando la metodología descrita anteriormente, se puede apreciar la [Figura 10](#) para tener una visión generalizada de los documentos investigados, en la cual se muestra el total de publicaciones por año (20.957 investigaciones) y sus números de citas que existen en la base de datos científicos “Scopus” sobre alimentos funcionales en un período de 11 años. Esta figura refleja el creciente aumento en investigaciones, teniendo su peak durante el pasado 2021 con más de 3.600 publicaciones. Además, se puede apreciar que en 2016 fue el año con mayor cantidad de citas respecto a sus publicaciones con un total de 53.828, seguido del año 2015 con 51.546 citas y el año 2017 con 50.828 citas. Se puede indicar respecto a esta información que a medida que mayores investigadores se interesaban en la temática de alimentos funcionales, las publicaciones entre los años 2015 al 2017 acaparaban mayor interés para usar de referencias e investigación.

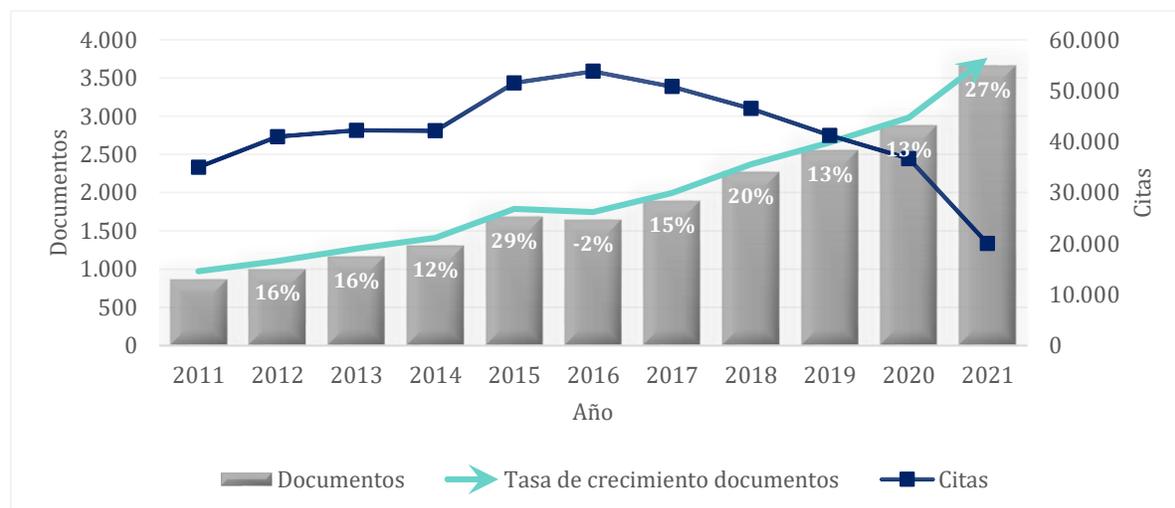


Figura 10. Documentos publicados por año sobre alimentos funcionales con su tasa de crecimiento respectiva y sus números de citas (Elaboración propia con información de: Scopus, 2022).

Por otra parte, autores como David McClements de Estados Unidos, Isabel Ferreira de Portugal y You Jin Jeon de Corea del Sur, son quienes han tenido mayores publicaciones sobre el tema especificado, destacando por sobre todo el primer autor mencionado (Figura 11) que ha publicado un total de 159 documentos, los cuales han tenido una cantidad de 10.289 importantes citas.

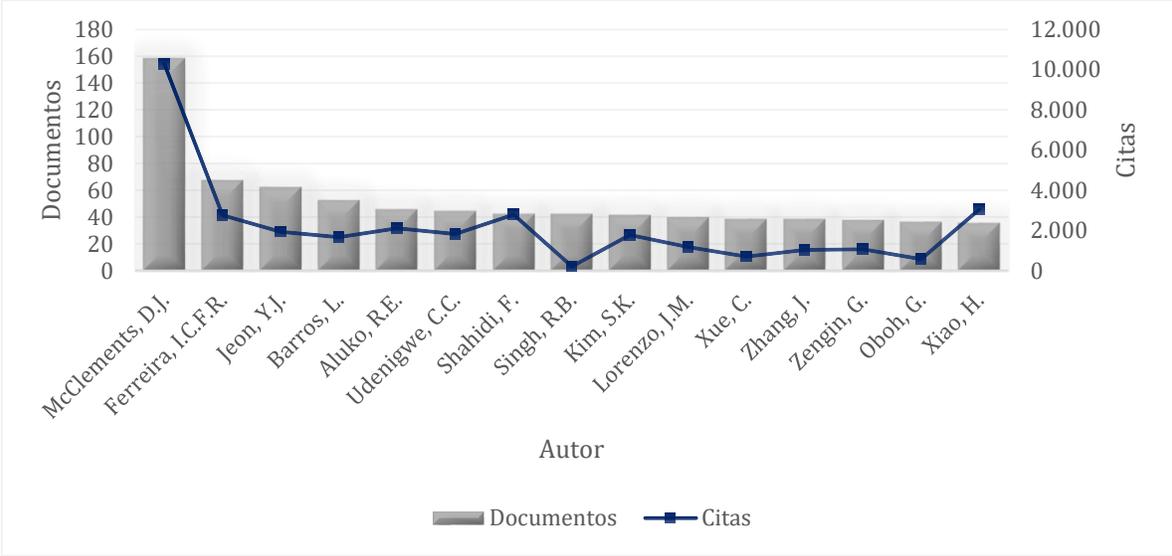


Figura 11. Documentos sobre alimentos funcionales por autor y sus números de citas (Elaboración propia con información de: Scopus, 2022)

En la Figura 12 se muestran los tipos de documentos asociados a la investigación sobre el tema en cuestión destacando los artículos de tipo científico con un 76%, seguido por artículos de revisión 15%, capítulos de libros (7,9%) y libros (0,8%), asociados a un total de más de 20.000 publicaciones.

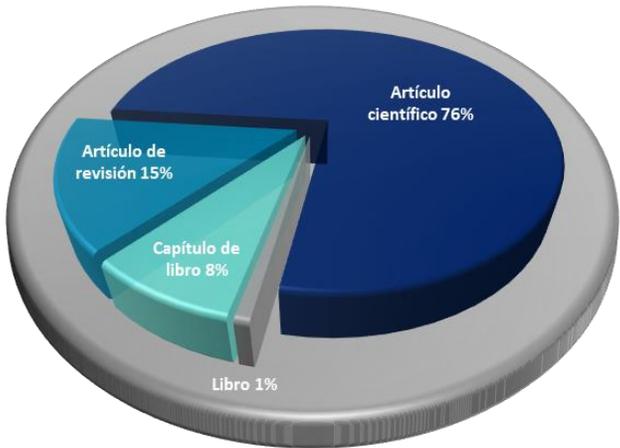


Figura 12. Tipo de publicación respecto a documentos publicados sobre alimentos funcionales (Elaboración propia con información de: Scopus, 2022).

Por otra parte, la base de datos “ScienceDirect” en su plataforma refleja una cantidad de 372.194 documentos con un crecimiento notable desde el año 2011 al pasado 2021. En la [Figura 13](#) se visualiza la tasa de crecimiento respecto a la cantidad de publicaciones por año.

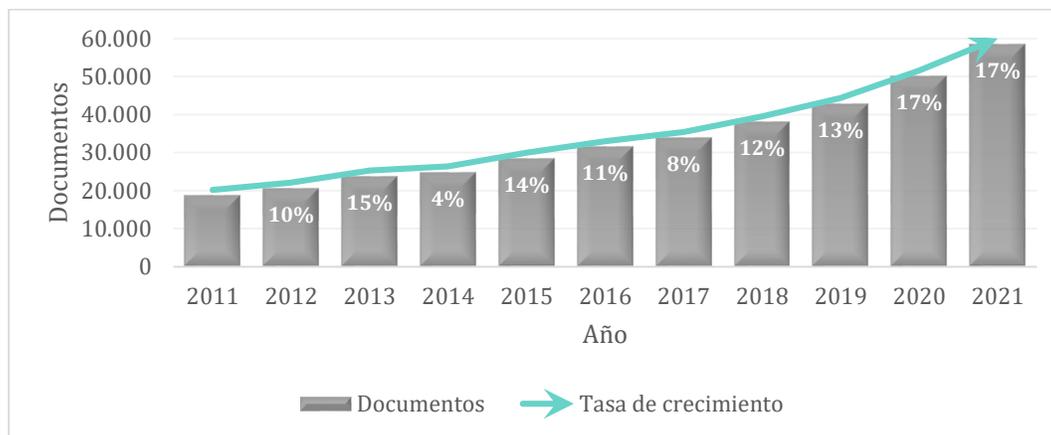


Figura 13. Documentos publicados por año sobre alimentos funcionales con su tasa de crecimiento respectiva (Elaboración propia con información de: ScienceDirect. 2022).

Los tipos de documentos asociados a la [Figura 13](#) que mayormente se han publicado corresponden a artículos científicos con 273.729, artículos de revisión con 56.024 y capítulos de libros con 42.441. La [Figura 14](#) grafica visualmente la distribución de estos tipos de publicaciones entre el año 2011 al 2021.



Figura 14. Tipo de publicación respecto a documentos publicados sobre alimentos funcionales (Elaboración propia con información de: ScienceDirect, 2022).

ScienceDirect en su plataforma refleja el orden de relevancia que tienen las publicaciones asociadas a la búsqueda de acuerdo a la mayor cantidad de citas, que en este caso es de

alimentos funcionales. En la [Tabla 1](#) se muestran artículos de índole científica ordenados según su relevancia, resultando que “*Fortifying wellbeing: How Chinese consumers and doctors navigate the role of functional foods*” corresponde al artículo más relevante.

Tabla 1. Documentos relevantes sobre alimentos funcionales, ordenados de manera creciente (Elaboración propia con información de: ScienceDirect, 2022).

| Orden | Documento | Autores | Revista de publicación |
|-------|--|---|------------------------------|
| 1 | Fortifying wellbeing: How Chinese consumers and doctors navigate the role of functional foods | Conroy, D. M., Gan, C., Errmann, A., & Young, J. | Appetite |
| 2 | Relationships between functional food consumption and individual traits and values: A segmentation approach | Nystrand, B. T., & Olsen, S. O. | Journal of Functional Foods |
| 3 | Neural-based valuation of functional foods among lean and obese individuals | Contreras-Rodriguez, O., Mata, F., Verdejo-Román, J., Ramírez-Bernabé, R., Moreno, D., Vilar-Lopez, R., ... & Verdejo-García, A. | Nutrition Research |
| 4 | Kombucha tea from seagrapes (<i>Caulerpa racemosa</i>) potential as a functional anti-ageing food: in vitro and in vivo study | Permatasari, H. K., Nurkolis, F., Augusta, P. S., Mayulu, N., Kuswari, M., Taslim, N. A., ... & Gunawan, W. B. | Heliyon |
| 5 | Metabolomics reveals impact of seven functional foods on metabolic pathways in a gut microbiota model | Farag, M. A., Abdelwareth, A., Sallam, I. E., El Shorbagi, M., Jehmlich, N., Fritz-Wallace, K., ... & von Bergen, M. | Journal of Advanced Research |
| 6 | Physicochemical, functional, and sensory characterization of orange juice containing food additives with bioactive compounds under heat treatment and storage conditions | Marsanasco, M., & Alonso, S. D. V. | Food Bioscience |
| 7 | Effect of the addition of <i>Spirulina</i> sp. biomass on the development and characterization of functional food | Almeida, L. M. R., da Silva Cruz, L. F., Machado, B. A. S., Nunes, I. L., Costa, J. A. V., de Souza Ferreira, E., ... & de Souza, C. O. | Algal Research |
| 8 | PPAR and functional foods: Rationale for natural neurosteroid-based interventions for postpartum depression | Matrisciano, F., & Pinna, G. | Neurobiology of Stress |
| 9 | Identification of the functional food ingredients with antithrombotic properties via virtual screen and experimental studies | Zheng, X., Pu, P., Ding, B., Bo, W., Qin, D., & Liang, G. | Food Chemistry |
| 10 | A comparative study on ingredient and efficiency difference between fresh and steamed <i>Gastrodia elata</i> Blume: An herbal material to a novel functional food | Ma, J., Deng, Y., Wang, Y., Liu, Q., An, J., Li, M., ... & Ma, K. | Journal of Functional Foods |

Web of Science por otra parte dentro de los años 2011 a 2021 ha tenido un total de 13.092 publicaciones con una tasa de crecimiento positiva, destacando su mayor peak en el año 2015 con un 41% de más publicaciones respecto al año anterior. Además, la cantidad de

publicaciones siguen en aumento donde el año 2021 cerró con alrededor de 2.100 documentos publicados (Figura 15).

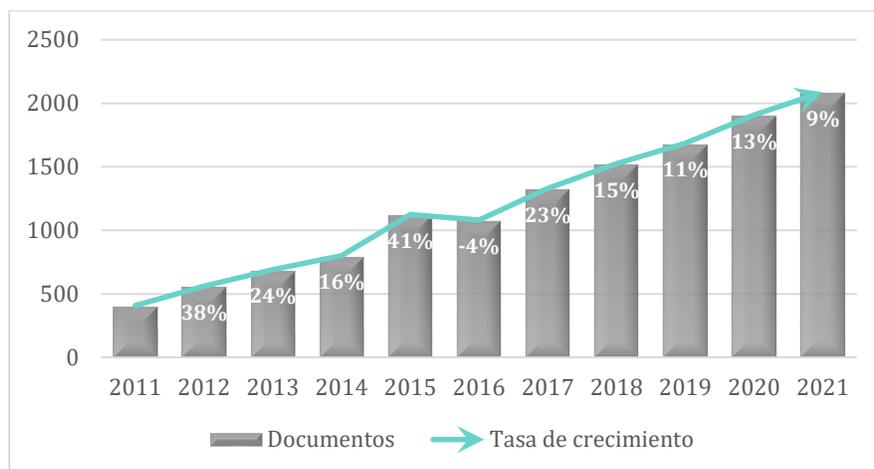


Figura 15. Documentos publicados por año sobre alimentos funcionales con su tasa de crecimiento respectiva (Elaboración propia con información de: Web of Science, 2022).

En esta plataforma los autores que han tenido mayor número de documentos son David McClements, Chi-Tang Ho e Isabel Ferreira (Figura 16). Comparando esta plataforma con Scopus se pueden apreciar que destacan por su cantidad de publicaciones la mayoría de los autores como es el caso de McClements (Estados Unidos), Ho (Estados Unidos), Ferreira (Portugal), Xue (China), Barros (Portugal), Aluko (Canadá), Cao (China), Jeon (Corea del Sur), Wu (China) y Xiao (China).

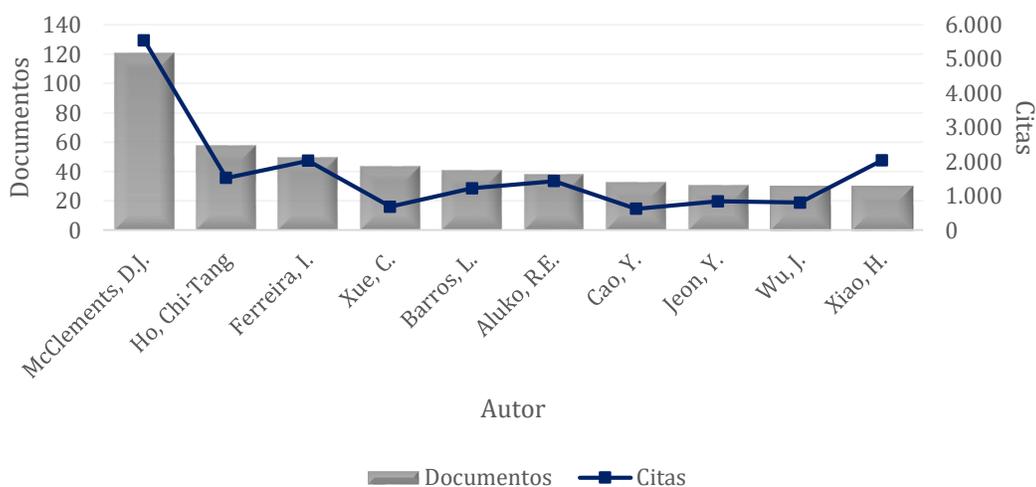


Figura 16. Documentos sobre alimentos funcionales por autor y sus números de citas (Elaboración propia con información de: Web of Science, 2022)

Los demás criterios de búsqueda de inclusión se utilizarán para el desarrollo del ítem 5.2. entre los que se enfocará la búsqueda hacia: “functional foods”, “bioactive compounds” y “byproducts”.

5.2. Compuestos bioactivos en subproductos de la agroindustria

Los llamados subproductos agroindustriales son aquellos residuos que se descartan luego de la producción agrícola y procesamiento de un alimento, siendo este punto una de las etapas de mayor generación de subproductos, hasta la obtención de un producto terminado (Figura 17). Incluso, luego de la venta de un producto se generan tipos de residuos que son más bien llamados pérdidas y desperdicios de alimentos (PDA).

