







Extractos naturales y compuestos bioactivos en confitería: Análisis bibliométrico

Natural extracts and bioactive compounds in confectionery: A bibliometric analysis

A. Máximo-Olgún ^a, E. Contreras-López ^a, J. G. Pérez-Flores ^{a, b*}, L. García-Curiel ^b, K. Soto-Vega ^a,
E. Pérez-Escalante ^a

^a Área Académica de Química, Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Carretera Pachuca-Tulancingo km 4.5, 42184 Mineral de la Reforma, Hidalgo, México.

^b Área Académica de Enfermería, Instituto de Ciencias de la Salud, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Circuito Ex Hacienda La Concepción S/N, Carretera Pachuca-Actopan, 42060 San Agustín Tlaxiaca, Hidalgo, México.

Resumen

La demanda de productos de confitería con ingredientes funcionales está en constante crecimiento. El objetivo de esta investigación fue analizar la producción científica relacionada con el uso de extractos naturales y compuestos bioactivos en la formulación de confitería mediante un análisis bibliométrico, para identificar tendencias, aplicaciones y oportunidades para la innovación. Se realizó una búsqueda avanzada en Web of Science, seguida de un análisis bibliométrico utilizando el software R para evaluar la evolución en la publicación de artículos, temas emergentes y vacíos en la literatura. Los resultados mostraron un aumento constante en el interés científico sobre el tema, con un crecimiento anual del 21.92% en publicaciones, especialmente en torno a compuestos fenólicos, actividad antioxidante y estabilidad de los productos. Además, se identificaron tres clústeres de investigación principales: “polyphenols”, “essential oil” y “phenolic-compounds”, cada uno con enfoques específicos en el desarrollo de confitería funcional. En conclusión, la incorporación de ingredientes naturales en la confitería mejora la calidad nutricional, pero representa desafíos, como la estabilidad de los compuestos bioactivos y la aceptación sensorial del producto. La exploración continua y la integración de técnicas emergentes, como la microencapsulación y la extracción asistida por ultrasonido, representan perspectivas prometedoras para avanzar en este campo.

Palabras Clave: Compuestos bioactivos, extractos naturales, antioxidantes, microencapsulación, confitería funcional.

Abstract

The demand for confectionery products with functional ingredients is steadily growing. This research aimed to analyze the scientific output of using natural extracts and bioactive compounds in confectionery formulation through a bibliometric analysis to identify trends, applications, and opportunities for innovation. An advanced search was conducted in Web of Science, followed by a bibliometric analysis using R software to evaluate the evolution of article publications, emerging topics, and gaps in the literature. The results showed a consistent increase in scientific interest in the subject, with an annual growth rate of 21.92% in publications, particularly around phenolic compounds, antioxidant activity, and product stability. Additionally, three main research clusters were identified: “polyphenols”, “essential oil”, and “phenolic-compounds”, each with specific focuses on the development of functional confectionery. In conclusion, incorporating natural ingredients in confectionery enhances nutritional quality but presents challenges such as the stability of bioactive compounds and sensory acceptance of the product. Continued exploration and integration of emerging techniques, such as microencapsulation and ultrasound-assisted extraction, offer promising prospects for advancing this field.

Keywords: Bioactive compounds, natural extracts, antioxidants, microencapsulation, functional confectionery.

*Autor para la correspondencia: jesus_perez@uaeh.edu.mx

Correo electrónico: azucenamaximoolguin@gmail.com (Azucena Máximo-Olgún), elizac@uaeh.edu.mx (Elizabeth Contreras-López), jesus_perez@uaeh.edu.mx (Jesús Guadalupe Pérez-Flores), laura.garcia@uaeh.edu.mx (Laura García-Curiel), karlasotveg@gmail.com (Karla Soto-Vega), emmanuel_perez@uaeh.edu.mx (Emmanuel Pérez-Escalante)

1. Introducción

Los productos de confitería, populares en diversas culturas, incluyen principalmente sacarosa en su formulación, aunque también pueden incluir chocolate, frutos u otros ingredientes. De hecho, algunos autores incluyen los productos horneados en esta categoría (Frolova et al., 2019). Esta diversidad impulsa un gran mercado, especialmente en países como Estados Unidos (Efe & Dawson, 2022). En Europa, esta industria comprende aproximadamente 13,000 productores, indicando una sólida presencia en el mercado y una cadena de suministro compleja que atiende tanto a productos masivos como especiales (Pădureț et al., 2020). En México, la industria confitera, valorada en 32.360 millones de dólares en 2023, destaca con la confitería chocolatera representando el 50% de participación en el mercado (The food tech, 2024).

Actualmente, la preferencia de los consumidores por los alimentos, se basa en la naturalidad de los ingredientes, el aporte de beneficios a la salud, el precio, las consideraciones éticas, la accesibilidad y, por supuesto, las propiedades sensoriales. La industria de la confitería ha respondido a estas demandas con productos bajos en calorías, sin azúcar, con compuestos bioactivos (CB) y opciones sin gluten o veganas (Bordunova et al., 2023; Federzoni et al., 2019; González-Otamendi et al., 2024; Konar et al., 2022; Toshkhodjaev & Rakhmonova, 2023; Williams et al., 2024). La tendencia de “etiqueta limpia” o *clean label*, ha impulsado a los fabricantes a optar por aditivos con propiedades saludables (Cano-Lamadrid et al., 2020; Kosicka-Gębska et al., 2022).

Los extractos naturales, nutraceuticos, aceites esenciales y CB son clave en los productos naturales por sus propiedades y orígenes. Los extractos, derivados de plantas, animales o microorganismos, ofrecen funciones antioxidantes, antiinflamatorias o antimicrobianas (Liu et al., 2018). Los nutraceuticos, derivados de alimentos, contienen CB que promueven la salud bajo el concepto “la comida puede ser medicina” (Martirosyan & Miller, 2018). Los aceites esenciales, ricos en terpenoides y compuestos fenólicos, son extractos volátiles de plantas (Misharina et al., 2011). Los CB, de origen natural o sintético, interactúan con los tejidos y generan efectos beneficiosos, lo que ha incrementado su uso en alimentos, especialmente los de origen vegetal como polifenoles, taninos, flavonoides y vitaminas, considerados más saludables por los consumidores (Vilas-Boas et al., 2021).

En la búsqueda de ingredientes naturales para la formulación de productos de confitería, se ha investigado el uso de compuestos como las betalainas, que al combinarse con maltodextrina, han mostrado ser una opción viable para producir dulces con una vida útil aceptable (Shaaruddin et al., 2017). De igual manera, la adición de extractos de zanahoria, betabel y espinaca, han demostrado favorecer el perfil nutricional de caramelos de goma, al ser ricos en vitaminas, ácidos fenólicos, flavonoides y otros compuestos antioxidantes, que además, al aportar color de manera natural, se reduce el uso de colorantes artificiales, alineándose con las tendencias del mercado (Algarni, 2020). Además, se ha explorado el uso de extractos de hierbas, como el extracto de romero (*Rosmarinus officinalis*) y el extracto de propóleo, en la elaboración de caramelos de goma, mejorando sus características sensoriales y su perfil

nutricional gracias a su alto contenido fenólico (Alves et al., 2024; Balica et al., 2021; Cedeño-Pinos et al., 2020). La tendencia hacia el uso de colorantes naturales también es evidente en la formulación de caramelos de goma. Se han utilizado extractos de remolacha roja y *Opuntia ficus-indica* para proporcionar colores naturales y, al mismo tiempo, brindar beneficios para la salud asociados con sus CB (Moghaddas Kia et al., 2020; Otálora et al., 2019). Además del color, los CB pueden mejorar la percepción del sabor dulce. Por ejemplo, el extracto de vainilla es comúnmente utilizado con este propósito, al usarse no suele ser necesario el uso de edulcorantes adicionales (Aussama et al., 2023). Los avances en técnicas como la extracción asistida por ultrasonido y la extracción supercrítica han mejorado la eficiencia para incorporar compuestos beneficiosos en alimentos, facilitando su uso en productos de confitería (Khadhraoui et al., 2021; Kuber et al., 2022).