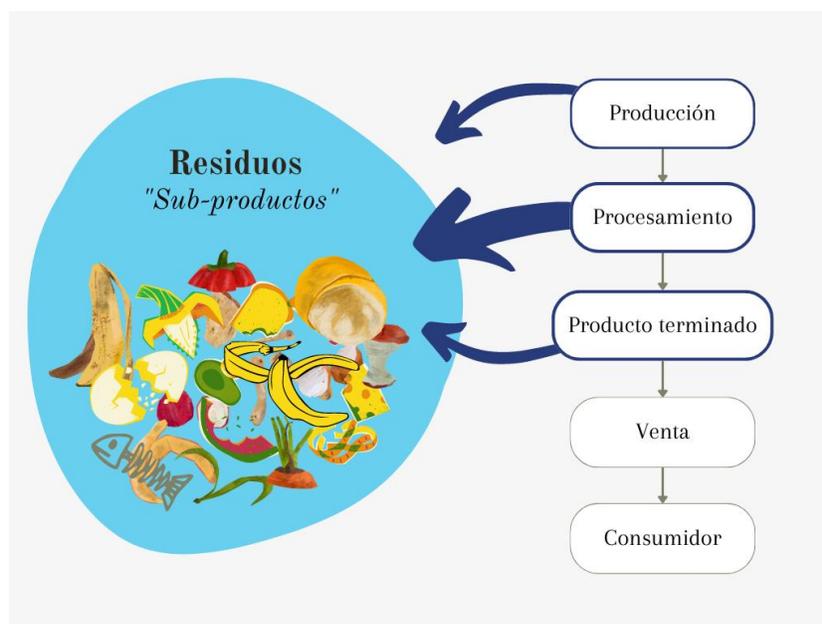


Figura 17. Cadena residuos agroindustriales (Elaboración propia, 2022)

En esta cadena se generan diferentes tipos de sub-productos los cuales provienen de fuentes como: cereales, frutas, vegetales, productos del mar, entre otros. En el procesamiento industrial dependiendo de la fuente de materia prima, se puede descartar entre un 10 a 30% de la composición inicial, quedando: semillas, pieles, cáscaras, hojas, tallos, orujos, espinas, escamas, entre otros (Anal, A. K., 2017). Estos tipos de fuentes de sub-productos se detallan

en la [Figura 18](#) donde se muestran seis tipos de industria de procesamiento con sus respectivos sub-productos generados.



Figura 18. Tipos de fuentes de sub-productos (Elaboración propia con información de: Anal, A. K., 2017).

Por otra parte, la mayor proporción de PDA corresponden a frutas, verduras, raíces y tubérculos (45%), seguido de cereales, pescados y productos marinos (30%) (FAO, 2022). Estas fuentes de subproductos están compuestas de una gran variedad de ingredientes funcionales y/o compuestos bioactivos con acción fisiológica en el organismo, lo que los hace ser saludables al considerarlos en la dieta. Esto es una gran oportunidad para aprovechar al máximo los recursos naturales, disminuir los altos costos en gestión de residuos y ser más sostenibles con el medio ambiente, apuntando a una economía circular valorizando así los subproductos agroindustriales por medio de la extracción de variados compuestos bioactivos potenciales para la salud humana más allá de la nutrición básica.

Dentro de esta investigación exhaustiva se han seleccionado 64 investigaciones que se encuentran resumidas en la planilla “*Artículos consolidados - Compuestos bioactivos en descartes agroindustriales: Revisión bibliográfica del potencial uso para alimentos funcionales*” la cual se encuentra en [Anexos 2](#).

El 77% de los documentos corresponden a artículos de tipo científico, seguido de un 23% de artículos de revisión, seleccionados en las diferentes plataformas detalladas en metodología (Figura 19).

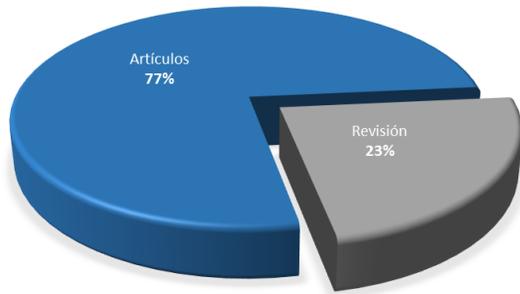


Figura 19. Tipo de documentos seleccionados (Elaboración propia, 2022)

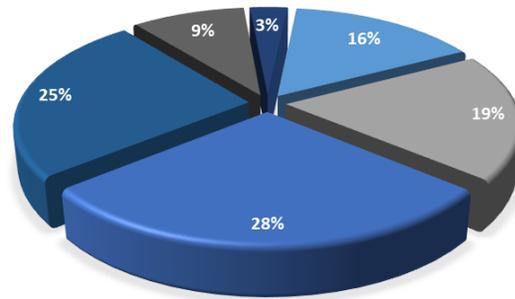


Figura 20. Artículos por año de publicación seleccionados (Elaboración propia, 2022)

Además, entre los años 2015 y 2016 se concentra el mayor número de artículos seleccionados correspondiendo a un 28% de un total de 64 artículos, seguido de un 25% entre los años 2017 y 2018 (Figura 20).

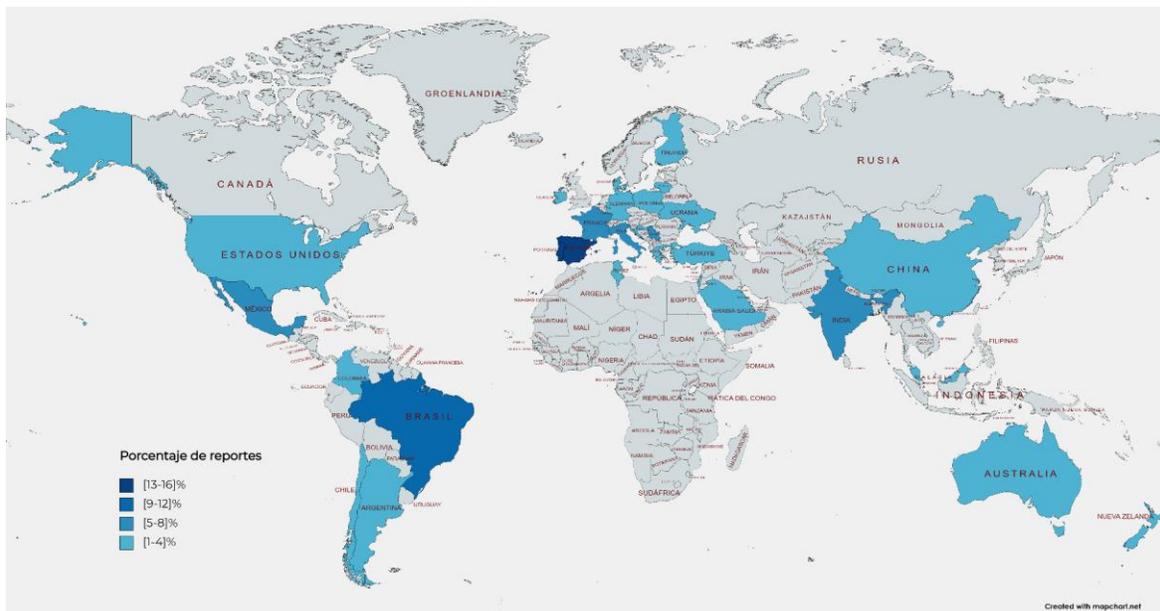


Figura 21. Países reportados en los artículos seleccionados. Creado con Mapchart. (Elaboración propia, 2022)

La figura anterior ([Figura 21](#)) muestra los países que más destacan dentro de los artículos reportados en materia de alimentos funcionales, compuestos bioactivos y sub-productos, los cuales son España y Portugal con un 16% y 13%, respectivamente. Brasil se encuentra con un 9%, seguido de Serbia, Italia, México, Francia e India, los cuales se encuentran en un rango entre 5-8% del porcentaje de reportes. El resto de los países que se visualizan marcados en la [Figura 21](#), se encuentran en el menor nivel del rango de porcentajes abarcando entre un 1 a un 4% de los artículos. En este rango se pueden visualizar países como Argentina, Chile, China, EEUU y Alemania. Por ende, España y Portugal son buenas referencias para poder investigar más sobre compuestos bioactivos en descartes agroindustriales.

5.2.1. Fuentes de subproductos más investigados

Existen varias razones por las cuales se genera tanto desperdicio de alimentos en la agroindustria. Una de las principales razones es la sobreproducción, ya que los agricultores a menudo producen más alimentos de lo que pueden vender. Otra razón es la estricta apariencia estética de los alimentos, ya que los supermercados y los minoristas rechazan los productos que no cumplen con ciertos estándares de apariencia, lo que lleva a la eliminación de alimentos que son perfectamente comestibles. Además, los problemas logísticos y de transporte también pueden contribuir al desperdicio de alimentos, ya que los alimentos pueden dañarse o estropearse durante el transporte (FAO, et al., 2022).

La implementación de mejores prácticas logísticas en la agroindustria permite reducir la pérdida y desperdicio alimenticio (PDA). A continuación, se detallan algunos factores y buenas prácticas que ayudan a evitar esta problemática:

- a. Reducción de la sobreproducción:** los agricultores pueden ajustar sus prácticas de producción para producir solo la cantidad de alimentos que se espera vender.
- b. Aceptación de una mayor variedad de apariencias:** Los supermercados y los minoristas pueden adoptar políticas para aceptar una mayor variedad de apariencias en los alimentos, lo que permitiría la venta de alimentos que de otra forma serían desechados.
- c. Donaciones de alimentos:** Los supermercados y los agricultores pueden donar alimentos no vendidos a bancos de alimentos u organizaciones benéficas.

- d. Reducción del desperdicio en el hogar:** informar a los consumidores sobre cómo almacenar y preparar los alimentos adecuadamente para evitar el desperdicio en el hogar.
- e. Innovación tecnológica:** El uso de tecnologías como la inteligencia artificial y el análisis de datos para mejorar la eficiencia en la cadena de suministro y reducir el desperdicio.
- f. Mejora de la logística y transporte:** Mejorar la eficiencia en el transporte y la logística para reducir el daño y el estropeo de los alimentos durante el transporte.
- g. Compromiso con la sostenibilidad:** La adopción de prácticas agrícolas sostenibles para reducir el impacto ambiental de la producción de alimentos y reducir el desperdicio.

Cáscaras, semillas, piel, pulpa residual, hojas, tallos, corteza, salvado, frutas y verduras dañadas, granos, germen, entre otros, son muchos de los subproductos generados por la agroindustria, provenientes de una variada y diversa cantidad de fuentes de alimentos. En la [Figura 22](#), se muestra un gráfico que resume el porcentaje de subproducto identificado dentro del consolidado de artículos investigados.

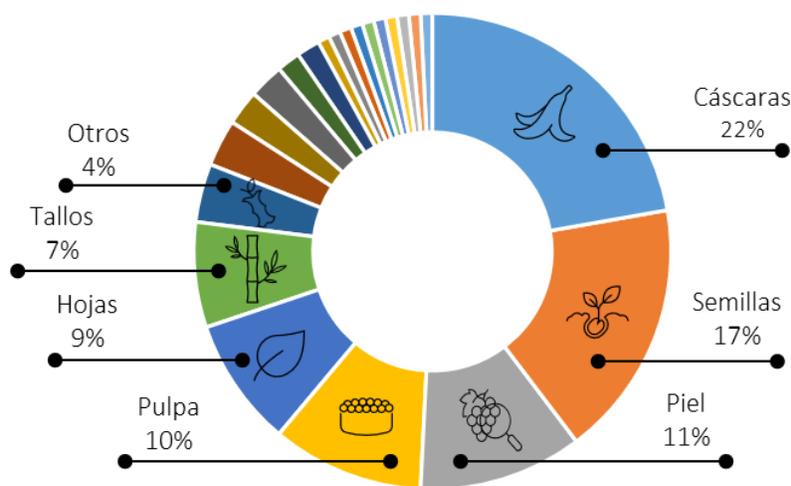


Figura 22. Subproductos. Gráfico de torta (Elaboración propia, 2022)

En primer lugar, se puede apreciar que la cáscara es la parte más desechada dentro de frutas y vegetales procesados (22%), como es el caso del arándano (Bobinaité, R., 2015), plátano o banana (Padam, B. S., 2014; Hernández-Carranza, P., 2016; Gómez, M., & Martínez, M. M.,

2018), manzana (Hernández-Carranza, P., 2016; Gómez, M., & Martínez, M. M., 2018; Herrero, M., 2013; Riaz, A., 2021; Can-Cauich, C. A., 2017), cacao (*Theobroma cacao*) (Mazzutti, S., 2018), tomate (de los Ángeles Fernández, M., 2018; Gómez, M., 2018; Roselló-Soto, E., 2015; Pereira, R., 2019; Wijngaard, H., 2012), mango (Jahurul, M. H. A., 2015; Garcia-Mendoza, 2015; Da Silva, L. M. R., 2014), papa, naranja, zanahoria (Barba, F. J., 2015; Herrero, M., 2013; Gómez, M., 2018), entre otros.

En segundo lugar, se puede apreciar que existe una gran cantidad de semillas desperdiciadas (17%) provenientes de: tomate (de los Ángeles Fernández, M., 2018; Roselló-Soto, E., 2015; Pereira, R., 2019), mango (Jahurul, M. H. A., 2015), manzana (Herrero, M., 2013; Roselló-Soto, E., 2015), sandía (Tarazona-Díaz, M. P., 2011), tuna (*Opuntia joconostle F.A.C. Weber ex Diguet* y *Opuntia matudae Scheinvar*) (Morales, P., 2012), mora (Machado, A. P. D. F., 2015), entre otros.

Similar a la cáscara, la piel es uno de los subproductos generados que abarca un 11% de los artículos consolidados. En este punto encontramos: uva (Pintać, D., 2018; Chowdhary, P., 2021; Barba, F. J., 2015; Herrero, M., 2015; Roselló-Soto, E., 2015; Wijngaard, H., 2012) y cebolla (Munir, M. T., 2018; Campone, L., 2018; Herrero, M., 2013; Roselló-Soto, E., 2015).

Por último, los porcentajes de descartes que se generan de la fuente total son muy variables dependiendo de la matriz que se esté tratando, del motivo y del procesamiento que se le quiera dar. Entre los investigado se evidenció que los desechos van desde un 10% hasta un 80%, siendo más común este valor mayor en el residual o torta que queda cuando se procesa extracción de aceite, por ejemplo, de olivo (Romani, A., et al., 2019).

Además, otros tipos de descartes como la pulpa residual, hojas, tallos, corteza, salvado, frutas y verduras dañadas, granos, germen, entre otros, fueron identificados dentro del consolidado de artículos, los cuales se pueden revisar en mayor detalle en la planilla “*Artículos consolidados - Compuestos bioactivos en descartes agroindustriales: Revisión bibliográfica del potencial uso para alimentos funcionales*” la cual se encuentra en [Anexos 2](#). Cabe mencionar, además, que la mayoría de los subproductos se utilizan para: alimentación animal, compostaje, biogás y energía térmica, pero en esta revisión se busca dar un potencial uso para alimentos funcionales.

5.2.2. Compuestos bioactivos, fuentes de alimentos y beneficios a la salud

En el análisis realizado del consolidado de los artículos investigados se evidencia que hay una importante relación entre compuestos bioactivos extraídos de subproductos, las fuentes de alimentos de las que provienen estos tipos de descartes y el beneficio a la salud que puede aportar el consumo de estos CB. La [Figura 23](#), se elaboró tomando una cantidad de datos $n=865$ entre compuestos bioactivos, fuentes de alimentos y efectos en la salud, de los cuales se aplicaron criterios de selección para facilitar la elaboración del gráfico.

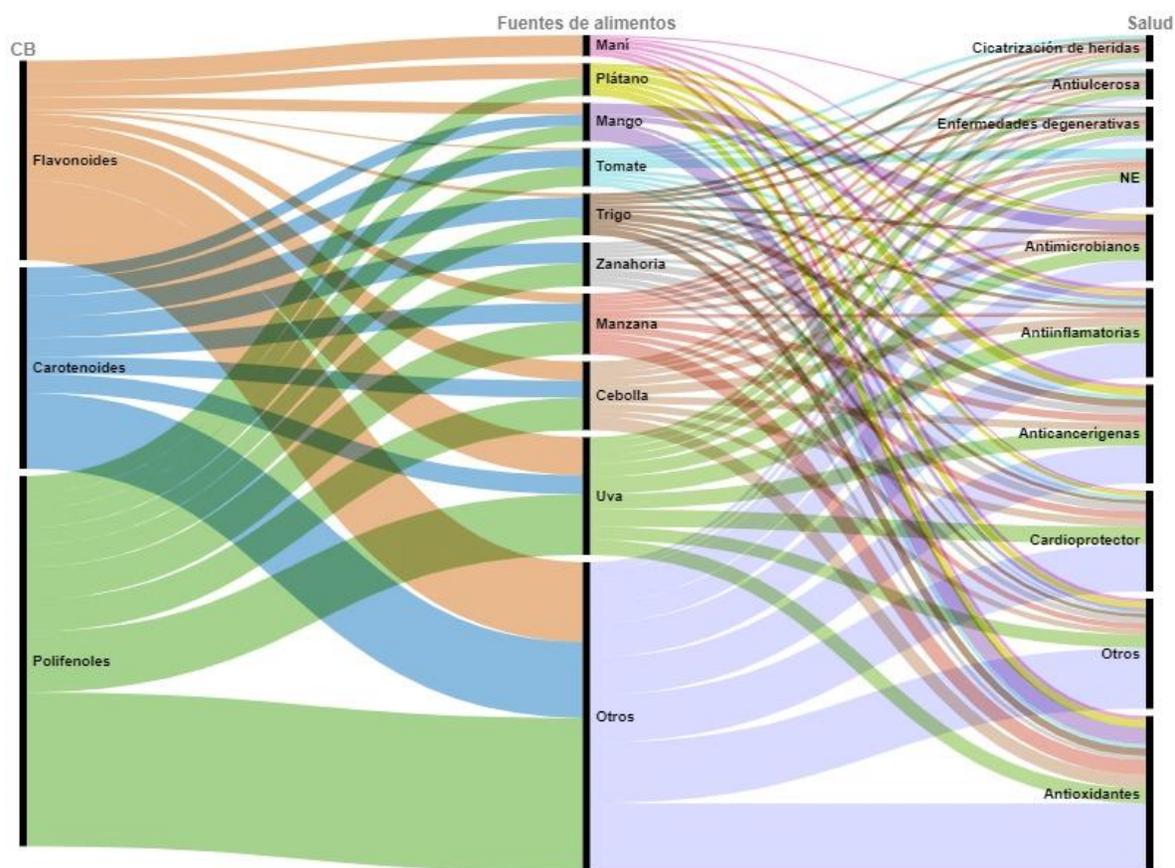


Figura 23. Relación entre compuesto bioactivo (CB), fuente de alimento y beneficio para la salud. Gráfico Aluvial. Creado con Rawgraphs (Elaboración propia, 2022).

En la categoría “*otros*” tanto para fuentes de alimentos como para los efectos que tienen en la salud, se encuentra el conjunto de todos los datos que fueron investigados en los artículos, pero en menor proporción respecto al consolidado ([Anexos 2](#)). Para fuentes de alimentos se seleccionaron aquellos con un valor mayor a 20 reportes, para efectos en la salud se

seleccionaron con un valor mayor a 30 reportes, y para compuestos bioactivos con un valor mayor a 20 reportes. Del gráfico se rescata que los mayores compuestos bioactivos investigados son los polifenoles, carotenoides y flavonoides, en fuentes de alimentos como: uva, cebolla y manzana (orden decreciente). El principal efecto a la salud evidenciado es que son compuestos con actividad antioxidante, cardioprotector, anticancerígenas y antiinflamatorias, principalmente. Esto se verá más en detalle en los puntos a continuación.

5.2.3. Polifenoles y Flavonoides

Los polifenoles son un grupo diverso de compuestos orgánicos que se encuentran en plantas. Estos compuestos son conocidos por tener propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, y pueden ayudar a proteger el cuerpo contra enfermedades crónicas como enfermedades cardíacas, diabetes y ciertos tipos de cáncer. Los polifenoles se encuentran en una variedad de alimentos, como frutas, verduras, frutos secos, granos enteros, vinos, té, entre otros. Algunos ejemplos de polifenoles comunes son el ácido clorogénico, la quercetina, la catequina y el resveratrol (Valencia-Avilés, E., et al., 2017). Los flavonoides son un grupo de compuestos vegetales naturales, pertenecientes a la familia de los polifenoles, por este motivo, también son conocidos por sus propiedades antioxidantes y antiinflamatorias. Los flavonoides también pueden ayudar a proteger las células del cuerpo contra el daño celular y reducir el riesgo de enfermedades cardíacas y cáncer. Algunos ejemplos de flavonoides incluyen la quercetina, la catequina y el kaempferol (Estrada-Reyes, R., et al., 2012).

5.2.3.1. Uva

En la investigación (Figura 23) se genera una fuerte relación entre los polifenoles y los subproductos generados por el procesamiento de la uva, así mismo de los flavonoides. La uva es una matriz utilizada principalmente para la elaboración del vino (Barba, F. J., et al., 2016; Teixeira, A., et al., 2014) en la cual se descarta una cantidad importante de orujo, alrededor de un 20 y 30%, que está compuesto por: piel, semillas, pulpa residual, tallos y en menor proporción hojas de parra (Lucarini, M., et al., 2019).

De acuerdo a un informe realizado por el Servicio Agrícola y Ganadero en Chile (SAG) acerca de la producción final de vinos del 2021, reporta que la producción total tuvo un

crecimiento alrededor de un 30% respecto al 2020 y las mayores producciones de vinos se siguen localizando en las regiones del Maule, O'Higgins y Metropolitana respectivamente, sumando el 88,8 % del total nacional (SAG, 2021). Con esto se puede indicar que, a mayores producciones de vino, mayor es el subproducto que genera como es el caso del orujo.

Analizando la extracción de los polifenoles y flavonoides extraídos de la uva, el resveratrol y las antocianinas fueron las más investigadas. La quimiopreención (anticancerígenos) de compuestos polifenólicos se basa en muchos mecanismos complejo, donde uno de ellos es su actividad antioxidante, que evita la formación excesiva de especies reactivas de oxígeno (ROS), que es un factor procancerígeno (Kasprzak-Drozd, K., et al., 2021). Científicamente se ha determinado que el resveratrol tiene principalmente grupos o-difenoxilo, los cuales muestran inhibir el daño del ADN inducido por ROS (Chowdhary, P., et al., 2021) o radicales libres, lo que quiere decir que tiene efectos antioxidantes (Rodrigo, R., Miranda, A., & Vergara, L., 2011). Además, los polifenoles vegetales han observado actividad antiinflamatoria y analgésica, ya que tienen la capacidad de interferir con las vías de señalización celular, pueden expresar numerosos genes y pueden modular la actividad de enzimas proinflamatorias y citoquinas. Algunos flavonoides y ácidos fenólicos pueden afectar la actividad de enzimas relacionadas con la síntesis de mediadores inflamatorios (prostanoides, leucotrienos y óxido nítrico). Esta actividad antiinflamatoria está relacionada con un efecto sobre las células que pertenecen al sistema inmunológico del cuerpo, pero también, la actividad antiinflamatoria tiene relación con efectos neurológicos, cardiacos (Santos-Buelga, C., González-Manzano, S., & González-Paramás, A. M., 2021) y en la flora intestinal (Pintać, D., et al., 2018; Chowdhary, P., et al., 2021; Kasprzak-Drozd, K., et al., 2021). La actividad antimicrobiana de los polifenoles proporciona protección contra algunas patologías, puesto que impulsan la colonización de bacterias beneficiosas. Las bacterias Gram+ son más impulsadas a la acción de los polifenoles que las bacterias Gram-, posiblemente debido a las diferencias en la composición de sus paredes celulares. Los polifenoles amplían la población de especies rentables como *Bifidobacterium* y *Lactobacillus*, que contribuyen a la protección de la barrera intestinal. Además, pueden aumentar el contenido de bacterias con efecto antiinflamatorio (Kasprzak-Drozd, K., et al., 2021).

En resumen, como se indica en la [Figura 23](#) los efectos principales en la salud atribuidos al consumo de polifenoles dado por el orujo de uva destacan: antioxidantes (Lachman et al., 2013, Rockenbach et al., 2011), anticancerígenos (Jara-Palacios et al., 2015, Tounsi et al., 2009), cardioprotectores (Otero-Pareja et al., 2015), antiinflamatorios (Manca et al., 2016, Rodríguez-Morgado et al., 2015) y antimicrobianos (Oliveira et al., 2013).

Actualmente, los extractos de orujo de uva roja ricos en polifenoles se utilizan en la industria como ingredientes en productos alimenticios, pero también se pueden valorizar como aditivos en formulaciones poliméricas, para obtener materiales con propiedades antioxidantes y antibacterianas (García-Lomillo, J., & González-SanJosé, M. L., 2017).

5.2.3.2. Cebolla

El subproducto principal generado del procesamiento de la cebolla corresponde a piel/cáscara. Los polifenoles se encuentran en alta concentración dentro de esta matriz teniendo efectos antioxidantes y antiinflamatorios principalmente ([Figura 23](#)).

Uno de los componentes identificados corresponde a la quercetina (sub-familia de los flavonoides). La quercetina manifiesta propiedades antioxidantes tanto in vivo como in vitro. La actividad de eliminación de radicales libres de la quercetina protege de diversos trastornos asociados con la edad, a esto se suma que la quercetina puede proteger el ADN del daño de los radicales libres (Babaei, F., et al., 2018; Munir, M. T., et al., 2018). Además, actúa como un agente para disminuir la coagulación, la hiperglucemia, la inflamación y la hipertensión. Varios estudios clínicos muestran que la suplementación de quercetina se usa para prevenir y tratar diversas enfermedades crónicas como los trastornos cardiovasculares (Deepika, & Maurya, P. K., 2022).

En la acción como antioxidante, la quercetina en su estructura posee ([Anexos 4](#)) un grupo hidroxilo fenólico y un doble enlace, a los cuales se les debe los efectos potenciales. Las propiedades antioxidantes de la quercetina están asociadas con la prevención y el tratamiento del cáncer y las enfermedades cardiovasculares (Babaei, F., et al., 2018; Campone, L., et al., 2018). La quercetina es un potente eliminador de radicales libres en el grupo de los flavonoides (Deepika, & Maurya, P. K., 2022). El grupo hidroxilo en la estructura actúa como

un eliminador de radicales libres al inactivarlos proporcionándoles hidrógeno activo y, por lo tanto, oxida estos radicales libres haciéndolos altamente estables así evitando la oxidación de ácidos grasos insaturados (de los Ángeles Fernández, M., et al., 2018; Munir, M. T., et al., 2018), los cuales existen algunos que son esenciales para nuestro organismo, como es el caso del ácido linoleico y ácido α -linoleico.

Por ende, al igual que el contenido de polifenoles provenientes del orujo de uva, la piel de cebolla tiene importantes beneficios a la salud ([Figura 23](#)), de los cuales los principales son: antioxidante (de los Ángeles Fernández, M., et al., 2018; Munir, M. T., et al., 2018; Song, X., et al., 2020 y antiinflamatorio (Deepika, & Maurya, P. K., 2022; Babaei, F., et al., 2018; Lee, S. G., et al., 2017; Campone, L., et al., 2018).

5.2.3.3. Manzana

El caso de la manzana, los subproductos generados en su procesamiento son: cáscara, semillas, pulpa residual y tallo. En la industria de alimentos, uno de los grandes procesamientos que se le da a esta fruta es la fabricación de jugo, el cual prensan la fruta para obtener el máximo de líquido disponible, quedando una torta o residuo.

Dentro de lo investigado, los compuestos fenólicos provenientes de la manzana controlan la oxidación de las grasas, reduce niveles de colesterol e inhibe la oxidación de las lipoproteínas de baja densidad (Can-Cauich, C. A., et al., 2017). Además, se encuentran asociados a la actividad antioxidante eliminando radicales libres y quelantes de iones metálicos (convirtiéndolos en productos más estables) y termina con las reacciones de radicales en cadena (Hernández-Carranza, P., et al., 2016; Sette, P., et al., 2020; Riaz, A., et al., 2021).

Para el caso de las manzanas, se puede visualizar en la [Figura 23](#) la relación que tienen con los efectos a la salud, destacando como: antioxidante y anticancerígenos, principalmente. En general, los efectos de los compuestos fenólicos provenientes de fuentes vegetales mantienen el mismo efecto en las diferentes matrices, ya sea visto en este caso, las uvas, cebollas y manzanas (Hernández-Carranza, P., et al., 2016; Sette, P., et al., 2020; Riaz, A., et al., 2021; Can-Cauich, C. A., et al., 2017)

El caso de los efectos biológicos de los polifenoles es que dependen de su biodisponibilidad que difiere dentro de todos y cada uno de los polifenoles. No existe relación entre la cantidad de polifenoles en los alimentos y su biodisponibilidad en el cuerpo humano, por ello es complejo poder determinar un estándar en la cantidad de consumo, pero se sabe que mantener una alimentación equilibrada y rica en polifenoles, vitaminas, fibra, ácidos grasos esenciales, entre otros, potencia la salud humana dando resultados positivos y puede prevenir y mejorar enfermedades (Kasprzak-Drozd, K., et al., 2021). Por otra parte, cabe mencionar que el Laboratorio de Antioxidantes del INTA (LAOX) ha sido pionero al establecer la primera base de datos de riqueza antioxidante proveniente de los polifenoles de las principales frutas y verduras cultivadas y consumidas en Chile y en países vecinos. Dicha base se encuentra en el sitio web www.portalantioxidantes.com, plataforma digital que fue desarrollada por LAOX en el año 2012, constituyendo, entonces la tercera a nivel mundial (INTA, 2021).

Para la relación de los alimentos funcionales con adición de polifenoles, existe en la Unión Europea de acuerdo al artículo 13 del Reglamento europeo (EC) 1924/2006, un mensaje saludable específico para el aceite de oliva, el cual indica *“el consumo de polifenoles del aceite de oliva contribuye a la protección de los lípidos sanguíneos del daño oxidativo”* (Parlamento Europeo y Consejo, 2006). La aprobación de este mensaje resultó posible, ya que se demostró de manera suficiente evidencias científicas y toxicológicas los efectos que se les atribuye.

5.2.4. Carotenoides

Los carotenoides son moléculas isoprenoides de 40 carbonos que producen la pigmentación roja, amarilla y naranja que se encuentra en la naturaleza. Varias plantas, microalgas, bacterias y hongos son fuentes naturales de carotenoides. Son conocidos por sus propiedades antioxidantes y su capacidad para prevenir enfermedades relacionadas con el estrés oxidativo. Los carotenoides también son precursores de vitamina A en el cuerpo humano. Algunos ejemplos de carotenoides incluyen: β -caroteno, licopeno y luteína (Tan, B. L., & Norhaizan, M. E., 2019).

5.2.4.1. Zanahoria

El procesamiento de la zanahoria genera entre un 30 a 50% de subproducto, entre: cáscara, hojas y raíces (Sharma, K. D., et al., 2012). Los carotenoides presentes en este tubérculo (Figura 23) se clasifican principalmente en carotenoides y xantofilas, los cuales son ricos en diferentes pigmentos, como: β -caroteno, licopeno, luteína y antocianinas, que presentan una gran diversidad de colores, es decir, blanco, naranja, amarillo, rojo y púrpura (Tan, B. L., & Norhaizan, M. E., 2019). Las variadas estructuras de las familias de los carotenoides y xantofilas se pueden visualizar en [Anexos 5](#). La cantidad de carotenoides en las zanahorias (5.5-10 mg / 100 g de peso fresco), incluyendo luteína y licopeno y su proporción mutua, es proporcional al color de la verdura madura, ya que, a mayor sea su contenido más intenso será el color. El almacenamiento a una temperatura de 20 °C y la luz puede aumentar la biodisponibilidad de la provitamina A y β -caroteno en las zanahorias naranjas, lo que favorece el consumo de estos compuestos ya que pueden aumentar la resistencia al estrés oxidativo (Knez, E., et al., 2022).

La relación del consumo de carotenoides ([Figura 23](#)) provenientes de los subproductos de la zanahoria con los efectos que interfieren en la salud son: cardioprotector (Roselló-Soto, E., et al., 2015; Wijngaard, H., et al., 2012) y anticancerígeno (Sharma, K. D., et al., 2012; Gómez, M., & Martínez, M. M., 2018), principalmente.

Si bien, dentro de la investigación se hace mención de que el consumo de zanahoria tiene efectos cardioprotectores, no es suficientemente claro científicamente sobre si dicho consumo tiene un efecto cardioprotector específico. Sin embargo, las zanahorias son una fuente saludable de nutrientes, incluyendo vitaminas y antioxidantes, que pueden contribuir a una dieta equilibrada y a un estilo de vida saludable en general, lo que puede tener un impacto positivo en la salud cardiovascular a largo plazo (Zurbau, A., et al., 2020; Tan, B. L., & Norhaizan, M. E., 2019).

Los carotenoides, particularmente el licopeno y el β -caroteno concentrados en elementos de colores profundos como zanahorias, tomates y vegetales de color verde oscuro, son otros antioxidantes dietéticos que funcionan para reducir el estrés oxidativo in vivo y los marcadores sanguíneos de inflamación (Johnston C., 2009). Se ha demostrado que los

carotenoides clasificados como provitamina-A (γ -caroteno, α -caroteno, β -caroteno y β -criptoxantina), son un agente protector de la vista al proteger los receptores sensibles a la luz. Los carotenoides zeaxantina y luteína, son pigmentos maculares que se encuentran en la retina humana y ejercen propiedades antioxidantes, protegiendo la vista contra la peroxidación inducida por UV y neutralizador de ROS (Tan, B. L., & Norhaizan, M. E., 2019; Gómez, M., & Martínez, M. M., 2018).

Además, se ha evidenciado en diferentes estudios los efectos anticancerígenos que posee el consumo de carotenoides. En pacientes con cáncer de próstata de 64 a 75 años, se demostró que las ingestas altas de zanahoria, tomates y licopeno disminuyen el riesgo de cáncer de próstata en comparación con aquellos que tienen bajo consumo (Tan, B. L., & Norhaizan, M. E., 2019). Por otra parte, se encontró que la combinación de ácido ascórbico y β -caroteno (35 y 4 μ M, respectivamente) mejora la apoptosis en la línea celular de carcinoma hepatocelular humano HepG2 después de 48 horas de tratamiento (Yurtcu, E., et al., 2011; Sharma, S., et al., 2021). Y también, se informó que el β -caroteno (10,2 μ mol/L) induce la apoptosis de las células tumorales de la vejiga (Sharma, S., et al., 2021).

Es importante mencionar que la biodisponibilidad de los carotenoides es notablemente variada entre las matrices de los alimentos, casi el 5% de los carotenoides (vegetales enteros y crudos) son absorbidos por el intestino, mientras que hasta el 50% del carotenoide se absorbe de las soluciones micelares. Este hallazgo implica que la forma física de los carotenoides presentes en las células de la mucosa intestinal es de vital importancia. Muchos estudios han revelado que el tratamiento térmico aumenta la bioaccesibilidad de los carotenoides y mejora su absorción debido al aflojamiento de la unión y la interrupción de las paredes celulares (Tan, B. L., & Norhaizan, M. E., 2019).

Todo lo descrito anteriormente e investigado, respecto a los polifenoles, flavonoides y carotenoides extraídos de subproductos de la uva, cebolla, manzana y zanahoria, evidencian el gran potencial uso para alimentos funcionales, ya que aportan importantes beneficios para la salud, al consumirlos en la dieta. Estos extractos se pueden utilizar ya sea para fortificar un alimento, enriquecer o mejorar, con el fin de que cumplan una función específica.

En Chile, existe un gran potencial para utilizar estos subproductos de la agroindustria, que no sea para alimentación animal, compostaje, biogás o energía térmica, sino más bien, como uso para alimentos funcionales. Sin duda, para hablar con propiedad de los AF en Chile es necesario establecer con claridad los criterios mínimos de aplicación de esta terminología en el RSA, lo cual favorecerá a todos los interesados: los consumidores, los empresarios y los legisladores, con el apoyo de los centros de investigación de alimentos que cuentan con las capacidades para validar las propiedades declaradas en los mensajes saludables.