La formulación de productos de confitería con extractos naturales presenta desafíos y oportunidades. Los principales retos incluyen la estabilidad del producto, las interacciones entre ingredientes y el mantenimiento de propiedades organolépticas (Albuquerque et al., 2021; De Avelar et al., 2019). Los extractos naturales, como los de aronia, pueden mejorar el color y aportar beneficios saludables, pero requieren un monitoreo cuidadoso para evitar problemas como la degradación del sabor y la textura (Ghendov-Mosanu et al., 2022; Macuglia Spanemberg et al., 2022). Sin embargo, el creciente interés en ingredientes naturales también ofrece oportunidades para innovar y mejorar el perfil nutricional de los productos, impulsado por avances en técnicas de extracción como el ultrasonido y la extracción supercrítica, que permiten incorporar CB de manera más eficiente (Khadhraoui et al., 2021; Kuber et al., 2022).

El análisis bibliométrico es una herramienta para evaluar el crecimiento y el estado actual de una línea de investigación, en campos específicos como el uso de extractos naturales y CB en productos de confitería. Permite a los investigadores analizar las tendencias de publicaciones, identificar trabajos influyentes y descubrir vacíos en la literatura, orientando investigaciones futuras. Por ejemplo, estudios muestran un creciente interés en los ingredientes naturales en confitería, impulsado por las tendencias de salud y la preferencia por etiquetas más limpias (Andreone et al., 2022; Toro et al., 2021). Además, revela áreas poco investigadas, como la limitada atención a los atributos sensoriales en aplicaciones de confitería, a pesar de la abundancia de estudios sobre propiedades antioxidantes (Šarolić et al., 2014). Las tendencias emergentes, como los edulcorantes a base de plantas, se alinean con la demanda de opciones más saludables y sugieren oportunidades para nuevas investigaciones (Turck et al., 2017).

Con base en todo lo anterior, el objetivo de esta contribución fue analizar la producción científica sobre el uso de extractos naturales, CB y nutraceuticos en la formulación y desarrollo de productos de confitería, mediante un análisis bibliométrico de la literatura publicada, con el fin de identificar las principales tendencias, aplicaciones y oportunidades de innovación en este campo.

2. Metodología

La búsqueda de información, la recopilación de datos y el análisis bibliométrico se llevaron a cabo siguiendo los procedimientos descritos en investigaciones previas (García-Curiel *et al.*, 2024; Pérez-Flores *et al.*, 2024). Primero se llevó a cabo una búsqueda avanzada en la base de datos Web of Science® (WoS) el 4 de octubre de 2024. La búsqueda se ejecutó utilizando la siguiente función lógica: 'TS=("natural extract*" OR "plant extract*" OR "botanical extract*" OR "herbal extract*" OR "fruit extract*" OR "vegetable extract*" OR "animal extract*" OR "bioactive compound*" OR "nutraceutical*" OR "essential oil*" OR "phenolic compound*") AND ("formulation" OR "development" OR "production" OR "manufactur*") AND ("confectionery" OR "candy" OR "candies" OR "sweet*" OR "chocolat*" OR "sugar confectionery")'. Se refinaron los resultados excluyendo tipos de documentos como artículos de revisión, acceso anticipado, ponencias de conferencias y capítulos de libros, limitando la búsqueda exclusivamente a artículos científicos publicados entre los años 2003 y 2023.

El análisis bibliométrico se llevó a cabo utilizando la versión 4.1.2 de R (2021-11-01) "Bird Hippie", junto con el paquete 'bibliometrix' versión 4.1.4. Para la realización del análisis, se utilizó una computadora con el sistema operativo elementary OS 7.1 Horus (Linux 6.8.0-45-generic) y se empleó RStudio versión 2024.09.0 Build 375 ("Cranberry Hibiscus" Release, 2024-09-16) como entorno de desarrollo integrado. Los datos obtenidos de la búsqueda fueron analizados para identificar las principales tendencias, áreas de investigación y vacíos en la literatura sobre el uso de extractos naturales y CB en la formulación de productos de confitería.

3. Resultados y discusión

3.1. Producción científica en el periodo de 2003 a 2023

La función lógica utilizada permitió buscar artículos científicos que contuvieran términos relacionados con extractos naturales, CB o nutraceuticos, así como su uso en la formulación, desarrollo, producción o manufactura de productos de confitería. Se incluyeron términos como extractos naturales, de plantas, botánicos, herbales, de frutas, vegetales o de origen animal, CB, nutraceuticos, aceites esenciales o compuestos fenólicos. Además, se consideraron términos relacionados con los procesos de formulación, desarrollo, producción o manufactura. Finalmente, se abarcó productos de confitería basados en sacarosa y en chocolate. La combinación de los operadores lógicos "OR" y "AND" fue utilizada para incluir resultados que cubrieran un amplio espectro de términos relacionados con extractos naturales y su aplicación en la confitería, asegurando que los artículos obtenidos incluyeran al menos un término de cada grupo.

En la Tabla 1 se presentan los resultados del análisis bibliométrico de la literatura sobre el uso de extractos naturales y CB en productos de confitería, reportada entre el 2003 y el 2023, con un total de 1126 documentos publicados en 412 fuentes. La tasa de crecimiento anual fue del 21.92%, indicando un interés creciente en este campo de estudio. La edad promedio de los documentos es de 5.47 años, mostrando que la investigación es relativamente reciente. El promedio de citas por documento (21.67) refleja la relevancia de las publicaciones. La colaboración presentó un promedio de 5.19 coautores por documento y un 25.93% de coautoría internacional, resaltando la naturaleza colaborativa a nivel global, en este campo de investigación. Además, aunque la mayoría de los documentos son artículos originales, es notable la baja proporción de publicaciones de un único autor con 19 autores, lo que destaca la tendencia hacia la investigación en grupos. Además, el alto número de palabras clave utilizadas (3327 palabras clave plus y 3753 palabras clave del autor) refleja la diversidad de los temas abordados en el campo.

Tabla 1: Resumen con los resultados del análisis bibliométrico de la línea de investigación sobre el uso de extractos naturales y de compuestos bioactivos en la elaboración de productos de confitería en el periodo de 2003 a 2023.

Descripción	Resultados
INFORMACIÓN PRINCIPAL SOBRE LOS DATOS	
Periodo de tiempo	2003:2023
Fuentes (Revistas, Libros, etc.)	412
Documentos	1126
Tasa de crecimiento anual %	21.92
Edad promedio de los documentos	5.47
Promedio de citas por documento	21.67
Referencias	0
CONTENIDO DE LOS DOCUMENTOS	
Palabras clave Plus (ID)	3327
Palabras clave del autor (DE)	3753
AUTORES	
Autores	5112
Autores de documentos de un solo autor	17
COLABORACIÓN ENTRE AUTORES	
Documentos de un solo autor	19
Coautores por documento	5.19
Porcentaje de coautoría internacional	25.93
TIPOS DE DOCUMENTOS	
Artículo	1126

La Figura 1 presenta resultados del análisis bibliométrico sobre el mismo campo de investigación, cubriendo el

periodo de 2003 a 2023. Se muestran diversas perspectivas, incluyendo la evolución anual de la producción científica, la

distribución geográfica de los autores, las revistas más relevantes, el impacto de las principales revistas científicas y la categorización temática de los estudios de acuerdo a WoS.