5.3. Métodos de extracción de compuestos bioactivos

Existen diversos métodos de extracción de compuestos bioactivos, algunos considerados como métodos convencionales y otros no convencionales. Los primeros se basan en el uso de diferentes solventes, aplicación de temperaturas y/o agitación, como la extracción Soxhlet. En los no convencionales se habla del uso de extracción asistida por microondas y ultrasonido, también el uso de fluidos supercríticos, entre otros (Vega-Arroy, D. J., et al., 2017).

Algunas de las razones por el cual se ha investigado e innovado en el área de nuevas tecnologías no convencionales, es la creciente preocupación por el cuidado del medio ambiente, ya que por un lado las tecnologías de extracción convencionales como las extracciones con solvente en el proceso son grandes gastadores de energía, agua y/o solventes derivados del petróleo, son procesos demorosos y, además, generan una cantidad grande de residuos que no siempre pueden volver a utilizarse. Otras de las razones es que económicamente no son tan rentables (Strieder, M. M., et al., 2019). Azmir, J., et al. (2013) indica que los métodos no convencionales son más respetuosos con el medio ambiente debido a la disminución del uso de productos químicos sintéticos y orgánicos, la reducción del tiempo operativo y un mejor rendimiento y calidad del extracto. Dentro de los artículos de investigación recopilados, las tecnologías de extracción consolidadas se visualizan en la [Figura 24](#).



Figura 24. Técnicas de extracción de compuestos bioactivos en subproductos. Valor numérico se asocia a la cantidad de reportes por técnica de extracción. Escala de color por defecto del programa. Gráfico Treemap. Creado con Carrot Search. (Elaboración propia, 2022).

Extracción por solvente, Extracción por líquidos presurizados, Extracción asistida por ultrasonido, Extracción de fluidos supercríticos y Extracción por CO₂ supercrítico son los cinco tipos de extracciones de mayor relevancia para compuestos bioactivos. Característicamente, los compuestos bioactivos permanecen junto con otros compuestos presentes en las plantas. Se pueden identificar y caracterizar a partir de diversas partes de la planta, como hojas, tallos, flores y frutos, los cuales para esta investigación se enfoca en matrices descartadas durante el procesamiento para rescatar al máximo todo lo que pueda volver a tener otro uso u oportunidad.

Las eficiencias de los métodos de extracción convencionales y no convencionales dependen principalmente de los parámetros críticos de entrada, comprender la naturaleza de la matriz vegetal, comprender la química de los compuestos bioactivos y experiencia científica (Azmir, J., et al., 2013).

5.3.1. Extracción por solvente (Soxhlet)

Franz Ritter Von Soxhlet (1879) fue un químico alemán que propuso por primera vez este método de extracción. Fue diseñado principalmente para la extracción de lípidos, pero ahora no se limita solo a esto. La extracción Soxhlet se ha utilizado ampliamente para extraer valiosos compuestos bioactivos de diversas fuentes naturales y siendo una metodología convencional, actualmente se ha utilizado mucho como modelo de comparación de nuevas metodologías de extracción no convencionales (Azmir, J., et al., 2013). En el caso de los polifenoles, carotenoides (terpenoides) y flavonoides, se pueden utilizar diferentes solventes para su extracción en fuentes de materias sólidas, como es el caso del etanol el cual se puede utilizar para los tres tipos de compuestos bioactivos (Figura 25).

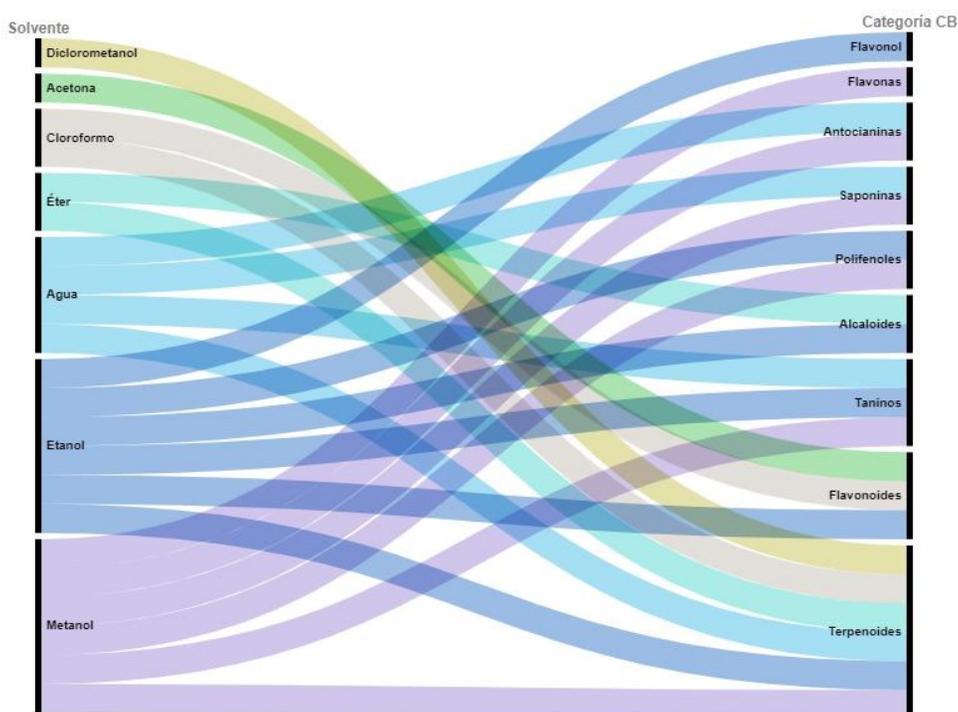


Figura 25. Ejemplo de algunos compuestos bioactivos extraídos por diferentes disolventes. Gráfico Aluvial.

Creado con Rawgraphs (Elaboración propia con información de: Azmir, J., et al., 2013; Pintać, D., et al., 2018; Mallek-Ayadi, S., Bahloul, N., & Kechaou, N., 2017).

El método Soxhlet es una técnica de extracción utilizada para extraer compuestos orgánicos volátiles o no volátiles de un sólido (Figura 26). El proceso generalmente incluye los siguientes pasos para su funcionamiento: **(i)** Tomar una muestra del sólido y molerla o triturarla para aumentar su superficie de contacto con el solvente. **(ii)** Colocar la muestra en

un soxhlet, que es un dispositivo de extracción compuesto por un recipiente para el sólido, un vaso para el solvente y un condensador. **(iii)** Añadir el solvente al vaso y encender un calentador para calentar el solvente y hacerlo evaporar. **(iv)** El solvente vaporizado se condensa en el condensador/refrigerante y cae de nuevo al vaso, arrastrando los compuestos orgánicos de la muestra. **(v)** Este proceso se repite varias veces hasta que se extraen la mayor cantidad posible de compuestos orgánicos de la muestra.

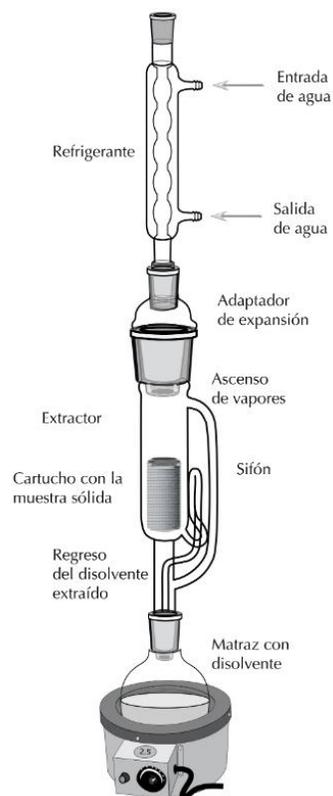


Figura 26. Equipo de extracción Soxhlet (De Química, 2022).

Es importante seleccionar el solvente adecuado para extraer los compuestos deseados y también tener en cuenta el punto de ebullición del solvente y la muestra, para evitar la degradación o pérdida de los compuestos durante el proceso. Además, es importante llevar un registro de los tiempos y las condiciones de extracción para poder comparar y evaluar la eficacia del proceso (Ray, A., et al., 2023). Los organismos reguladores definen un límite de disolventes residuales para los extractos como, por ejemplo, la FDA de los Estados Unidos clasifica los disolventes residuales como: **(i)** clase 1: disolventes que deben evitarse; **(ii)** clase 2: limitados debido a la toxicidad inherente; **(iii)** clase 3: menos tóxicos y que deben estar

limitados por GMP u otros requisitos basados en la calidad. Los disolventes más adecuados para la extracción de componentes para aplicaciones alimentarias y farmacéuticas se clasifican en la clase 3 (FDA, 2020).

Subproductos de espino cerval de mar se extrajeron por extracción sólido-líquido convencional utilizando metanol al 80%. El rendimiento por medio de esta técnica fue mayor que la extracción asistida por microondas (MAE), pero la calidad del extracto en cuanto a rendimiento de polifenoles fue mucho menor (Périno-Issartier, S., Abert-Vian, M., & Chemat, F., 2011). Tarazona-Díaz, M. P. (2011), Périno-Issartier, S. (2011), Da Silva, L. M. R. (2014), Bobinaité, R. (2015), de los Ángeles Fernández, M. (2018), y Pintać, D. (2018) utilizan esta técnica de extracción convencional en fuentes de alimentos de: piña, guayaba, cereza, mango, tamarindo, maracuyá, arándano, cebolla, oliva, tomate y pera. La extracción se realizó en los subproductos generados de estas fuentes de alimentos, las cuales corresponden a: cáscaras, restos de pulpa, semillas, orujo/bagazo y piel. La aplicación de Soxhlet se realizó principalmente como método comparativo de las tecnologías no convencionales. Resultaron que, en mayor parte se pueden obtener mejores rendimientos de la extracción total, pero el contenido de compuestos fenólicos, antocianinas, flavonoides, licopeno, resveratrol, quercetina, citrulina y otros, es menor para este tipo de extracción comparada con EAU o MAE.

5.3.2. Extracción asistida por ultrasonido (EAU)

El método de extracción asistida por ultrasonido es una técnica que utiliza ondas de ultrasonido para aumentar la eficiencia de la extracción de compuestos orgánicos o inorgánicos de una muestra botánica. La idea detrás de este método es que las ondas de ultrasonido generan una energía mecánica en forma de microondas que provocan la vibración de las moléculas de la muestra, lo que aumenta la superficie de contacto entre el solvente y la muestra y acelera el proceso de extracción. El proceso generalmente incluye los siguientes pasos: **(i)** Tomar una muestra del sólido o líquido y triturarlo o molerlo para aumentar su superficie de contacto con el solvente. **(ii)** Colocar la muestra y el solvente en un recipiente de extracción y conectarlo a una fuente de ultrasonido. **(iii)** Encender la fuente de ultrasonido para generar ondas de ultrasonido y aplicarlas al recipiente de extracción. **(iv)** Dejar que el

proceso continúe durante un tiempo determinado, generalmente varios minutos a varias horas. (v) Filtrar o separar el solvente y la muestra para recolectar el extracto.

En la [Figura 27](#) se puede visualizar un equipo de ultrasonido para compuestos bioactivos. Al igual que el método de extracción Soxhlet, es importante seleccionar el solvente adecuado para extraer los compuestos deseados y también tener en cuenta el punto de ebullición del solvente y la muestra, para evitar la degradación o pérdida de los compuestos durante el proceso. También es importante llevar un registro de los tiempos y las condiciones de extracción para poder comparar y evaluar la eficacia del proceso.



Figura 27. Extracción ultrasónica de productos botánicos con ultrasonido (Hielscher Ultrasonic, s.f).

Roseiro, L. B. (2013) realiza una extracción asistida por ultrasonido a la pulpa de algarroba (*Ceratonia siliqua L.*) con dos sistemas de solventes diferentes (100% H_2O U_{H_2O} y 70% acetona acuosa $U_{70\%}$), con el fin de obtener extractos ricos en fenólicos con actividades biológicas. Los resultados dieron que $U_{70\%}$ obtuvo un mayor rendimiento de compuestos fenólicos siendo identificados el ácido gálico que estuvo en mayor concentración y el kaempferol. Odabas y Koca (2016) mediante el método de superficie de respuesta optimizaron las condiciones aplicadas en la EAU, resultando que el proceso óptimo es a 45 min con 67% de etanol para la extracción de compuestos fenólicos en pieles de avellana. El extracto obtenido resultó que mediante esta tecnología los compuestos fenólicos totales y la actividad antioxidante EAU en condiciones óptimas fueron superiores a otros métodos

comparados en el estudio. Las antocianinas y los compuestos fenólicos se extrajeron de la cáscara de uva utilizando EAU y el proceso de extracción se optimizó con referencia al disolvente, la temperatura y el tiempo de extracción (Ghafoor et al., 2011). La frecuencia de los EAU para compuestos bioactivos se encuentra en el rango de 20-40 kHz (Kumar, K., Srivastav, S., & Sharanagat, V. S., 2021). Las condiciones de extracción para EAU en residuos de palta Hass (*Persea americana*) (Becerra Campos, G. B., & Monzón Contreras, L., 2019) como la cáscara fueron de 49% de concentración de solvente (etanol-agua), tiempo de 62 min y temperatura de 51 °C; obteniéndose 123.623 mgGAE/g de compuestos fenólicos. Para la semilla las condiciones óptimas fueron 41% de concentración de solvente (etanol-agua), tiempo de 66 min y temperatura de 46 °C, obteniéndose 145.221 mgGAE/g de compuestos fenólicos.

En comparación con los métodos tradicionales, el método de extracción asistida por ultrasonido puede ser más rápido y eficiente, ya que se aprovecha la energía mecánica para aumentar la velocidad y la cantidad de compuestos extraídos. Sin embargo, también existen algunas limitaciones en cuanto a su aplicabilidad, ya que no es recomendado para todas las muestras o compuestos.

5.3.3. Extracción de Fluidos Supercríticos (EFSC)

Las técnicas de extracción de fluidos supercríticos (EFSC) son metodologías verdes alternativas a las convencionales, como el método Soxhlet, que han sido bastante estudiadas en los últimos años (Cerón-Martínez, L. J., et al., 2021; Sarkar, R., et al., 2022). Es un proceso de separación de componentes de una mezcla utilizando un solvente en estado supercrítico. Un solvente supercrítico se encuentra en un estado en el que se comporta como un gas y un líquido al mismo tiempo, y tiene una densidad, viscosidad y capacidad de disolución que varían dependiendo de la temperatura y la presión. El proceso básicamente consiste en que la mezcla se coloca en un recipiente a alta presión y temperatura, donde el solvente supercrítico se utiliza para separar los componentes deseados. El solvente supercrítico es capaz de disolver selectivamente los componentes de la mezcla, permitiendo así la separación de los mismos (Ray, A., et al., 2023). La [Figura 28](#) muestra una representación gráfica de un esquema a utilizar en la extracción de CB de descartes de frutas. Los implementos básicos a

utilizar son: un gas como CO₂, un enfriador, bomba, válvula de entrada y de salida, horno de extracción en el cual se encuentra una columna de separación y un vaso recolector de los extractos.

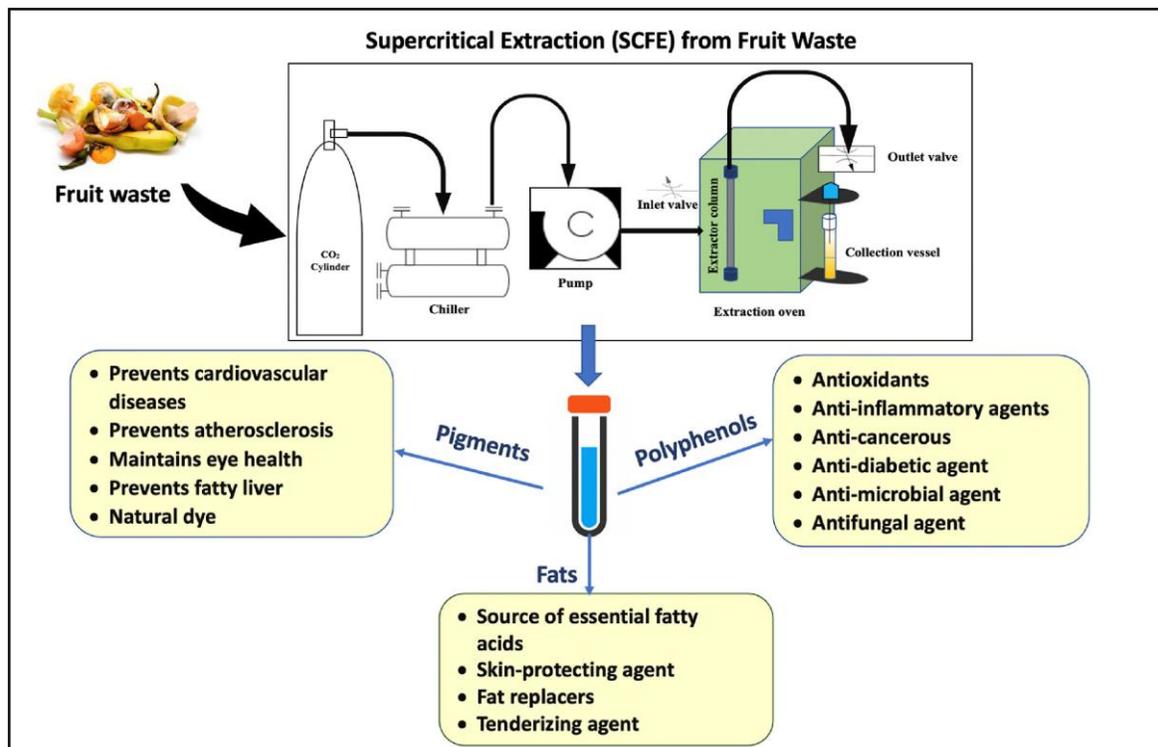


Figura 28. Representación esquemática que indica la extracción de fluidos supercríticos (SCFE) de CB a partir de residuos de fruta y su funcionalidad representativa (Extraído de: Ray, A., et al., 2023).