La Figura 1a mostró un crecimiento en las publicaciones en el periodo analizado (2003-2023). Se observó un incremento progresivo en el número de publicaciones, comenzando con apenas 3 artículos en 2003, hasta alcanzar su punto máximo en 2022 con 163 publicaciones. Este aumento sostenido indicó un creciente interés por parte de la comunidad científica, especialmente en los últimos cinco años, donde la producción anual superó los 100 artículos por año. Los años 2019, 2020 y 2021 también fueron notables, con una cantidad de publicaciones que osciló entre 111 y 148 artículos, lo que sugirió que el tema se consolidó como una tendencia de investigación emergente. En 2023, aunque el número de artículos fue menor en comparación con 2022, la cantidad de 158 publicaciones demostró que el interés por este campo de estudio continuó.

La Figura 1b mostró la distribución del número de autores por país en la investigación. Brasil encabezó la lista con 441 autores, mostrando una alta participación en este campo. Le siguieron China con 395 autores e Italia con 348, lo cual subrayó la contribución de estos países. Estados Unidos y la India también destacaron con 331 y 292 autores respectivamente, indicando su relevancia en el ámbito mundial. La presencia de España, Irán, Polonia, Turquía y Portugal, aunque con cifras menores, demostró una amplia colaboración internacional en la investigación. La predominancia de ciertos países podría estar relacionada con políticas de fomento a la investigación y el interés en aplicaciones prácticas en la industria alimentaria.

La Figura 1c presentó un gráfico de barras que ilustró las revistas más relevantes. Se observó que “Foods” fue la revista con el mayor número de publicaciones, alcanzando un total de 55 artículos científicos, lo cual indicó su papel destacado en la divulgación de investigaciones en este campo. Le siguieron “Industrial Crops and Products”, “Journal of Agricultural and Food Chemistry”, y “Journal of Food Processing and Preservation”, cada una con 31 artículos científicos, lo que evidenció un interés compartido en la temática. “Food Chemistry” también se destacó con 30 publicaciones, confirmando su relevancia en el ámbito de la química de los alimentos. Otras fuentes importantes incluyeron “Journal of the Science of Food and Agriculture”, “Scientia Horticulturae”, “Journal of Food Science”, “Frontiers in Plant Science” y “Molecules”, cuyas contribuciones reflejaron la diversidad de enfoques en la literatura científica, desde la horticultura hasta la química molecular. Esta distribución señaló la naturaleza interdisciplinaria de este campo de investigación.

La Figura 1d muestra un gráfico de barras comparando las principales revistas científicas en función de su índice h,

el cual es una métrica que busca cuantificar la producción científica de un investigador considerando tanto el número de publicaciones como el número de citas que estas han recibido (Hirsch, 2005). Se observó que “Food Chemistry” tuvo el índice h más alto, con un valor de 25, indicando su fuerte influencia y relevancia en el campo de estudio analizado. Le siguieron “Industrial Crops and Products” y “Journal of Agricultural and Food Chemistry”, ambas con un índice h de 22, lo cual sugirió una contribución destacada y consistente en la difusión de investigaciones en este ámbito. Las revistas “Foods”, “LWT-Food Science and Technology” y “Scientia Horticulturae” compartieron un índice h de 14, lo que mostró su alto impacto en la comunidad científica. Por su parte, “Journal of Food Science” presentó el índice h más bajo, con un valor de 10, reflejando un menor número de publicaciones altamente citadas. Por lo tanto, esta distribución mostró la importancia de estas revistas en la difusión del conocimiento en este campo de estudio, aunque con diferentes niveles de influencia.

Por otro lado, el diagrama de árbol de la Figura 1e mostró la distribución de las categorías de WoS en este campo de investigación. La categoría dominante fue “Food Science Technology”, con 497 registros, lo que representó el 43.33% del total, reflejando el enfoque principal en la ciencia y tecnología de alimentos. Otras categorías notables incluyeron “Plant Sciences” (15.26%) y “Chemistry Applied” (11.33%), lo que indicó la relevancia de la investigación en ciencias vegetales y aplicaciones químicas en este campo. Categorías como “Agronomy”, “Agriculture Multidisciplinary” y “Horticulture” destacaron por su conexión con el uso de ingredientes naturales en la confitería. Asimismo, áreas temáticas como “Nutrition Dietetics” y “Biochemistry Molecular Biology” sugirieron un interés creciente en la incorporación de ingredientes funcionales y el estudio de los efectos bioquímicos de los CB. Categorías con menor representación, como “Multidisciplinary Sciences” y “Chemistry Multidisciplinary”, también mostraron la naturaleza interdisciplinaria de este campo. Por lo tanto, aunque la mayor parte de la investigación se centró en tecnología de alimentos, hubo una importante diversidad de enfoques científicos, lo que refleja la complejidad y amplitud del área de estudio.

Los resultados destacan la consolidación de este campo en expansión, ya que el aumento en la producción científica, la participación de autores de múltiples países y la diversidad de revistas y temas subrayan su relevancia para el desarrollo de productos alimenticios más saludables e innovadores.

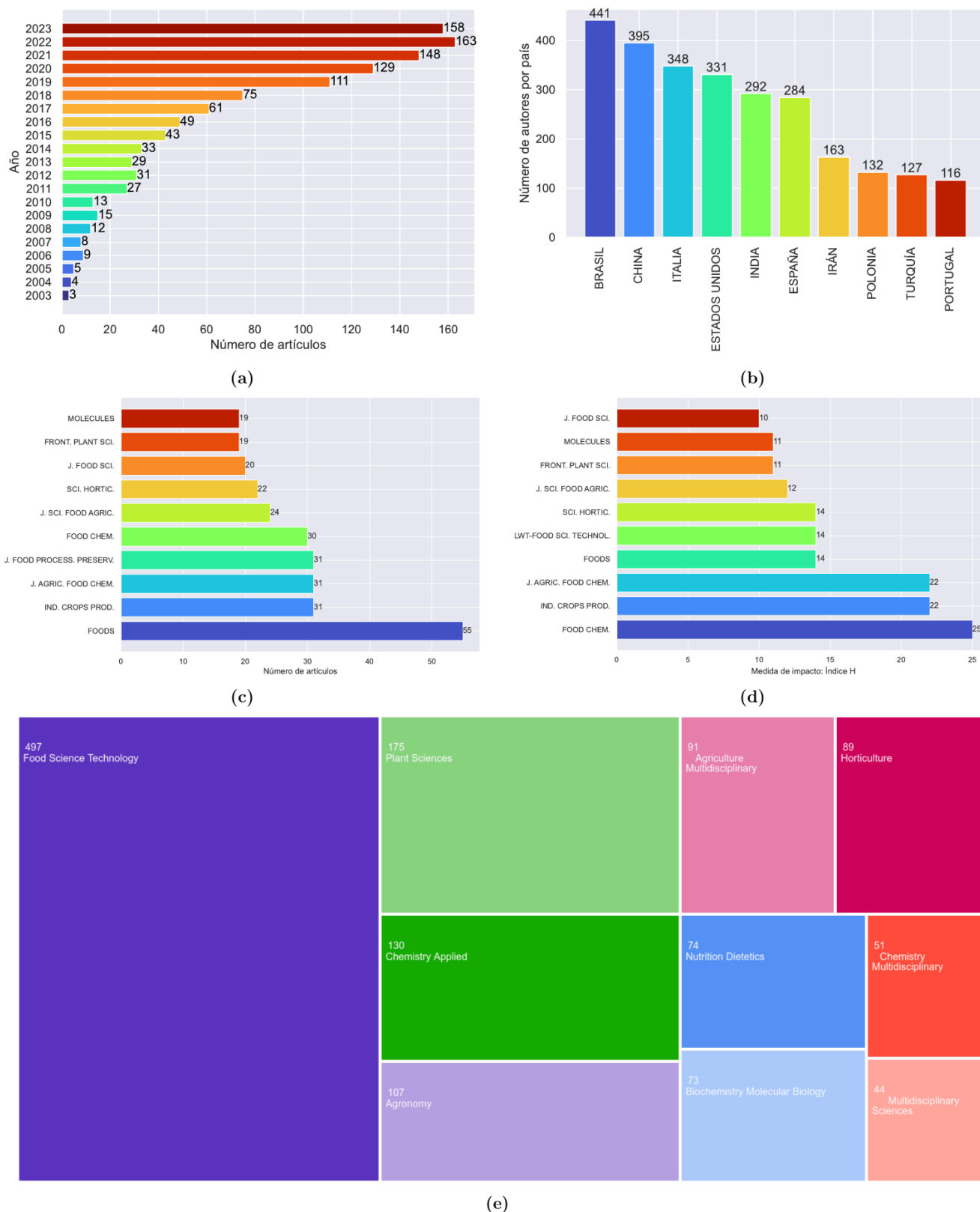


Figura 1: Métricas de la investigación sobre el uso de extractos naturales y compuestos bioactivos en productos de confitería en el periodo de tiempo de 2003 a 2023. (a) Producción anual de artículos científicos. (b) Distribución geográfica del número de autores por país. (c) Principales revistas de publicación. (d) Comparación de la influencia de las revistas científicas según su índice h. (e) Categorías de investigación de Web of Science.

La Tabla 2 presenta una lista de los 10 artículos más citados en el campo de investigación de acuerdo con la función lógica utilizada, mostrando su impacto mediante métricas como el total de citaciones, las citaciones por año y las citaciones normalizadas (TC Normalizado). El artículo

de De Souza V.R., publicado en 2014 en “Food Chemistry”, destacó por tener la mayor tasa de citas por año (34.27) y el TC normalizado más alto (10.84), indicando un impacto notable en un periodo relativamente corto. Por otro lado, el artículo de Apak R. (2006) acumuló el mayor número de

citaciones totales (401), aunque su tasa de citas por año (21.11) fue menor en comparación con el trabajo de Lattanzio V. (2009), que obtuvo 24.75 citas por año y un alto TC normalizado (5.71).

Se observa que los artículos publicados en “Food Chemistry” tienen una fuerte presencia en esta lista, lo que resalta la relevancia de esta revista en la diseminación de investigaciones sobre alimentos funcionales y bioactivos.

Además, artículos más antiguos como el de Serrano M. (2005) y Yang J. (2004) mantienen una alta cantidad de citas totales, lo que sugiere que su relevancia ha perdurado a lo largo del tiempo. En conjunto, estos datos reflejan la importancia de las publicaciones en revistas de alto impacto y la capacidad de algunos estudios para influir en el campo de manera significativa y sostenida.

Tabla 2: Principales publicaciones y su impacto en la investigación del uso de compuestos bioactivos en alimentos.

Artículo	DOI	Total de Citaciones	TC por Año	TC Normalizado
Apak R., 2006, <i>International Journal of Food Sciences and Nutrition</i>	https://doi.org/10.1080/09637480600798132	401	21.11	3.01
Lattanzio V., 2009, <i>Journal of Functional Foods</i>	https://doi.org/10.1016/j.jff.2009.01.002	396	24.75	5.71
De Souza V.R., 2014, <i>Food Chemistry</i>	https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.01.125	377	34.27	10.84
Serrano M., 2005, <i>Journal of Agricultural and Food Chemistry</i>	https://doi.org/10.1021/jf0479160	350	17.5	3.71
Koeduka T., 2006, <i>Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America</i>	https://doi.org/10.1073/pnas.0603732103	306	16.11	2.3
Reyes L.F., 2007, <i>Food Chemistry</i>	https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.03.032	287	15.94	3.53
Yang J., 2004, <i>Journal of Agricultural and Food Chemistry</i>	https://doi.org/10.1021/jf0307144	213	10.14	2.74
Sanchez E., 2010, <i>Applied and Environmental Microbiology</i>	https://doi.org/10.1128/AEM.03052-09	188	12.53	3.59
Vinci R.M., 2012, <i>Food Chemistry</i>	https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.08.001	187	14.38	4.86
Pinto M.S., 2008, <i>Food Chemistry</i>	https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.10.038	183	10.76	3.11

La Tabla 3 muestra un resumen comparativo de los 10 artículos más citados en la investigación sobre CB y antioxidantes en alimentos. Aunque los artículos no abordan directamente aplicaciones en la confitería, sus hallazgos se relacionan con este campo de estudio, ya que la incorporación de extractos naturales y CB, como antioxidantes y fenoles, puede mejorar la calidad nutricional y funcional de los productos de confitería, así como su perfil sensorial.

Los artículos de la Tabla 3 aborda diversos temas, desde la evaluación de métodos para medir la capacidad antioxidante (Apak *et al.*, 2006), hasta la exploración del potencial de subproductos vegetales para aplicaciones funcionales (Lattanzio *et al.*, 2009; Medeiros Vinci *et al.*, 2012). La mayoría de los estudios mostraron un enfoque hacia la optimización de propiedades funcionales y nutricionales de alimentos, subrayando la importancia de los

compuestos fenólicos, flavonoides y otros antioxidantes en la mejora de la salud y la prevención de enfermedades. Otros estudios demostraron la relevancia de considerar factores como la zona de cultivo o la etapa de maduración para maximizar los beneficios nutricionales de frutas y hortalizas (De Souza *et al.*, 2014; Serrano *et al.*, 2005). Asimismo, la investigación sobre compuestos específicos, como eugenol, aportó información valiosa sobre las vías biosintéticas y su posible aplicación en la industria (Koeduka *et al.*, 2006).

Por lo tanto, estos artículos muestran un interés creciente por mejorar la calidad y seguridad de los alimentos mediante el uso de compuestos naturales, a pesar de que existen desafíos en su implementación a escala industrial, especialmente en lo que respecta a la consistencia de las materias primas, la estabilidad de los CB y el mantenimiento de las propiedades sensoriales de los productos, reflejando la importancia de la investigación continua y multidisciplinaria en el desarrollo de alimentos funcionales y seguros.

Tabla 3: Resumen comparativo de los artículos más citados sobre compuestos bioactivos y antioxidantes en alimentos.