García-Mendoza (2015) extrajo a partir de la cáscara de mango carotenoides, compuestos fenólicos y flavonoides. Los parámetros que utilizó fueron a 30 MPa, 40 °C, muestra con baja humedad (liofilizada) y 1,1 L/min de CO₂ como gas para la extracción. Los resultados demostraron que el valor de contenido total de carotenoides depende del solvente, siendo alto en esta extracción con $5.604,61 \pm 0,51 \mu\text{g } \beta\text{-caroteno/g db}$. Por otra parte, Odabaş y Koca (2016) también realizaron una investigación utilizando CO₂ supercrítico para extraer compuestos fenólicos de la piel de las avellanas, donde sus condiciones óptimas fueron: 45 °C, 60 min y 10,7 bar de presión. Esta técnica comparada con método convencional de maceración presentó mayor eficiencia para la extracción de compuestos fenólicos de la piel de avellana, sin embargo, cabe mencionar que la técnica EAU es aquella que destaca en extraer más eficientemente estos compuestos analizadas en el mismo estudio.

La ventaja de usar esta tecnología es que es ecológica y amigable con el medio ambiente en comparación con los métodos tradicionales de extracción, ya que utiliza solventes no tóxicos y no deja residuos tóxicos (Ray, A., et al., 2023).

5.4. Marco legislativo

Políticas, leyes, cultura, medio ambiente, sociedad... son factores importantes que se deben considerar al momento de generar un marco legal de cualquier índole que, llevado a este caso en particular, se abarca respecto a los llamados alimentos funcionales. El marco actual para el desarrollo de alimentos funcionales es diverso en los diferentes países, influyendo (y en algunos casos restringiendo) en gran medida las políticas de innovación de las empresas alimentarias (Villaño, D., et al., 2022).

Al pasar de los años, la tasa de crecimiento de la población mundial ha ido en decrecimiento ([Anexos 6](#)), sin embargo, se pronostica que al año 2050 la población será alrededor de 9.700 millones, considerando una edad media de 36 años (actualmente de 31 años) y una mayor concentración de adultos mayores (United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, 2022). Uno de los problemas de tener este tipo de población mayor es que llegará un punto en que los sistemas de salud pública tendrán una carga económica importante, a la par de toda la crisis económica global que se está viviendo. Tomar decisiones como elaborar normativas que legalicen, estandaricen y validen a través de pruebas científicas el uso de alimentos funcionales, hacen atractiva la idea de que el consumo de ciertos alimentos puede ayudar a mejorar el estado de bienestar y reducir el riesgo de enfermedades, resultando una solución sostenible.

El concepto de alimentos funcionales surgió en Japón, ganando relevancia también en otras regiones del mundo como: Estados Unidos, Canadá y Europa. En nuestro país cada vez más se va dando conocimiento e investigación sobre estos tipos de alimentos, pero a pesar de sus beneficios, se encuentran a la espera de una modificación del Reglamento Sanitario de los Alimentos para su identificación comercial, y con ello, incentivar y promover que el consumidor pueda seleccionar alimentos más saludables (Villaño, D., et al., 2022).

5.4.1. Unión Europea

En Europa, la Comisión Europea se encargó de evidenciar científicamente toda información que respalde los conceptos de alimentos funcionales, por medio de proyectos financiados coordinados por el ILSI europeo, en los que participaron científicos en ciencia de los alimentos y nutrición, e industrias de alimentos relevantes. El marco legal para los alimentos funcionales en la Unión Europea se basa en la regulación del etiquetado, publicidad y composición de los alimentos. En particular, los alimentos funcionales son regulados por la regulación (UE) n.º 1924/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre los alimentos promocionales, y la regulación (UE) n.º 1169/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre la información alimentaria facilitada al consumidor.

La regulación (UE) n.º 1924/2006 establece las reglas para la promoción de los alimentos y las restricciones en el uso de ciertos términos y declaraciones en el etiquetado y la publicidad de los alimentos (Parlamento Europeo y Consejo, 2006). Por otro lado, la regulación (UE) n.º 1169/2011 establece las obligaciones de los operadores en relación con la información alimentaria facilitada al consumidor, incluyendo la información nutricional y de seguridad en el etiquetado de los alimentos (Parlamento Europeo y Consejo, 2011).

El objetivo principal del Reglamento (CE) N° 1924/2006 es garantizar que la información sobre las propiedades saludables de los alimentos que se proporciona al consumidor sea precisa y no engañosa. Algunos de los puntos más importantes del reglamento incluyen:

- a. **Requisitos para las declaraciones nutricionales y de salud:** se establecen normas para que los fabricantes de alimentos puedan hacer declaraciones nutricionales y de salud en sus etiquetas y publicidad.
- b. **Autorización y evaluación de declaraciones de salud:** se establecen normas para la autorización y evaluación de las declaraciones de salud previamente no utilizadas.
- c. **Uso de nutrientes y sustancias relacionadas con la salud:** se establecen condiciones para el uso de nutrientes y sustancias relacionadas con la salud en los alimentos.
- d. **Prohibición de declaraciones engañosas:** se prohíbe utilizar declaraciones engañosas o ambiguas sobre las propiedades saludables de los alimentos.

- e. **Responsabilidad del fabricante:** El fabricante es responsable de garantizar que las declaraciones de salud de sus productos cumplen con el reglamento.
- f. **Información al consumidor:** El reglamento establece la necesidad de que la información sobre las propiedades saludables de los alimentos esté disponible para el consumidor de manera clara e informativa.

Además, define tres tipos de declaraciones: declaración nutricional, declaración de propiedades saludables y declaración de reducción del riesgo de enfermedad.

- **Declaración nutricional:** Estas son declaraciones que se refieren a la cantidad de nutrientes específicos en un alimento, como la cantidad de proteínas, grasas o carbohidratos (Capítulo III del reglamento).
- **Declaración de propiedades saludables:** se refiere a cualquier declaración que afirme, implique o sugiera que existe una relación entre un alimento o uno de sus componentes y la salud (Capítulo IV del reglamento).
- **Declaración de reducción del riesgo de enfermedad:** es una afirmación o afirmaciones en un envase o etiqueta de un alimento que indica cómo el consumo de ese alimento puede contribuir a reducir el riesgo de desarrollar una enfermedad específica. Estas declaraciones deben basarse en una evaluación científica de la evidencia disponible y deben cumplir con los requisitos establecidos en el Reglamento para ser consideradas legales (Capítulo IV art. 14 del reglamento).

Estas declaraciones deben ser precisas, no engañosas, no crear confusión en el consumidor, no ser exageradas, y no sugerir que el alimento es un sustituto de un estilo de vida saludable o de un tratamiento médico. También deben estar autorizadas previamente por la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) y llevar una frase de referencia a la enfermedad o al riesgo de enfermedad, y deben incluir una información complementaria necesaria para una comprensión completa y correcta de la declaración. En [Anexos 7](#) se muestran estas declaraciones nutricionales, así como las condiciones de uso.

5.4.2. Japón

En Japón, los alimentos con Funciones Oficialmente Reconocidas para la Salud (FOSHU) están regulados por el Ministerio de Agricultura, Silvicultura y Pesca (MAFF) y el Ministerio de Salud, Trabajo y Bienestar (MHLW) bajo la Ley de Alimentos Sanos y Seguros. Los alimentos FOSHU son aquellos que han sido reconocidos oficialmente por estos Ministerios como tener un efecto beneficioso en la salud humana, y han cumplido con los requisitos de seguridad y eficacia establecidos por la ley, basados en evidencia científica.

Para obtener el reconocimiento FOSHU, los fabricantes deben presentar pruebas científicas que demuestren los efectos beneficiosos del producto y pasar por un proceso de evaluación y aprobación. Los productos que han obtenido el reconocimiento FOSHU pueden llevar el sello de "Alimento con Funciones Oficialmente Reconocidas para la Salud" en su etiquetado ([Anexos 1](#)). Además, el MAFF y el MHLW tienen la autoridad para regular y supervisar la producción y venta de estos productos (Ministry of Health, Labour and Welfare, s.f.).

Se describen cinco requisitos para la aprobación de los productos FOSHU, los cuales son: **(i)** La eficacia en el cuerpo humano está claramente probada. **(ii)** Ausencia de problemas de seguridad (pruebas de toxicidad en animales, confirmación de efectos en casos de ingesta excesiva, etc. **(iii)** Uso de ingredientes nutricionalmente apropiados (por ejemplo, sin uso excesivo de sal, etc.). **(iv)** Garantía de compatibilidad con las especificaciones del producto en el momento del consumo. **(v)** Métodos de control de calidad establecidos, como especificaciones de productos e ingredientes, procesos y métodos de análisis.

Además de la clasificación FOSHU tipo "regular", se introdujeron al sistema para facilitar a los solicitantes de aprobación FOSHU, dos tipos de clasificación (Ministry of Health, Labour and Welfare, s.f.):

- **FOSHU calificado:** Los alimentos con función de salud que no están respaldados por evidencia científica que cumpla con el nivel de FOSHU, o un alimento con cierta efectividad, pero sin un mecanismo establecido del elemento efectivo para la función serán aprobados como FOSHU calificados.

- **FOSHU estandarizado:** Se establecen estándares y especificaciones para alimentos con suficientes aprobaciones de FOSHU y acumulación de evidencia científica. Los FOSHU estandarizados se aprueban cuando cumplen con los estándares y especificaciones.
- **Reducción del riesgo de enfermedad FOSHU:** La declaración de reducción del riesgo de enfermedad está permitida cuando la reducción del riesgo de enfermedad está clínica y nutricionalmente establecida en un ingrediente. Para este tipo se aprueban algunas afirmaciones de reducción del riesgo de enfermedad, como "calcio y osteoporosis" y "ácido fólico y defecto del tubo neural".

En [Anexos 8](#) se encuentra una recopilación de algunos productos FOSHU aprobados de acuerdo a lo informado en el Ministerio de Salud, Trabajo y Bienestar.

5.4.3. Chile

La declaración de propiedades saludables utilizadas en los alimentos, están reguladas en el Reglamento Sanitario de los Alimentos (RSA) y en la Resolución que lo complementa, N°764 de 2009 con sus actualizaciones. Existen 18 declaraciones de propiedades saludables permitidas en Chile, su uso es voluntario y para cada una existen requisitos obligatorios que los alimentos deben cumplir. Sin embargo, la legislación chilena no ha incorporado la definición de AF en el RSA, pese a que existe un acuerdo extendido entre la mayoría de los países y grupos de países en cuanto a las características que estos productos deben presentar (MINSAL, s.f.)

Cada vez más las industrias de investigación en alimentos como es el caso del CETA (Centro Tecnológico para la Innovación en Alimentos), INTA (Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos), CREAS (Centro Regional de Estudios en Alimentos Saludables) y ACHIPIA (Agencia Chilena para la Calidad e Inocuidad Alimentaria) se encuentran a la vanguardia y han ido informando por medio de diferentes medios como: entrevistas, noticias, webinar cuál es su opinión al respecto sobre los AF. El director del CREAS Alejandro Osses, cree que una de las tareas que el país enfrenta es la falta de capacidades tecnológicas de extracción de ingredientes funcionales a nivel industrial. *“A nivel de laboratorio es mucho más fácil y en la mayoría de las universidades se pueden generar extracciones, pero esto*

debe ser a nivel industrial”, recalca en un reportaje realizado por ACHIPIA. Este tema tiene a Chile exportando maqui a Alemania, por ejemplo, donde se extraen sus elementos antioxidantes y se convierten en alimentos funcionales. El país podría, a juicio de Osses, procesar la fruta localmente y agregarle valor. *“Naciones como Holanda o Bélgica, que son muy pequeñas, compran materias primas de diferentes partes del mundo y venden ingredientes de primer nivel”*, ejemplifica. Por eso, el gran desafío del país apunta a posicionar a Chile en el mercado mundial, pero agregando valor a los productos (ACHIPIA, 2018).

En 2018 se formó la Comisión Científica en Alimentos Funcionales (CCAF) que tiene como objetivos analizar información existente a nivel nacional e internacional respecto a alimentos funcionales, aportar antecedentes técnicos para la conformación del estudio y realizar seguimiento al desarrollo del estudio propuesto. Con esto se busca asesorar a ACHIPIA en cuanto al levantamiento de brechas y perspectivas futuras en la materia, además de los parámetros a los cuales Chile debe responder (Universidad de Chile, 2018).

En esta comisión participa un grupo importante de profesionales del área en cuestión (AF) quienes se enfocarán en investigar respecto a: **(i)** El listado y caracterización de las necesidades analíticas que tiene la industria de alimentos funcionales. **(ii)** El listado y caracterización de las capacidades analíticas que poseen los laboratorios en Chile para determinar y cuantificar los elementos relacionados a alimentos funcionales. **(iii)** Un análisis de las brechas existentes en función de los listados anteriores. **(iv)** Un catastro con las capacidades de realización de estudios clínicos y de biodisponibilidad para alimentos funcionales a nivel nacional. **(v)** Capacidades en la Red Científica en alimentos funcionales y otras capacidades que no existan en la citada red a nivel del país. **(vi)** Listado de los principales "componentes activos" que se están desarrollando para la elaboración de alimentos funcionales a nivel nacional. **(vii)** Identificación de los laboratorios especializados a nivel internacional. **(viii)** Resumen de la parte normativa de USA y de la UE en el tema.

Cabe mencionar que a la fecha no se ha registrado un acta con los avances reportados por la Comisión Científica en Alimentos Funcionales.

6. Conclusiones

Este trabajo presentó una mirada general de compuestos bioactivos extraídos de descartes agroindustriales (subproductos) como potencial uso en AF. Se evidenció la amplia y variada información que se encuentra en la literatura científica a nivel de fuentes de alimentos, tipos de subproductos, técnicas de extracción, tipos de compuestos bioactivos y los efectos relacionados a la salud que generan su consumo. Además, se analizó la legislación existente respecto a los alimentos funcionales en Europa, Japón y la situación en Chile.

En la investigación, las mayores fuentes de subproductos analizadas fueron cáscaras, semillas y piel, respectivamente, provenientes de la uva, cebolla, manzana y zanahoria. De estas matrices los compuestos bioactivos mayoritarios correspondieron a: polifenoles, carotenoides y flavonoides.

En cuanto a las tecnologías de extracción, la extracción con solvente (tecnología convencional) fue la más reportada con un 44% del total, seguida de la extracción por líquidos presurizados (8%) y la extracción asistida por ultrasonido (6%). Cabe mencionar que es una tarea desafiante la extracción o recuperación eficiente y máxima de diversos subproductos de valor agregado, sin que pierdan su estabilidad a través de técnicas apropiadas y ecológicas.

El marco legal para los alimentos funcionales en la Unión Europea y Japón tomó forma, siendo ya implementada en cada país. La elaboración y comercialización de estos productos se enfoca en garantizar la seguridad alimentaria y en proporcionar información transparente y precisa a los consumidores sobre los productos alimenticios.

En Chile, no existe una reglamentación para los AF, sin embargo, a medida que las empresas de alimentos aumentan sus producciones y a su vez aumenta la generación de residuos, es importante que nos dejemos de preocupar sobre el problema que conlleva esto, sino más bien, empecemos a ocuparnos como país, aprovechando las herramientas de investigaciones que tenemos, con evidencias científicas, claras, validadas, reales, para ser potencia alimentaria elaborando productos (AF) valorizados de descartes agroalimentarios, que prometen ser seguros y beneficiosos para la salud.

7. Perspectivas para el futuro

La expectativa de este trabajo es poder ofrecer a futuras investigaciones la consolidación, el análisis y la evaluación de información científica sobre la existencia de compuestos bioactivos que se encuentran en descartes de la agroindustria. La generación de una base de datos es una herramienta útil para poder seleccionar y filtrar de manera más fácil y práctica la información que se desea buscar. También será una herramienta de inicio para nuevos investigadores que tengan interés en estudiar fuentes de subproductos, compuestos bioactivos, beneficios a la salud y técnicas de extracción, para valorizar estos descartes en AF, debido a que se ofrece información fundamental básica y robusta plasmada de forma sistemática y esquemática para facilitar los análisis, interpretaciones y evaluaciones.