Artículo	Tema principal	Resultados	Referencias
----------	----------------	------------	-------------

<i>The cupric ion reducing antioxidant capacity and polyphenolic content of some herbal teas</i>	Evaluación de métodos para medir la capacidad antioxidante.	El método de capacidad antioxidante reductora del ión cúprico (CUPRAC) mostró una mayor correlación con el contenido de polifenoles totales que ABTS, siendo más confiable para diversos tipos de antioxidantes.	(Apak <i>et al.</i> , 2006)
<i>Globe artichoke: A functional food and source of nutraceutical ingredients</i>	Potencial del alcachofa en alimentos funcionales.	Los extractos de alcachofa tienen un alto contenido fenólico, que puede potenciarse mediante procesos industriales como el escaldado.	(Lattanzio <i>et al.</i> , 2009)
<i>Determination of the bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Brazilian blackberry, red raspberry, strawberry, blueberry and sweet cherry fruits</i>	Compuestos bioactivos en bayas y cerezas de Brasil.	Las frutas brasileñas mostraron una composición consistente con la literatura, con mayores niveles de hierro y de ácido ascórbico comparados con frutas de zonas templadas.	(De Souza <i>et al.</i> , 2014)
<i>Chemical Constituents and Antioxidant Activity of Sweet Cherry at Different Ripening Stages</i>	Maduración de cerezas y sus propiedades antioxidantes.	La actividad antioxidante y los compuestos fenólicos aumentan significativamente en las etapas finales de maduración, especialmente en el peso y color de la fruta.	(Serrano <i>et al.</i> , 2005)
<i>Eugenol and isoeugenol, characteristic aromatic constituents of spices, are biosynthesized via reduction of a coniferyl alcohol ester</i>	Biosíntesis de eugenol e isoeugenol en plantas.	Se identificaron las enzimas EGS1 e IGS1 responsables de la síntesis de eugenol e isoeugenol, respectivamente, lo cual fue confirmado mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS).	(Koeduka <i>et al.</i> , 2006)
<i>The increase in antioxidant capacity after wounding depends on the type of fruit or vegetable tissue</i>	Respuesta antioxidante en productos frescos cortados.	El estrés por corte activa la ruta del fenilpropanoide, incrementando los compuestos fenólicos solubles y la capacidad antioxidante.	(Fernando Reyes <i>et al.</i> , 2007)
<i>Varietal Differences in Phenolic Content and Antioxidant and Antiproliferative Activities of Onions</i>	Actividad antiproliferativa de variedades de cebolla.	Las cebollas con mayores contenidos fenólicos y flavonoides presentaron una mayor actividad antiproliferativa contra células cancerígenas.	(Yang <i>et al.</i> , 2004)
<i>Extracts of Edible and Medicinal Plants Damage Membranes of Vibrio cholerae</i>	Actividad antimicrobiana de extractos de plantas comestibles y medicinales.	Los extractos de plantas, especialmente albahaca y nopal, mostraron actividad antimicrobiana significativa, alterando la membrana y el pH intracelular de las bacterias <i>Vibrio cholerae</i> .	(Sánchez <i>et al.</i> , 2010)
<i>Acrylamide formation in fried potato products – Present and future, a critical review on mitigation strategies</i>	Mitigación de la formación de acrilamida en productos de papa frita.	Se identificaron estrategias prometedoras para reducir la acrilamida, pero su implementación presenta desafíos debido a la variabilidad de materias primas y condiciones de procesamiento.	(Medeiros Vinci <i>et al.</i> , 2012)
<i>Bioactive compounds and quantification of total ellagic acid in strawberries (Fragaria x ananassa Duch.)</i>	Compuestos bioactivos en fresas cultivadas en Brasil.	Las fresas brasileñas son buenas fuentes de vitamina C y polifenoles, con variaciones en el contenido de ácido elágico según los métodos de extracción.	(Da Silva Pinto <i>et al.</i> , 2008)

3.2. Análisis de las palabras clave de los autores

La Figura 2 presenta una representación gráfica del análisis de las palabras clave utilizadas por los autores. La Figura 2a muestra una nube de palabras basada en la frecuencia de los términos más comunes en la investigación sobre el uso de extractos naturales y de CB en productos de confitería, resaltando los temas centrales. Los términos más frecuentes en el campo de investigación incluyen (con el número de ocurrencias entre paréntesis), “phenolic-compounds” (170), “antioxidant activity” (162) y “quality” (126), lo que refleja un enfoque en el estudio de los compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante en los alimentos. Después, la presencia de términos como “antioxidant” (95) y “chemical-composition” (79) subraya la

importancia de caracterizar los ingredientes naturales para asegurar su funcionalidad y valor nutritivo. El término “essential oil” (79) también destaca el interés en el uso de aceites esenciales por sus beneficios sensoriales y para la salud, mientras que “bioactive compounds” (78) y “polyphenols” (64) indican el papel central de los CB en el desarrollo de productos más saludables.

Otros términos como “cultivars” (57), “acid” (57) y “fruit” (54) sugieren un enfoque en el origen y la diversidad de las fuentes naturales utilizadas, siendo necesario para optimizar el contenido de compuestos beneficiosos. Además, la frecuencia de términos relacionados con procesos, tales como “extraction” (38), “biosynthesis” (44) y “fermentation” (26), señala el interés en técnicas que maximicen la obtención y la estabilidad de los CB. Finalmente, palabras como “stability” (44) y “shelf-life” (27)

ocurrencias) reflejan la preocupación por mejorar la durabilidad y calidad de los productos.

La Figura 2b muestra un mapa temático que clasifica los términos según su grado de desarrollo (densidad) y su relevancia (centralidad). Los temas se distribuyen en cuatro cuadrantes: temas motores, temas básicos, temas nicho y temas emergentes o en declive. En el cuadrante de temas básicos, que combina alta centralidad con baja densidad, se encuentran términos como “*phenolic-compounds*”, “*antioxidant activity*” y “*quality*”, los cuales están conectados con otros temas pero aún requieren mayor desarrollo. Indican que la investigación en compuestos fenólicos y actividad antioxidante es importante para mejorar la calidad de los productos de confitería y que se trata de un área en crecimiento con un enfoque práctico.

El cuadrante de temas nicho, con alta densidad, pero baja centralidad, incluye los términos “*polyphenols*”, “*stability*” y “*food*”, los cuales, son temas altamente especializados y se desarrollan de forma independiente, lo que sugiere que son áreas con conocimientos avanzados, pero que no están fuertemente integradas con el resto de la investigación en confitería. Sin embargo, su desarrollo puede ser relevante para aplicaciones específicas, como la mejora de la estabilidad de los productos de confitería que contengan CB, tales como polifenoles.

En el centro del mapa temático, se encuentran los términos “*growth*” y “*chemical-composition*”, que no se destacan en densidad ni en centralidad, lo que indica que son temas poco desarrollados y con baja conectividad. Esto podría representar una oportunidad para integrar mejor estos temas con el campo de la confitería, explorando cómo la composición química y el crecimiento en la exploración de fuentes naturales pueden afectar las propiedades de los dulces.

La ausencia de temas en el cuadrante de temas motores sugiere que, aunque hay áreas básicas bien establecidas, aún no existen temas con alta relevancia y desarrollo que impulsen de manera significativa este campo de investigación, lo cual presenta una oportunidad para fortalecer la investigación integrando temas básicos con desarrollos emergentes, especialmente en la optimización de formulaciones funcionales.

La Figura 2c muestra un mapa temático de red, los términos están organizados en tres clústeres principales, cada uno con un color distinto, lo cual refleja diferentes enfoques de investigación en esta área del conocimiento.

El Clúster 1, en color rojo, se llama “*polyphenols*” y abarca temas relacionados como “*stability*”, “*food*”, “*fermentation*” y “*physicochemical properties*”. Este grupo aborda principalmente la estabilización de los compuestos polifenólicos en productos alimentarios, su impacto en la salud y el uso de técnicas de fermentación para mejorar la

estabilidad y el contenido de CB. El alto valor de centralidad entre términos como “*polyphenols*” (497.09 de *betweenness centrality*) y “*stability*” (469.84 de centralidad de intermediación) indica la importancia de estos temas en la formulación y estabilización de productos de confitería, lo cual se requiere para mejorar la funcionalidad y la vida útil de los dulces que contengan polifenoles.

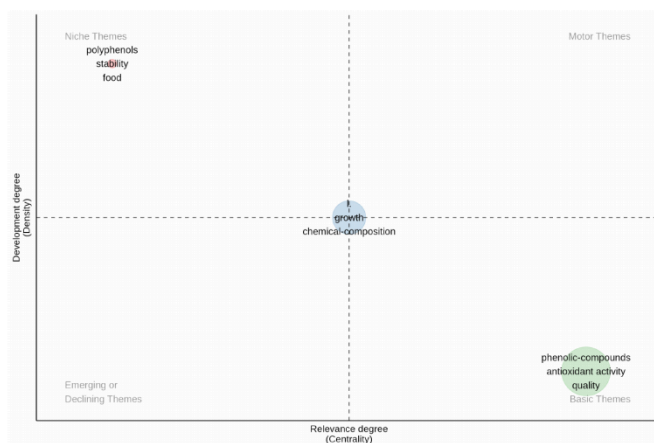
El Clúster 2, en color azul, denominado “1.” y engloba temas como “*growth*”, “*chemical-composition*”, “*essential oil*” y “*sweet basil*”. Estos términos están relacionados con la investigación sobre la caracterización de ingredientes naturales y su integración en la confitería. La alta densidad en términos como “*essential oil*” (359.63 de centralidad de intermediación) y “*chemical-composition*” (388.91 de centralidad de intermediación) sugiere un enfoque en el uso de aceites esenciales para aportar beneficios antioxidantes y mejorar las características sensoriales de los productos de confitería. Además, términos como “*yield*” y “*accumulation*” indican el interés en la eficiencia de la obtención y el procesamiento de estos ingredientes.

El Clúster 3, en color verde, se denomina “*phenolic-compounds*” y abarca términos, tales como, “*antioxidant activity*”, “*quality*” y “*bioactive compounds*”. La alta centralidad y frecuencia de “*phenolic-compounds*” (566.77 de centralidad de intermediación y 170 ocurrencias) y “*antioxidant activity*” (595.12 de centralidad de intermediación y 162 ocurrencias) destacan la relevancia de la investigación sobre la actividad antioxidante de los compuestos fenólicos y su impacto positivo en la calidad del producto final. La conexión con términos como “*quality*” (583.41 de centralidad de intermediación) indica la importancia de mantener altos estándares de calidad en la producción de confitería que incorpora ingredientes funcionales.

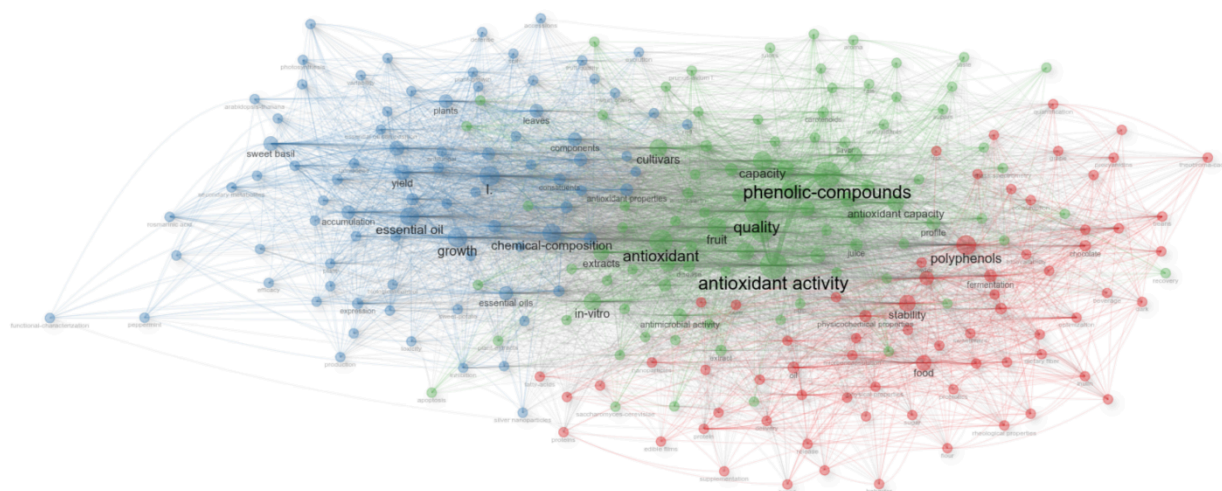
De acuerdo con los resultados, la relación que tienen estos términos con el rubro de la confitería es diversa. El uso de compuestos fenólicos y antioxidantes naturales en la formulación de dulces puede ayudar a mejorar la calidad y estabilidad de los productos, prolongando su vida útil y manteniendo sus propiedades sensoriales. La incorporación de aceites esenciales permitiría mejorar el sabor a la vez de que funcionarían como agentes conservantes naturales. Además, el desarrollo de procesos como la fermentación y la optimización de la extracción de CB puede potenciar las propiedades funcionales de los dulces, creando productos innovadores y palatables que también aportan beneficios para la salud, como la reducción del estrés oxidativo o la mejora de la salud cardiovascular. La selección de diferentes cultivares y fuentes vegetales diversifica las opciones de ingredientes y contribuye a la creación de confitería funcional adaptada a las demandas actuales del mercado.



(a)



(b)



(c)

Figura 2: Análisis temático de la investigación basado en las palabras claves de los autores, acerca del uso de compuestos bioactivos y extractos naturales en productos de confitería. (a) Nube de palabras con los términos más recurrentes en la literatura. (b) Mapa temático en el que se clasifican los términos según su centralidad y densidad, mostrando temas básicos, motores, emergentes y de nicho en el campo de investigación. (c) Mapa de red de las conexiones entre los términos, organizados en tres clústeres principales: “polyphenols” (rojo), “phenolic-compounds” (verde), representando enfoques específicos en la investigación.

3.3. Análisis factorial

La Figura 3 es un mapa de estructura conceptual generado mediante análisis de correspondencias múltiples (MCA) y muestra la distribución de términos relacionados con este campo de investigación relacionado con el uso de CB y de extractos naturales en productos de confitería. La gráfica utiliza las dimensiones 1 y 2, que explican la variabilidad de los datos para agrupar conceptos en un espacio bidimensional.

Los términos cercanos entre sí indican asociaciones más fuertes dentro del conjunto de datos, lo cual sugiere relaciones o coocurrencias frecuentes en los estudios analizados. Por ejemplo, palabras como “antioxidant.activity”, “polyphenols” y “phenolic.compounds” aparecen agrupadas, destacando su relevancia conjunta en la investigación sobre antioxidantes

en alimentos. La proximidad de “shelf life”, “storage” y “color” en la parte superior derecha sugiere la importancia de estos factores en la evaluación de la calidad y conservación de productos alimentarios.

Por otro lado, términos ubicados en los cuadrantes inferiores, tales como “chocolate”, “flavonoids” y “fermentation”, sugieren aplicaciones específicas o enfoques particulares dentro del campo. La dispersión de conceptos relacionados con “sweet basil”, “essential oils” y “biosynthesis” en la parte izquierda refleja áreas de investigación que, aunque conectadas con los temas principales, tienen particularidades o enfoques metodológicos distintos.

Este análisis permitió identificar temas estratégicos en la literatura y subtemas emergentes, proporcionando una comprensión general de las relaciones entre los conceptos investigados y las áreas con potencial para futuras exploraciones.