8. Bibliografía

- ACHIPIA. (2018). Reportaje: Ingredientes funcionales, la apuesta por la alimentación saludable. Recuperado de <http://redcientifica.achipia.gov.cl/contenido/>
- Anal, A. K. (2017). Food Processing By-Products and their Utilization: Introduction. *Food Processing By-Products and their Utilization*, 1-10. <https://doi.org/10.1002/9781118432921.ch1>
- Arshad, M. S., Khalid, W., Ahmad, R. S., Khan, M. K., Ahmad, M. H., Safdar, S., & Suleria, H. A. R. (2021). Functional Foods and Human Health: An Overview. *Func. Foods-Phytochem. Health Promoting Potential*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.99000>
- Arya, S. S., Salve, A. R., & Chauhan, S. (2016). Peanuts as functional food: a review. *Journal of food science and technology*, 53(1), 31-41. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1007/s13197-015-2007-9>
- Azmir, J., Zaidul, I. S. M., Rahman, M. M., Sharif, K. M., Mohamed, A., Sahena, F., ... & Omar, A. K. M. (2013). Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review. *Journal of food engineering*, 117(4), 426-436. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.01.014>
- Babaei, F., Mirzababaei, M., & Nassiri-Asl, M. (2018). Quercetin in food: possible mechanisms of its effect on memory. *Journal of food science*, 83(9), 2280-2287. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14317>
- Baenas, N., Belović, M., Ilic, N., Moreno, D. A., & García-Viguera, C. (2019). Industrial use of pepper (*Capsicum annum* L.) derived products: Technological benefits and biological advantages. *Food chemistry*, 274, 872-885. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1016/j.foodchem.2018.09.047>
- Barba, F. J., Parniakov, O., Pereira, S. A., Wiktor, A., Grimi, N., Boussetta, N., ... & Vorobiev, E. (2015). Current applications and new opportunities for the use of pulsed electric fields in food science and industry. *Food Research International*, 77, 773-798. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1016/j.foodres.2015.09.015>
- Barba, F. J., Zhu, Z., Koubaa, M., Sant'Ana, A. S., & Orlie, V. (2016). Green alternative methods for the extraction of antioxidant bioactive compounds from winery wastes and by-products: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 49, 96-109. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1016/j.tifs.2016.01.006>
- Becerra Campos, G. B., & Monzón Contreras, L. (2019). Optimización de la extracción de compuestos fenólicos asistida por ultrasonido en residuos de palta hass (persea americana). <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/3530>
- Bobinaite, R., Pataro, G., Lamanuskas, N., Šatkauskas, S., Viškelis, P., & Ferrari, G. (2015). Application of pulsed electric field in the production of juice and extraction of bioactive compounds from blueberry fruits and their by-products. *Journal of food science and technology*, 52(9), 5898-5905. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1007/s13197-014-1668-0>
- Brandolini, A., & Hidalgo, A. (2012). Wheat germ: not only a by-product. *International journal of food sciences and nutrition*, 63(sup1), 71-74. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.3109/09637486.2011.633898>
- Brandwatch. (2021). Tendencias sobre los consumidores 2022. Informe. Brandwatch Consumer Research. <https://www.brandwatch.com/es/reports/tendencias-consumidor-2022/view/>
- Bruneel, C., Lemahieu, C., Fraeye, I., Ryckebosch, E., Muylaert, K., Buyse, J., & Foubert, I. (2013). Impact of microalgal feed supplementation on omega-3 fatty acid enrichment of hen eggs. *Journal of functional foods*, 5(2), 897-904. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2013.01.039>

- Campone, L., Celano, R., Piccinelli, A. L., Pagano, I., Carabetta, S., Di Sanzo, R., ... & Rastrelli, L. (2018). Response surface methodology to optimize supercritical carbon dioxide/co-solvent extraction of brown onion skin by-product as source of nutraceutical compounds. *Food Chemistry*, 269, 495-502. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1016/j.foodchem.2018.07.042>
- Can-Cauich, C. A., Sauri-Duch, E., Betancur-Ancona, D., Chel-Guerrero, L., González-Aguilar, G. A., Cuevas-Glory, L. F., ... & Moo-Huchin, V. M. (2017). Tropical fruit peel powders as functional ingredients: Evaluation of their bioactive compounds and antioxidant activity. *Journal of functional foods*, 37, 501-506. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1016/j.jff.2017.08.028>
- Cerón-Martínez, L. J., Hurtado-Benavides, A. M., Ayala-Aponte, A., Serna-Cock, L., & Tirado, D. F. (2021). A pilot-scale supercritical carbon dioxide extraction to valorize Colombian mango seed kernel. *Molecules*, 26(8), 2279. <https://doi.org/10.3390/molecules26082279>
- Chávez-Quintal, P., González-Flores, T., Rodríguez-Buenfil, I., & Gallegos-Tintoré, S. (2011). Antifungal activity in ethanolic extracts of *Carica papaya* L. cv. Maradol leaves and seeds. *Indian journal of microbiology*, 51(1), 54-60. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1007/s12088-011-0086-5>
- Chile, & MINSAL. (1996). Reglamento Sanitario de los Alimentos - Decreto 977/1996. 182. http://web.minsal.cl/sites/default/files/files/DECRETO_977_96/actualizado_a_Enero_2015/.pdf
- Chowdhary, P., Gupta, A., Gnansounou, E., Pandey, A., & Chaturvedi, P. (2021). Current trends and possibilities for exploitation of Grape pomace as a potential source for value addition. *Environmental Pollution*, 278, 116796. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1016/j.envpol.2021.116796>
- Coelho, M., Pereira, R., Rodrigues, A. S., Teixeira, J. A., & Pintado, M. E. (2019). Extraction of tomato by-products' bioactive compounds using ohmic technology. *Food and Bioprocess Processing*, 117, 329-339. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1016/j.fbp.2019.08.005>
- Coman, V., Teleky, B. E., Mitrea, L., Martău, G. A., Szabo, K., Călinoiu, L. F., & Vodnar, D. C. (2020). Bioactive potential of fruit and vegetable wastes. *Advances in food and nutrition research*, 91, 157-225. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1016/bs.afnr.2019.07.001>
- Correia, R. T., Borges, K. C., Medeiros, M. F., & Genovese, M. I. (2012). Bioactive compounds and phenolic-linked functionality of powdered tropical fruit residues. *Food Science and Technology International*, 18(6), 539-547. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1177/1082013211433077>
- Costa, A. S., Alves, R. C., Vinha, A. F., Barreira, S. V., Nunes, M. A., Cunha, L. M., & Oliveira, M. B. P. (2014). Optimization of antioxidants extraction from coffee silverskin, a roasting by-product, having in view a sustainable process. *Industrial Crops and Products*, 53, 350-357. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1016/j.indcrop.2014.01.006>
- Crowe, K. M., & Francis, C. (2013). Position of the academy of nutrition and dietetics: functional foods. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 113(8), 1096-1103. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1016/j.jand.2013.06.002>
- Da Silva, L. M. R., De Figueiredo, E. A. T., Ricardo, N. M. P. S., Vieira, I. G. P., De Figueiredo, R. W., Brasil, I. M., & Gomes, C. L. (2014). Quantification of bioactive compounds in pulps and by-products of tropical fruits from Brazil. *Food chemistry*, 143, 398-404. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1016/j.foodchem.2013.08.001>
- de los Ángeles Fernández, M., Espino, M., Gomez, F. J., & Silva, M. F. (2018). Novel approaches mediated by tailor-made green solvents for the extraction of phenolic compounds from agro-food industrial by-products. *Food Chemistry*, 239, 671-678. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1016/j.foodchem.2017.06.150>

- De Química. (2022). Extracción sólido-líquido (Soxhlet). De Química. Recuperado de <https://www.dequimica.info/extraccion-solido-liquido/>
- Deepika, & Maurya, P. K. (2022). Health Benefits of Quercetin in Age-Related Diseases. *Molecules* (Basel, Switzerland), 27(8), 2498. <https://doi.org/10.3390/molecules27082498>
- DEIS. (2022). Defunciones por causa (actualización semanal). Departamento de Estadísticas de Información de Salud, Ministerio de Salud, Gobierno de Chile. https://repositoriodeis.minsal.cl/DatosAbiertos/VITALES/DEFUNCIONES_FUENTE_DEIS_2016_2022_1808202_2.zip
- Deloitte. (2021). Análisis - Preferencias y Tendencias del Consumo de Alimentos en Chile. Futuro de los Alimentos. Industria de Consumo. Deloitte. <https://www2.deloitte.com/cl/es/pages/consumer-business/articles/preferencias-y-tendencias-del-consumo-de-alimentos-en-chile.html>
- Estrada-Reyes, R., Ubaldo-Suárez, D., & Araujo-Escalona, A. G. (2012). Los flavonoides y el sistema nervioso central. *Salud mental*, 35(5), 375-384.
- European Commission. (2010). Functional foods. Directorate-General for Research and Innovation. Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2777/82512>
- European Commission. (2020). *Bioactive compounds | Knowledge for policy*. Knowledge4Policy. https://knowledge4policy.ec.europa.eu/glossary-item/bioactive-compounds_en
- FAO, FIDA, UNICEF, PMA y OMS. (2022). El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2022. Reutilizar las políticas alimentarias y agrícolas para hacer que las dietas saludables sean más asequibles. Roma, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0639en>
- FAO. (2019-a). El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Progresos en la lucha contra la pérdida y el desperdicio de alimentos. Roma. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO <https://www.fao.org/3/ca6030es/ca6030es.pdf#page=35>
- FAO. (2019-b). Plataforma técnica sobre la medición y la reducción de las pérdidas y el desperdicio de alimentos. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/platform-food-loss-waste/es/>
- FAO. (2022). Código de conducta voluntario para la reducción de las pérdidas y el desperdicio de alimentos. Roma. <https://doi.org/10.4060/cb9433es>
- FAO. (s. f.). Sustainable Development Goals. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/sustainable-development-goals/goals/goal-12/en/>
- FDA. (2020). Guidance for Industry - Q3C Impurities: Residual Solvents_2011. Food and Drug Administration <https://www.fda.gov/media/71736/download>
- Ferri, M., Vannini, M., Ehrnell, M., Eliasson, L., Xanthakis, E., Monari, S., ... & Tassoni, A. (2020). From winery waste to bioactive compounds and new polymeric biocomposites: A contribution to the circular economy concept. *Journal of advanced research*, 24, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2020.02.015>
- García-Lomillo, J., & González-SanJosé, M. L. (2017). Applications of wine pomace in the food industry: Approaches and functions. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 16(1), 3-22. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12238>

- García-Mendoza, M. P., Paula, J. T., Paviani, L. C., Cabral, F. A., & Martínez-Correa, H. A. (2015). Extracts from mango peel by-product obtained by supercritical CO₂ and pressurized solvent processes. *LWT-Food Science and Technology*, 62(1), 131-137. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1016/j.lwt.2015.01.026>
- Ghafoor, K., Hui, T., & Choi, Y. H. (2011). Optimization of ultrasonic-assisted extraction of total anthocyanins from grape peel using response surface methodology. *Journal of Food Biochemistry*, 35(3), 735-746. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4514.2010.00413.x>
- Gómez, M., & Martínez, M. M. (2018). Fruit and vegetable by-products as novel ingredients to improve the nutritional quality of baked goods. *Critical reviews in food science and nutrition*, 58(13), 2119-2135. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1080/10408398.2017.1305946>
- Greger, M., & Stone, G. (2015). *How Not to Die: Discover the Foods Scientifically Proven to Prevent and Reverse Disease* (1.^a ed.). Flatiron Books.
- Hemery, Y., Chaurand, M., Holopainen, U., Lampi, A. M., Lehtinen, P., Piironen, V., ... & Rouau, X. (2011). Potential of dry fractionation of wheat bran for the development of food ingredients, part I: Influence of ultra-fine grinding. *Journal of Cereal Science*, 53(1), 1-8. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1016/j.jcs.2010.09.005>
- Hernández-Carranza, P., Ávila-Sosa, R., Guerrero-Beltrán, J. A., Navarro-Cruz, A. R., Corona-Jiménez, E., & Ochoa-Velasco, C. E. (2016). Optimization of antioxidant compounds extraction from fruit by-products: Apple pomace, orange and banana peel. *Journal of food processing and preservation*, 40(1), 103-115. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1111/jfpp.12588>
- Herrera-Balandrano, D. D., Chai, Z., Beta, T., Feng, J., & Huang, W. (2021). Blueberry anthocyanins: An updated review on approaches to enhancing their bioavailability. *Trends in Food Science & Technology*, 118, 808-821. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1016/j.tifs.2021.11.006>
- Herrero, M., Castro-Puyana, M., Mendiola, J. A., & Ibañez, E. (2013). Compressed fluids for the extraction of bioactive compounds. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 43, 67-83. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1016/j.trac.2012.12.008>
- Herrero, M., Castro-Puyana, M., Mendiola, J. A., & Ibañez, E. (2013). Compressed fluids for the extraction of bioactive compounds. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 43, 67-83. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1016/j.trac.2012.12.008>
- Hielscher Ultrasonic. (s.f). *Ultrasonidos en la Industria Alimentaria*. Hielscher. Recuperado de https://www.hielscher.com/es/food_01.htm
- Hong, R. (2022). *Health Food Regulatory System in Japan*. ChemLinked. Recuperado de <https://food.chemlinked.com/foodpedia/health-food-regulatory-system-japan>
- INTA. (2021). *Polifenoles: Moléculas con beneficios para la salud asociadas al consumo de frutas y verduras*. Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos - Universidad de Chile. <https://inta.uchile.cl/noticias/191143/polifenoles-moleculas-con-beneficios-para-la-salud->
- Iwatani, S., & Yamamoto, N. (2019). Functional food products in Japan: A review. *Food Science and Human Wellness*, 8(2), 96-101. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2019.03.011>
- Jahurul, M. H. A., Zaidul, I. S. M., Ghafoor, K., Al-Juhaimi, F. Y., Nyam, K. L., Norulaini, N. A. N., ... & Omar, A. M. (2015). Mango (*Mangifera indica* L.) by-products and their valuable components: A review. *Food chemistry*, 183, 173-180. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1016/j.foodchem.2015.03.046>

- Johnston C. (2009). Functional Foods as Modifiers of Cardiovascular Disease. *American journal of lifestyle medicine*, 3(1 Suppl), 39S–43S. <https://doi.org/10.1177/1559827609332320>
- Kasprzak-Drozd, K., Oniszczyk, T., Stasiak, M., & Oniszczyk, A. (2021). Beneficial effects of phenolic compounds on gut microbiota and metabolic syndrome. *International journal of molecular sciences*, 22(7), 3715. <https://doi.org/10.3390/ijms22073715>
- Koubaa, M., Barba, F. J., Grimi, N., Mhemdi, H., Koubaa, W., Boussetta, N., & Vorobiev, E. (2016). Recovery of colorants from red prickly pear peels and pulps enhanced by pulsed electric field and ultrasound. *Innovative food science & emerging technologies*, 37, 336-344. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1016/j.ifset.2016.04.015>
- Kumar, K., Srivastav, S., & Sharanagat, V. S. (2021). Ultrasound assisted extraction (UAE) of bioactive compounds from fruit and vegetable processing by-products: A review. *Ultrasonics Sonochemistry*, 70, 105325. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105325>
- Lau, T. C., Chan, M. W., Tan, H. P., & Kwek, C. L. (2013). Functional food: a growing trend among the health conscious. *Asian Social Science*, 9(1), 198. <http://dx.doi.org/10.5539/ass.v9n1p198>
- Leão, D. P., Franca, A. S., Oliveira, L. S., Bastos, R., & Coimbra, M. A. (2017). Physicochemical characterization, antioxidant capacity, total phenolic and proanthocyanidin content of flours prepared from pequi (Caryocar brasiliense Camb.) fruit by-products. *Food Chemistry*, 225, 146-153. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1016/j.foodchem.2017.01.027>
- Lee, S. G., Parks, J. S., & Kang, H. W. (2017). Quercetin, a functional compound of onion peel, remodels white adipocytes to brown-like adipocytes. *The Journal of nutritional biochemistry*, 42, 62-71. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1016/j.jnutbio.2016.12.018>
- Liu, M., Zhang, L., Ser, S. L., Cumming, J. R., & Ku, K. M. (2018). Comparative phytonutrient analysis of broccoli by-products: The potentials for broccoli by-product utilization. *Molecules*, 23(4), 900. <https://doi.org/10.3390/molecules23040900>
- Lobine, D., Rengasamy, K. R., & Mahomoodally, M. F. (2021). Functional foods and bioactive ingredients harnessed from the ocean: Current status and future perspectives. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(21), 5794-5823. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1893643>
- Lucarini, M., Durazzo, A., Kiefer, J., Santini, A., Lombardi-Boccia, G., Souto, E. B., ... & Cecchini, F. (2019). Grape seeds: Chromatographic profile of fatty acids and phenolic compounds and qualitative analysis by FTIR-ATR spectroscopy. *Foods*, 9(1), 10. <https://doi.org/10.3390/foods9010010>
- Machado, A. P. D. F., Pasquel-Reátegui, J. L., Barbero, G. F., & Martínez, J. (2015). Pressurized liquid extraction of bioactive compounds from blackberry (*Rubus fruticosus* L.) residues: a comparison with conventional methods. *Food Research International*, 77, 675-683. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1016/j.foodres.2014.12.042>
- Mallek-Ayadi, S., Bahloul, N., & Kechaou, N. (2017). Characterization, phenolic compounds and functional properties of Cucumis melo L. peels. *Food chemistry*, 221, 1691-1697. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1016/j.foodchem.2016.10.117>
- Martirosyan, D. M., & Singharaj, B. (2016). Health claims and functional food: The future of functional foods under FDA and EFSA regulation. *Functional Foods for Chronic Diseases; Food Science Publisher: Dallas, TX, USA*, 410-424. <https://www.researchgate.net/profile/Danik-Martirosyan/publication/318102868>
- Mazza G. (2000). Alimentos funcionales: Aspectos bioquímicos y de procesado. Zaragoza, España: Acribia; 1998. Pp. 401 – 439.

- Mazzutti, S., Rodrigues, L. G. G., Mezzomo, N., Venturi, V., & Ferreira, S. R. S. (2018). Integrated green-based processes using supercritical CO₂ and pressurized ethanol applied to recover antioxidant compounds from cocoa (*Theobroma cacao*) bean hulls. *The Journal of Supercritical Fluids*, 135, 52-59. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1016/j.supflu.2017.12.039>
- McClements, D. J., Decker, E. A., Park, Y., & Weiss, J. (2009). Structural design principles for delivery of bioactive components in nutraceuticals and functional foods. *Critical reviews in food science and nutrition*, 49(6), 577-606. e: <https://doi.org/10.1080/10408390902841529>
- Melgar, B., Dias, M. I., Ciric, A., Sokovic, M., Garcia-Castello, E. M., Rodriguez-Lopez, A. D., ... & Ferreira, I. C. (2018). Bioactive characterization of *Persea americana* Mill. by-products: A rich source of inherent antioxidants. *Industrial Crops and Products*, 111, 212-218. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1016/j.indcrop.2017.10.024>
- Ministry of Health, Labour and Welfare (s.f.). Food with Health Claims, Food for Special Dietary Uses, and Nutrition Labeling - Food for Specified Health Uses (FOSHU). Recuperado de <https://www.mhlw.go.jp/english/topics/foodsafety/fhc/02.html>
- MINSAL. (s.f.). Consulta pública para la modificación de las Normas Técnicas sobre directrices nutricionales que indica, para la declaración de propiedades saludables de los alimentos. Recuperado de <https://www.minsal.cl/wp-content/>
- Monente, C., Bravo, J., Vitas, A. I., Arbillaga, L., De Peña, M. P., & Cid, C. (2015). Coffee and spent coffee extracts protect against cell mutagens and inhibit growth of food-borne pathogen microorganisms. *Journal of Functional Foods*, 12, 365-374. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1016/j.jff.2014.12.006>
- Monente, C., Bravo, J., Vitas, A. I., Arbillaga, L., De Peña, M. P., & Cid, C. (2015). Coffee and spent coffee extracts protect against cell mutagens and inhibit growth of food-borne pathogen microorganisms. *Journal of Functional Foods*, 12, 365-374. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1016/j.jff.2014.12.006>
- Morales, P., Ramírez-Moreno, E., de Cortes Sanchez-Mata, M., Carvalho, A. M., & Ferreira, I. C. (2012). Nutritional and antioxidant properties of pulp and seeds of two xocoonstle cultivars (*Opuntia joconostle* FAC Weber ex Duguet and *Opuntia matudae* Scheinvar) of high consumption in Mexico. *Food Research International*, 46(1), 279-285. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1016/j.foodres.2011.12.031>
- Munir, M. T., Kheirkhah, H., Baroutian, S., Quek, S. Y., & Young, B. R. (2018). Subcritical water extraction of bioactive compounds from waste onion skin. *Journal of Cleaner Production*, 183, 487-494. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.166>
- National Center for Biotechnology Information (2023). PubChem Compound Summary for CID 5280343, Quercetin. Retrieved January 29, 2023 from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Quercetin>
- Nunes, M. A., Costa, A. S., Bessada, S., Santos, J., Puga, H., Alves, R. C., ... & Oliveira, M. B. P. (2018). Olive pomace as a valuable source of bioactive compounds: A study regarding its lipid-and water-soluble components. *Science of the total environment*, 644, 229-236. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.350>
- Odabaş, H. İ., & Koca, I. (2016). Application of response surface methodology for optimizing the recovery of phenolic compounds from hazelnut skin using different extraction methods. *Industrial Crops and Products*, 91, 114-124. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1016/j.indcrop.2016.05.033>
- Oldoni, T. L., Melo, P. S., Massarioli, A. P., Moreno, I. A., Bezerra, R. M., Rosalen, P. L., ... & Alencar, S. M. (2016). Bioassay-guided isolation of proanthocyanidins with antioxidant activity from peanut (*Arachis hypogaea*) skin by combination of chromatography techniques. *Food Chemistry*, 192, 306-312. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1016/j.foodchem.2015.07.004>

- OMS. (2020). The top 10 causes of death. Organización Mundial de la Salud. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death>
- OMS. (2021). *Enfermedades no transmisibles*. Organización Mundial de la Salud. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases>
- Ono, M. & Ono, A. (2015). "Impacts of the FOSHU (Food for Specified Health Uses) system on food evaluations in Japan", *Journal of Consumer Marketing*, Vol. 32 No. 7, pp. 542-550. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1108/JCM-09-2014-1144>
- Orgil, O., Schwartz, E., Baruch, L., Matityahu, I., Mahajna, J., & Amir, R. (2014). The antioxidative and anti-proliferative potential of non-edible organs of the pomegranate fruit and tree. *LWT-Food Science and Technology*, 58(2), 571-577. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1016/j.lwt.2014.03.030>
- Padam, B. S., Tin, H. S., Chye, F. Y., & Abdullah, M. I. (2014). Banana by-products: an under-utilized renewable food biomass with great potential. *Journal of food science and technology*, 51(12), 3527-3545. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1007/s13197-012-0861-2>
- Pal, G. K., & Suresh, P. V. (2016). Sustainable valorisation of seafood by-products: Recovery of collagen and development of collagen-based novel functional food ingredients. *Innovative food science & emerging technologies*, 37, 201-215. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1016/j.ifset.2016.03.015>
- Parlamento Europeo y Consejo. (2006). Reglamento (CE) N° 1924/2006 relativo a las declaraciones nutricionales y de propiedades saludables en los alimentos [Reglamento]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:32006R1924&from=ES>
- Parlamento Europeo y Consejo. (2011). Reglamento (CE) N° 1169/2011 de la Comisión de 25 de octubre de 2011 sobre la información alimentaria facilitada al consumidor [Reglamento]. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:32011R1169&from=ES>
- Páscoa, R. N., Magalhães, L. M., & Lopes, J. A. (2013). FT-NIR spectroscopy as a tool for valorization of spent coffee grounds: Application to assessment of antioxidant properties. *Food research international*, 51(2), 579-586. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1016/j.foodres.2013.01.035>
- Périno-Issartier, S., Abert-Vian, M., & Chemat, F. (2011). Solvent free microwave-assisted extraction of antioxidants from sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides*) food by-products. *Food and Bioprocess Technology*, 4(6), 1020-1028. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1007/s11947-010-0438-x>
- Pintać, D., Majkić, T., Torović, L., Orčić, D., Beara, I., Simin, N., ... & Lesjak, M. (2018). Solvent selection for efficient extraction of bioactive compounds from grape pomace. *Industrial Crops and Products*, 111, 379-390. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1016/j.indcrop.2017.10.038>
- Ramić, M., Vidović, S., Zeković, Z., Vladić, J., Cvejin, A., & Pavlić, B. (2015). Modeling and optimization of ultrasound-assisted extraction of polyphenolic compounds from *Aronia melanocarpa* by-products from filter-tea factory. *Ultrasonics Sonochemistry*, 23, 360-368. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1016/j.ultsonch.2014.10.002>
- Ran, X. L., Zhang, M., Wang, Y., & Adhikari, B. (2019). Novel technologies applied for recovery and value addition of high value compounds from plant byproducts: A review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 59(3), 450-461. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1377149>
- Ray, A., Dubey, K. K., Marathe, S. J., & Singhal, R. (2023). Supercritical fluid extraction of bioactives from fruit waste and its therapeutic potential. *Food Bioscience*, 52, 102418. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1016/j.fbio.2023.102418>

- Riaz, A., Aadil, R. M., Amoussa, A. M. O., Bashari, M., Abid, M., & Hashim, M. M. (2021). Application of chitosan-based apple peel polyphenols edible coating on the preservation of strawberry (*Fragaria ananassa* cv Hongyan) fruit. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(1), e15018. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1111/jfpp.15018>
- Rodrigo, R., Miranda, A., & Vergara, L. (2011). Modulation of endogenous antioxidant system by wine polyphenols in human disease. *Clinica Chimica Acta*, 412(5-6), 410-424. <https://doi.org/10.1016/j.cca.2010.11.034>
- Rodríguez, K., Ah-Hen, K. S., Vega-Gálvez, A., Vásquez, V., Quispe-Fuentes, I., Rojas, P., & Lemus-Mondaca, R. (2016). Changes in bioactive components and antioxidant capacity of maqui, *Aristotelia chilensis* [Mol] Stuntz, berries during drying. *LWT-Food Science and Technology*, 65, 537-542. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1016/j.lwt.2015.08.050>
- Rodríguez, K., Ah-Hen, K., Vega-Gálvez, A., López, J., Quispe-Fuentes, I., Lemus-Mondaca, R., & Gálvez-Ranilla, L. (2014). Changes in bioactive compounds and antioxidant activity during convective drying of murta (*Ugni molinae* T.) berries. *International Journal of Food Science & Technology*, 49(4), 990-1000. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1111/ijfs.12392>
- Romani, A., Ieri, F., Urciuoli, S., Noce, A., Marrone, G., Nediani, C., & Bernini, R. (2019). Health effects of phenolic compounds found in extra-virgin olive oil, by-products, and leaf of *Olea europaea* L. *Nutrients*, 11(8), 1776. <https://doi.org/10.3390/nu11081776>
- Roseiro, L. B., Duarte, L. C., Oliveira, D. L., Roque, R., Bernardo-Gil, M. G., Martins, A. I., ... & Rauter, A. P. (2013). Supercritical, ultrasound and conventional extracts from carob (*Ceratonia siliqua* L.) biomass: Effect on the phenolic profile and antiproliferative activity. *Industrial Crops and Products*, 47, 132-138. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1016/j.indcrop.2013.02.026>
- Roselló-Soto, E., Galanakis, C. M., Brnčić, M., Orlien, V., Trujillo, F. J., Mawson, R., ... & Barba, F. J. (2015). Clean recovery of antioxidant compounds from plant foods, by-products and algae assisted by ultrasounds processing. Modeling approaches to optimize processing conditions. *Trends in Food Science & Technology*, 42(2), 134-149. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1016/j.tifs.2015.01.002>
- Sadohara, R., & Martirosyan, D. (2020). Functional Food Center's vision on functional food definition and science in comparison to FDA's health claim authorization and Japan's Foods for Specified Health Uses. *Functional Foods in Health and Disease*, 10(11), 465-481. <https://www.doi.org/10.31989/ffhd.v10i11.753>
- SAG. (2021). Informe final de la producción de vinos del 2021. Servicio Agrícola y Ganadero. Recuperado de https://www.sag.gob.cl/sites/default/files/informe_final_cosecha_2021.pdf
- Sagar, N. A., Pareek, S., Sharma, S., Yahia, E. M., & Lobo, M. G. (2018). Fruit and vegetable waste: Bioactive compounds, their extraction, and possible utilization. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 17(3), 512-531. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1111/1541-4337.12330>
- Santos-Buelga, C., González-Manzano, S., & González-Paramás, A. M. (2021). Wine, polyphenols, and Mediterranean diets. What else is there to say?. *Molecules*, 26(18), 5537. <https://doi.org/10.3390/molecules26185537>
- Šaponjac, V. T., Četković, G., Čanadanović-Brunet, J., Pajin, B., Djilas, S., Petrović, J., ... & Vulić, J. (2016). Sour cherry pomace extract encapsulated in whey and soy proteins: Incorporation in cookies. *Food chemistry*, 207, 27-33. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1016/j.foodchem.2016.03.082>
- Sarkar, R., Kundu, A., Dutta, A., Mandal, A., & Saha, S. (2022). Citrus Peel as a Source for Waste Valorization and Its Greener Processing. In *Melon Breeding and Genetics: Developments in Food Quality & Safety* (pp. 147-174). American Chemical Society. <https://doi.org/10.1021/bk-2022-1415.ch011>

- Sasidharan, S., Chen, Y., Saravanan, D., Sundram, K. M., & Latha, L. Y. (2011). Extraction, isolation and characterization of bioactive compounds from plants' extracts. *African journal of traditional, complementary and alternative medicines*, 8(1). <https://doi.org/10.4314/ajtcam.v8i1.60483>
- ScienceDirect. (2022). Analyze search results. ScienceDirect – Database. <https://www.sciencedirect-com.uchile.idm.oclc.org/search?q=functional%20food&years>
- Scopus. (2022). Analyze search results. Scopus - Database. <https://www-scopus-com.uchile.idm.oclc.org/term/analyzer.uri?sort>
- Seberini, A. (2020). Economic, social and environmental world impacts of food waste on society and Zero waste as a global approach to their elimination. In *SHS Web of Conferences* (Vol. 74, p. 03010). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/shsconf/20207403010>
- Sette, P., Fernandez, A., Soria, J., Rodriguez, R., Salvatori, D., & Mazza, G. (2020). Integral valorization of fruit waste from wine and cider industries. *Journal of Cleaner Production*, 242, 118486. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1016/j.jclepro.2019.118486>
- Sharma, K. D., Karki, S., Thakur, N. S., & Attri, S. (2012). Chemical composition, functional properties and processing of carrot—a review. *Journal of food science and technology*, 49(1), 22-32. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1007/s13197-011-0310-7>
- Sharma, S., Katoch, V., Kumar, S., & Chatterjee, S. (2021). Functional relationship of vegetable colors and bioactive compounds: Implications in human health. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 92, 108615. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2021.108615>
- Song, X., Wang, Y., & Gao, L. (2020). Mechanism of antioxidant properties of quercetin and quercetin-DNA complex. *Journal of Molecular Modeling*, 26, 1-8. <https://doi.org/10.1007/s00894-020-04356-x>
- Strieder, M. M., Silva, E. K., & Meireles, M. A. A. (2019). Specific energy: a new approach to ultrasound-assisted extraction of natural colorants. *probe*, 23, 30. [10.5923/j.fph.20190902.02](https://doi.org/10.5923/j.fph.20190902.02)
- Tan, B. L., & Norhaizan, M. E. (2019). Carotenoids: How Effective Are They to Prevent Age-Related Diseases?. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 24(9), 1801. <https://doi.org/10.3390/molecules24091801>
- Tarazona-Díaz, M. P., Viegas, J., Moldao-Martins, M., & Aguayo, E. (2011). Bioactive compounds from flesh and by-product of fresh-cut watermelon cultivars. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(5), 805-812. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1002/jsfa.4250>
- Tarazona-Díaz, M. P., Viegas, J., Moldao-Martins, M., & Aguayo, E. (2011). Bioactive compounds from flesh and by-product of fresh-cut watermelon cultivars. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(5), 805-812. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1002/jsfa.4250>
- Teixeira, A., Baenas, N., Dominguez-Perles, R., Barros, A., Rosa, E., Moreno, D. A., & Garcia-Viguera, C. (2014). Natural bioactive compounds from winery by-products as health promoters: a review. *International journal of molecular sciences*, 15(9), 15638-15678. <https://doi.org/10.3390/ijms150915638>
- Tremocoldi, M. A., Rosalen, P. L., Franchin, M., Massarioli, A. P., Denny, C., Daiuto, É. R., ... & Alencar, S. M. D. (2018). Exploration of avocado by-products as natural sources of bioactive compounds. *PloS one*, 13(2), e0192577. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192577>
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2022). *World Population Prospects 2022, Data Sources*. UN DESA/POP/2022/DC/NO. 9. <https://www.un.org/development/desa/pd/>

- Universidad de Chile. (2018). Noticias: Académico Luis Puente integra Comisión Científica en Alimentos Funcionales de ACHIPIA. Recuperado de <https://quimica.uchile.cl/noticias/168219/academico-luis-puente-integra-comision-cientifica-en-alimentos-funcionales-de-achipia>
- Uribe, E., Lemus-Mondaca, R., Vega-Gálvez, A., López, L. A., Pereira, K., López, J., ... & Di Scala, K. (2013). Quality characterization of waste olive cake during hot air drying: nutritional aspects and antioxidant activity. *Food and Bioprocess Technology*, 6(5), 1207-1217. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1007/s11947-012-0802-0>
- Valencia-Avilés, E., Ignacio-Figueroa, I., Sosa-Martínez, E., Bartolomé-Camacho, M. C., Martínez-Flores, H. E., & García-Pérez, M. E. (2017). Polyphenols: Antioxidant and toxicological properties. *Rev. la Fac. Ciencias Químicas*, 16, 15-29.
- Vega-Arroy, D. J., Ruiz-Espinosa, H., Luna-Guevara, J. J., Luna-Guevara, M. L., Hernandez-Carranza, P., Avila-Sosa, R., & Ochoa-Velasco, C. E. (2017). Effect of solvents and extraction methods on total anthocyanins, phenolic compounds and antioxidant capacity of *Renealmia alpinia* (Rottb.) Maas peel. *Czech Journal of Food Sciences*, 35(5), 456-465. <https://doi.org/10.17221/316/2016-CJFS>
- Villaño, D., Gironés-Vilapana, A., García-Viguera, C., & Moreno, D. A. (2022). Development of functional foods. In *Innovation strategies in the food industry* (pp. 193-207). Academic Press. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1016/B978-0-323-85203-6.00017-7>
- Vulić, J. J., Čebović, T. N., Čanadanović, V. M., Četković, G. S., Djilas, S. M., Čanadanović-Brunet, J. M., ... & Tumbas, V. T. (2013). Antiradical, antimicrobial and cytotoxic activities of commercial beetroot pomace. *Food & function*, 4(5), 713-721. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1039/C3FO30315B>
- Wells, M. L., Potin, P., Craigie, J. S., Raven, J. A., Merchant, S. S., Helliwell, K. E., ... & Brawley, S. H. (2017). Algae as nutritional and functional food sources: revisiting our understanding. *Journal of applied phycology*, 29(2), 949-982. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1007/s10811-016-0974-5>
- Wijngaard, H., Hossain, M. B., Rai, D. K., & Brunton, N. (2012). Techniques to extract bioactive compounds from food by-products of plant origin. *Food Research International*, 46(2), 505-513. <https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1016/j.foodres.2011.09.027>
- Wildman, R. E., Wildman, R., & Wallace, T. C. (2016). *Handbook of nutraceuticals and functional foods*. CRC press. <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.1201/9781420006186/handbook-nutraceuticals-functional-foods-robert-wildman-robert-wildman-taylor-wallace>
- Yurtcu, E., Iseri, O. D., & Sahin, F. I. (2011). Effects of ascorbic acid and β -carotene on HepG2 human hepatocellular carcinoma cell line. *Molecular biology reports*, 38, 4265-4272. <https://doi.org/10.1007/s11033-010-0549-5>
- Zurbau, A., Au-Yeung, F., Blanco Mejia, S., Khan, T. A., Vuksan, V., Jovanovski, E., Leiter, L. A., Kendall, C. W. C., Jenkins, D. J. A., & Sievenpiper, J. L. (2020). Relation of Different Fruit and Vegetable Sources With Incident Cardiovascular Outcomes: A Systematic Review and Meta-Analysis of Prospective Cohort Studies. *Journal of the American Heart Association*, 9(19), e017728. <https://doi.org/10.1161/JAHA.120.017728>

9. Anexos

Anexo 1. Sello FOSHU



Figura 29. Sello para la aprobación de FOSHU (Ministry of Health, Labour and Welfare, s.f.).