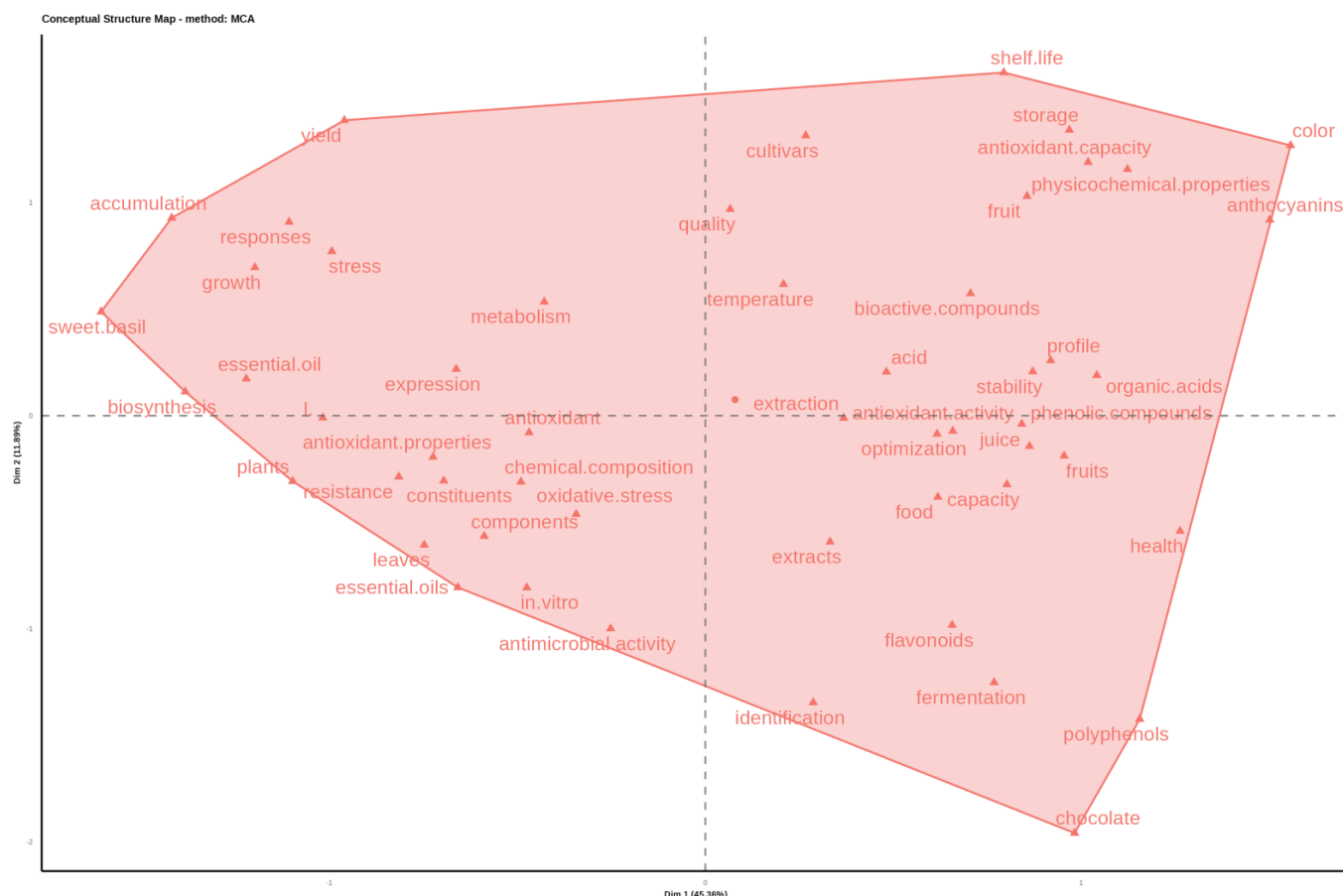


Figura 3: Mapa de estructura conceptual de la investigación sobre el uso de compuestos bioactivos y de extractos naturales en productos de confitería.

4. Retos y oportunidades en el campo de investigación

4.1. Estabilidad de los compuestos bioactivos

La estabilidad de los CB en productos de confitería enfrenta múltiples desafíos debido a su susceptibilidad a la degradación y a la pérdida de bioactividad. Por ejemplo, los polifenoles y los flavonoides, son ejemplos comunes de CB propensos a la degradación, ya que son sensibles al calor, a la luz y al oxígeno. Sin embargo, bajo condiciones adecuadas, es posible preservar su estabilidad. Un ejemplo es la incorporación de extractos de aronia, que permitió mantener altos niveles de CB en productos de confitería durante 50 días (Ghendov-Mosanu *et al.*, 2022).

Las propiedades fisicoquímicas, como la actividad de agua y el uso de hidrocoloides, también juegan un papel determinante en la estabilidad y en la vida útil de caramelos de goma. Menores valores de actividad de agua y el uso adecuado de hidrocoloides mejoran la estabilidad de los CB incorporados (Vojvodić Cebin *et al.*, 2024). Además, la formulación de los productos de confitería influye en la retención de CB, como en el caso de extractos de hierbas medicinales y probióticos en productos sin gluten, donde la estabilidad de los compuestos es una preocupación constante (Pronina *et al.*, 2024).

La interacción entre los CB y otros ingredientes, como el azúcar o las grasas, puede afectar su estabilidad. Por ejemplo, el extracto de ácido glicirrínico del regaliz es sensible a estas interacciones y, en altas concentraciones,

podría tener efectos adversos en la salud (Ming & Yin, 2013; Pietri *et al.*, 2010). Los factores ambientales, como altas temperaturas y humedad, también aceleran la inestabilidad de los CB, lo que afecta la calidad del producto (Obasa *et al.*, 2024).

Para abordar estos problemas, técnicas como la microencapsulación han sido propuestas, lo que permite conservar las propiedades sensoriales y funcionales de los CB en la confitería (Klinjapo & Krasaekoopt, 2018).

De esta manera, el uso de extractos naturales y de CB en confitería sigue presentando retos complejos relacionados con el procesamiento, el almacenamiento y la interacción con otros ingredientes, que requieren una comprensión profunda para asegurar su estabilidad.

4.2. Interacciones entre ingredientes

Las interacciones entre los CB y otros ingredientes de la formulación, en los productos de confitería, son diversas e influyen en la calidad sensorial y en las propiedades fisicoquímicas. La selección y combinación cuidadosas de estos ingredientes pueden conducir al desarrollo de productos de confitería funcionales que sean atractivos para los consumidores y que además contribuyan positivamente a su salud. Por ejemplo, las antocianinas de zanahoria negra mejoran el color y la capacidad antioxidante en chocolates (Baycar *et al.*, 2021). De manera similar, la adición de purés de frutas, como aquellos de mango, enriquece el perfil nutricional de los productos de confitería y mejora la

percepción de los atributos sensoriales (Flores-Zavala *et al.*, 2021).

La textura es otro atributo sensorial que se considera de gran importancia para la aceptación de un producto, la adición de purés o proteínas vegetales, por ejemplo, pueden influir en la textura de productos como malvaviscos o similares a estos. Por lo que se resalta la importancia de la influencia de los extractos naturales sobre los atributos sensoriales de los productos de confitería (Pronina *et al.*, 2024). Otro ejemplo es el uso de alginato y proteínas vegetales en dulces, que han probado mejorar la experiencia sensorial y la bioaccesibilidad de los compuestos adicionados (Šeremet *et al.*, 2022). La elección de edulcorantes no calóricos, también influye en las propiedades reológicas, fisicoquímicas y sensoriales de los productos de confitería (Andreone *et al.*, 2022, 2024).