Anexo 2. Planilla artículos

Nombre planilla resumen: “Artículos consolidados - Compuestos bioactivos en descartes agroindustriales: Revisión bibliográfica del potencial uso para alimentos funcionales”

Dirección web: <https://docs.google.com/spreadsheets/>

Anexo 3. Tipos de gráficos

- Gráfico Aluvial

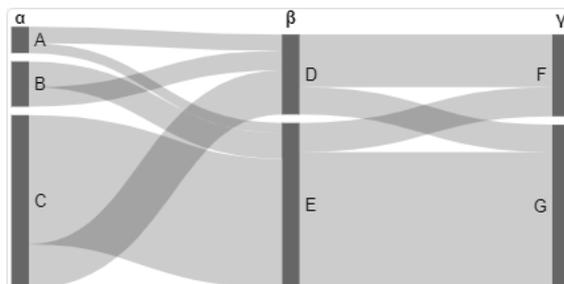


Figura 30. Gráfico Aluvial. RawGraphs (Fuente: <https://app.rawgraphs.io/>)

Muestra correlaciones entre dimensiones categóricas representándolas como flujos, vinculando visualmente categorías con elementos compartidos. Cada rectángulo representa un valor único en la dimensión seleccionada, su altura es proporcional a su valor. Las correlaciones se representan con líneas curvas cuyo ancho es proporcional a su valor.

- **Gráfico de Torta**

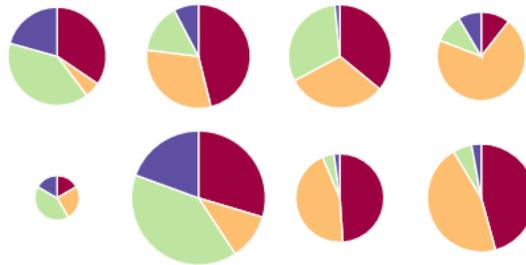


Figura 31. Gráfico de Torta. RawGraphs (Fuente: <https://app.rawgraphs.io/>)

Permite ver las proporciones entre los valores que componen un todo, mediante el uso de arcos que componen un círculo.

- **Gráfico de Barras apiladas**

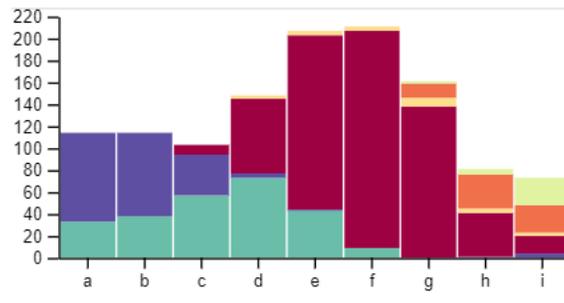


Figura 32. Gráfico de Barras apiladas. RawGraphs (Fuente: <https://app.rawgraphs.io/>)

Muestra múltiples dimensiones cuantitativas relacionadas con categorías. Las barras se apilan visualmente de acuerdo con la dimensión categórica, cada barra representa una dimensión cuantitativa, mapeada en su altura.

- **Gráfico de Treemap**



Figura 33. Gráfico de Treemap. RawGraphs (Fuente: <https://app.rawgraphs.io/>)

Muestra datos estructurados jerárquicamente y una dimensión cuantitativa relacionada. Se compone de un área dividida en pequeños rectángulos, que representan el último nivel de la estructura del árbol. El tamaño de los rectángulos depende de la dimensión cuantitativa.

Anexo 4. Quercetina

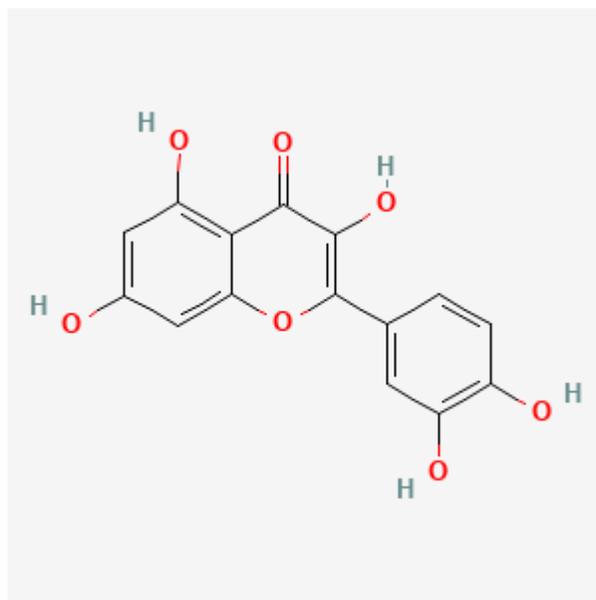


Figura 34. Estructura química de la quercetina (National Center for Biotechnology Information, 2023)

Anexo 5. Carotenoides y Xantófilas

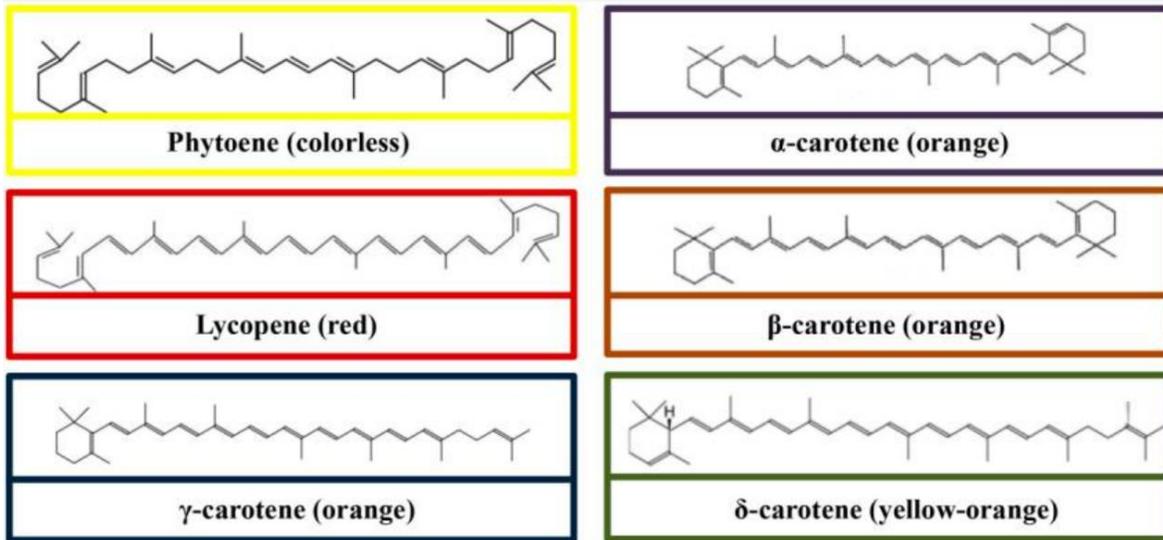


Figura 35. Estructuras moleculares de carotenos (fitoeno, licopeno, γ -caroteno, α -caroteno, β -caroteno y δ -caroteno) (Tan, B. L., & Norhaizan, M. E., 2019).

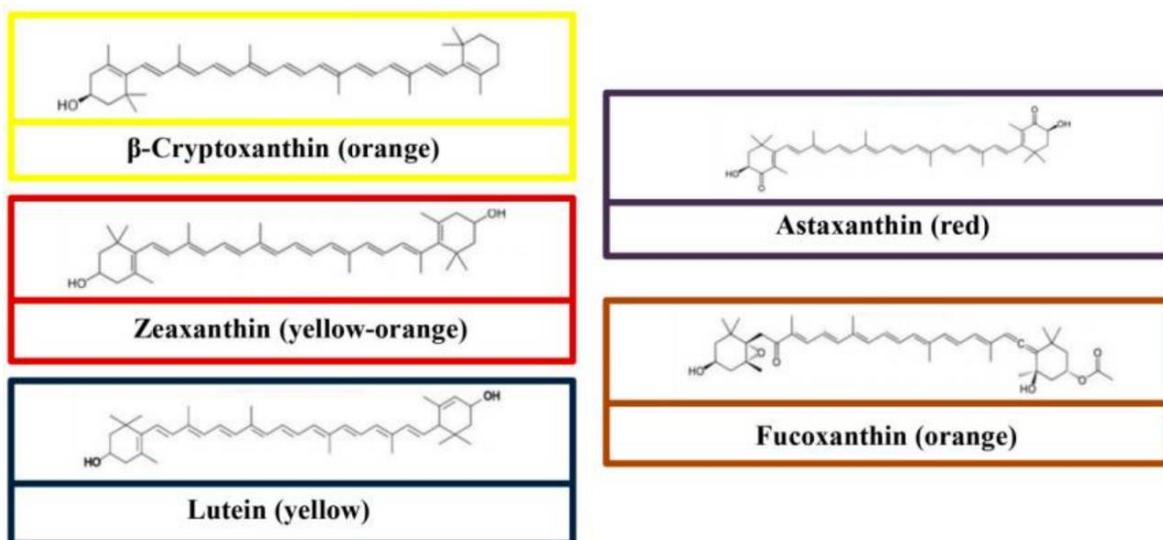


Figura 36. Estructuras moleculares de algunas xantofilas comunes (β -criptoxantina, zeaxantina, luteína, astaxantina y fucoxantina) (Tan, B. L., & Norhaizan, M. E., 2019).

Anexo 6. Población mundial

| Año (July 1) | Población | Cambio % anual | Cambio anual | Edad Media | Tasa de Fertilidad | Densidad (P/Km ²) | Pobl. Urb. % | Población urbana |
|--------------|---------------|----------------|--------------|------------|--------------------|-------------------------------|--------------|------------------|
| 2019 | 7.713.468.100 | 1,08 % | 82.377.060 | 29,8 | 2,51 | 52 | 28 % | 2.147.483.647 |
| 2018 | 7.631.091.040 | 1,10 % | 83.232.115 | 29,8 | 2,51 | 51 | 28 % | 2.147.483.647 |
| 2017 | 7.547.858.925 | 1,12 % | 83.836.876 | 29,8 | 2,51 | 51 | 28 % | 2.147.483.647 |
| 2016 | 7.464.022.049 | 1,14 % | 84.224.910 | 29,8 | 2,51 | 50 | 29 % | 2.147.483.647 |
| 2015 | 7.379.797.139 | 1,19 % | 84.594.707 | 29,6 | 2,52 | 50 | 29 % | 2.147.483.647 |
| 2010 | 6.956.823.603 | 1,24 % | 82.983.315 | 28,5 | 2,58 | 47 | 31 % | 2.147.483.647 |
| 2005 | 6.541.907.027 | 1,26 % | 79.682.641 | 27,4 | 2,65 | 44 | 33 % | 2.147.483.647 |
| 2000 | 6.143.493.823 | 1,35 % | 79.856.169 | 26,3 | 2,78 | 41 | 35 % | 2.147.483.647 |
| 1995 | 5.744.212.979 | 1,52 % | 83.396.384 | 25,1 | 3,01 | 39 | 37 % | 2.147.483.647 |

Figura 37. Población mundial (2019 e histórico). Worldometer (Fuente: www.Worldometers.info/es/)

- Pronóstico población mundial (2020-2050)

| Año (July 1) | Población | Cambio % anual | Cambio anual | Edad Media | Tasa de Fertilidad | Densidad (P/Km ²) | Pobl. Urb. % | Población urbana |
|--------------|---------------|----------------|--------------|------------|--------------------|-------------------------------|--------------|------------------|
| 2020 | 7.794.798.739 | 1,10 % | 83.000.320 | 31 | 2,47 | 52 | 27,6 % | 2.147.483.647 |
| 2025 | 8.184.437.460 | 0,98 % | 77.927.744 | 32 | 2,54 | 55 | 26,2 % | 2.147.483.647 |
| 2030 | 8.548.487.400 | 0,87 % | 72.809.988 | 33 | 2,62 | 57 | 25,1 % | 2.147.483.647 |
| 2035 | 8.887.524.213 | 0,78 % | 67.807.363 | 34 | 2,70 | 60 | 24,2 % | 2.147.483.647 |
| 2040 | 9.198.847.240 | 0,69 % | 62.264.605 | 35 | 2,77 | 62 | 23,3 % | 2.147.483.647 |
| 2045 | 9.481.803.274 | 0,61 % | 56.591.207 | 35 | 2,85 | 64 | 22,6 % | 2.147.483.647 |
| 2050 | 9.735.033.990 | 0,53 % | 50.646.143 | 36 | 2,95 | 65 | 22,1 % | 2.147.483.647 |

Figura 38. Pronóstico población mundial (2020-2050). Worldometer (Fuente: www.Worldometers.info/es/)

- Tasa de crecimiento

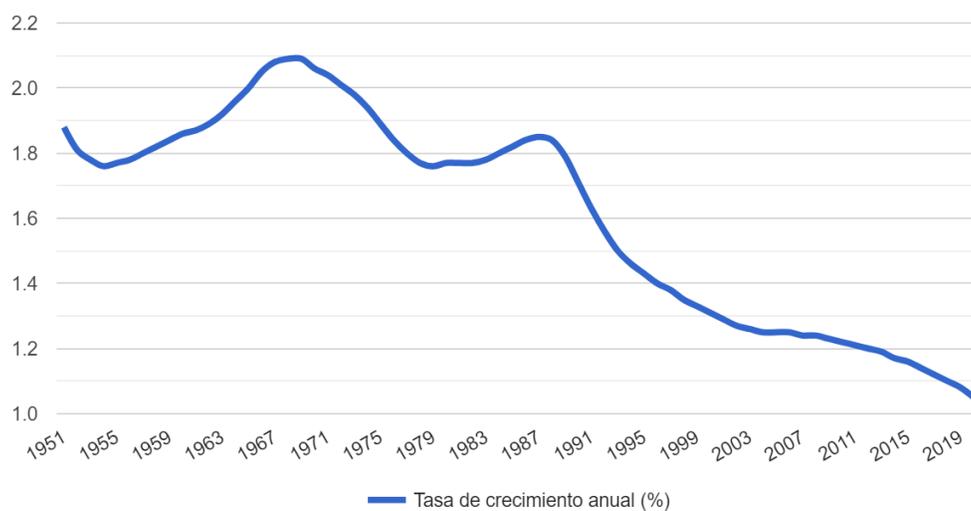


Figura 39. Tasa anual de crecimiento de la población (%). Worldometer (Fuente: www.Worldometers.info/es/)

Anexo 7. Declaraciones nutricionales Reglamento Europeo

Tabla 2. Declaraciones nutricionales y condiciones que se les aplican (Villaño, D., et al., 2022).

| Nutrient | Very low | Nutrition claims and conditions of use | | | | | | High | Contains |
|---------------------|--|---|--|---|--|--|----------------------------------|----------------------------------|--|
| | | Low | Free | Reduced | Increased | No added | Source of | | |
| Energy | | <40 kcal/100 g; <20 kcal/100 mL | <4 kcal/100 mL | By at least 30% | | | | | |
| Fat | | <3 g/100 g; <1.5 g/100 mL | <0.5 g/100 g <0.5 g/100 mL | | | | | | |
| Saturated-fat | | <1.5 g/100 g; <0.75 g/100 mL (sum of saturated fatty acids and trans) | <0.1 g/100 g; <0.1 g/100 mL (sum of saturated fatty acids and trans) | | | | | | |
| Sugar | | <5 g/100 g; <2.5 g/100 mL | <0.5 g/100 g; <0.5 g/100 mL | | | No added mono- or disaccharides or any other food used for its sweetening properties | | | |
| Sodium/salt | <0.04 g/100 g; <0.04 g/100 mL; (except for waters) | <0.12 g/100 g; <0.12 g/100 mL; (different limits for waters) | <0.005 g/100 g | | | | | | |
| Fiber | | | | | | | ≥3 g/100 g; ≥1.5 g/100 kcal | ≥6 g/100 g; ≥3 g/100 kcal | |
| Protein | | | | | | | ≥12% energy value | ≥20% energy value | |
| Vitamins/minerals | | | | | | | 15% of the recommended allowance | ≥Twice the amount of "Source of" | |
| Particular nutrient | | | | Reduction ≥30% compared to a similar product, except for micronutrients | Increase ≥30% compared to a similar product and meets the conditions for the claim "source of" | | | | As specified in EC 1924/2006, in particular Art. 5 |

Anexo 8. FOSHU en Japón

Tabla 3. Productos FOSHU aprobados (Villaño, D., et al., 2022).

| Principal ingredients approved (ingredients exhibiting health functions) | Specified health uses |
|--|--|
| Lactotripeptide, casein dodecapeptide, tochu leaf glycoside (geniposidic acid), sardine peptide, etc. | Foods related to blood pressure |
| Degraded sodium alginate, dietary fiber from psyllium seed husk, etc. | Cholesterol plus gastrointestinal conditions, triacylglycerol plus cholesterol |
| Oligosaccharides, lactose, bifidobacteria, lactic acid bacteria, dietary fiber (ingestible dextrin, polydextrol, guar gum, psyllium seed coat, etc.) | Foods to modify gastrointestinal conditions |
| Chitosan, soybean protein, degraded sodium alginate | Foods related to blood cholesterol level |
| Indigestible dextrin, wheat albumin, guava tea polyphenol, L-arabinose, etc. | Foods related to blood sugar levels |
| Calcium citrated malate, casein phosphopeptide, hem iron, fracuto-oligosaccharide, etc. | Foods related to mineral absorption |
| Soybean isoflavone, milk basic protein, etc. | Foods related to osteogenesis |
| Middle chain fatty acid, etc. | Foods related to triacylglycerol |
| Paratinose, maltitiose, erythritol, etc. | Foods related to dental hygiene |