4.3. Retos en la formulación sensorialmente aceptable

Debido a la naturaleza de los mismos, los extractos naturales tienen el potencial de alterar los sabores en los productos en los que son incorporados, como ocurre con la harina de algarrobo, que puede afectar negativamente las propiedades sensoriales (Boruk *et al.*, 2023). Algunos compuestos volátiles, por otro lado, pueden mejorar la percepción de dulzor sin depender del azúcar, lo que sugiere que una combinación adecuada de extractos podría ser atractiva para los consumidores (Nothnagel *et al.*, 2023; Tieman *et al.*, 2012). El color, otro atributo clave, también se ve influenciado por los extractos naturales, y si no cumple con las expectativas, puede reducir la aceptabilidad del producto (Leksrisompong *et al.*, 2012).

En cuanto al aroma, el uso de ingredientes como el azafrán puede mejorar el perfil aromático y la calidad general del producto (Sheibani *et al.*, 2019). Por lo tanto, la integración de extractos naturales a las formulaciones de estos productos, se debe hacer desde la perspectiva de las preferencias del consumidor y las interacciones sensoriales (Rizzo *et al.*, 2020; Wardy *et al.*, 2018).

4.4. Barreras tecnológicas en la incorporación de ingredientes naturales

La incorporación de CB en confitería enfrenta barreras tecnológicas, como las técnicas de extracción y la estabilidad de estos compuestos durante el procesamiento. Métodos como la extracción asistida por ultrasonido mejoran la eficiencia sin comprometer la integridad de los CB (Contreras & Castro, 2020; Martins *et al.*, 2022). Este proceso utiliza ondas sonoras que generan burbujas de cavitación en el solvente, produce mejoras en la transferencia de masa y eficiencia de extracción, facilitando la incorporación de estos CB a alimentos como los productos de confitería (Contreras & Castro, 2020; Martins *et al.*, 2022).

La extracción supercrítica de fluidos, con dióxido de carbono supercrítico como solvente, permite la extracción selectiva de CB, con un menor impacto ambiental y mejora la dispersión de los compuestos en las formulaciones (Bürck *et al.*, 2024; Quintana *et al.*, 2020). Sin embargo, los CB suelen presentar baja solubilidad, estabilidad y vulnerabilidad a factores ambientales, lo que puede generar

sabores no deseados y reducir su biodisponibilidad (Sun *et al.*, 2022; Thakur & Borah, 2021).

Para abordar estos problemas, se utilizan técnicas como la microencapsulación y la nanoencapsulación, que también pueden enmascarar sabores no deseados y extender la vida útil del producto (Martins *et al.*, 2022; Rossi *et al.*, 2021). Además, el uso de envolturas comestibles ofrece beneficios adicionales (Pedreiro *et al.*, 2021; Quirós-Sauceda *et al.*, 2014).

4.5. Regulación y percepción del consumidor

Otro desafío que se enfrenta al formular productos de confitería con ingredientes naturales, son los requerimientos para etiquetarlos, a la par de las consideraciones de seguridad. El asesoramiento del uso de extractos naturales con las regulaciones de cada país, es una constante. Estas regulaciones varían en cada país. En Europa la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA por sus siglas en Inglés), ha establecido que el uso de productos innovadores, incluyendo aquellos de origen natural, requieren de evaluaciones de seguridad rigurosas antes de poder ser comercializados (Turck *et al.*, 2017). Aunque estas regulaciones pueden alentar el proceso de innovación, cumplirlas asegura un producto de alta calidad cuyos estándares se alinean con los aquellos de los consumidores consientes.

La tendencia hacia la “etiqueta limpia” favorece productos con menos aditivos, como aquellos con frutas naturales, que son mejor aceptados que los que contienen colorantes y saborizantes artificiales (De Avelar *et al.*, 2019). Los consumidores asocian ingredientes naturales con seguridad y beneficios para la salud, lo que ha impulsado cambios en las formulaciones y mejorado la percepción del producto (De Silva *et al.*, 2021; Molin *et al.*, 2019).

4.6. Oportunidades para la innovación

La principal área de innovación para los productos de confitería ha sido la reducción de la sacarosa en estos productos, sustituyéndola por polioles (González-Otamendi *et al.*, 2024). Tal es el caso de la implementación de maltitol, que ha probado mantener propiedades texturales aceptables en geles de confitería a la vez que se reduce el contenido calórico (Dai *et al.*, 2024). Se han explorado otras alternativas como el uso de pectina de bajo metoxilo junto con jugos de fruta tratados con radiación ultravioleta C (UV-C), demostrando que se pueden crear productos reducidos en azúcar y que aun así, mantengan la calidad sensorial (Andreone *et al.*, 2022).

El mercado de los productos libres de gluten también ha experimentado un amplio crecimiento, al incluir agentes texturizantes naturales de origen vegetal, provenientes de leguminosas, los cuales pueden sustituir a ingredientes que naturalmente contienen gluten (Bordunova *et al.*, 2023; Reznichenko & Miroshina, 2024), y que mejoran la calidad nutricional, haciéndolos más apetecibles para consumidores conscientes de la salud (Omaraliyeva *et al.*, 2022).

Además, el veganismo ha impulsado el uso de hidrocoloides vegetales en productos como gomitas (Tarahi *et al.*, 2023). La incorporación de compuestos bioactivos y fibras dietarias mejora el valor nutricional y la aceptación de

los alimentos funcionales (Dai *et al.*, 2024; Tarahi *et al.*, 2023).

4.7. Nuevas tendencias y tecnologías emergentes

Los edulcorantes naturales, como los glucósidos de esteviol provenientes de Stevia rebaudiana, han ganado popularidad debido a su alta capacidad edulcorante, que puede llegar a ser 300 veces más que la sacarosa mientras se mantienen bajos en calorías (Watanabe *et al.*, 2023).

Tradicionalmente, la extracción de CB se basaba en métodos convencionales con bajos rendimientos. Sin embargo, innovaciones como la extracción asistida por ultrasonido (UAE), la extracción asistida por microondas (MAE) y la extracción supercrítica de fluidos han transformado la industria (Alsaud & Farid, 2020; Ballistreri *et al.*, 2024; Martins *et al.*, 2023). Estas tecnologías ofrecen mayor eficiencia, tiempos de extracción reducidos y menor consumo energético, alineándose con objetivos de sustentabilidad (Ballistreri *et al.*, 2024; Martins *et al.*, 2023).

La optimización de parámetros de extracción, como la temperatura y elección de solvente ha permitido maximizar el proceso de recuperación de CB (Reche *et al.*, 2021). Estudios muestran que un aumento en temperatura y agitación mejora los resultados de extracción, como se ha observado en compuestos antioxidantes de café y yerba mate (Vimercati *et al.*, 2022).

4.8. Potencial para la salud y funcionalidad

La adición de polifenoles, vitaminas y minerales de extractos naturales puede mejorar el valor nutricional de los productos de confitería (Pronina *et al.*, 2024). La reformulación de productos tradicionales, como el chocolate, con ingredientes funcionales como extractos de té, también ha demostrado aumentar su valor biológico, alineándose con la tendencia hacia productos que ofrecen beneficios para la salud (Godočiková, 2019).

En el caso del chocolate, particularmente el oscuro, es uno de los ejemplos principales de como los productos de confitería pueden ser enriquecidos para que tengan beneficios a la salud. Los CB encontrados en el cacao, como los flavonoides, se han relacionado con propiedades antioxidantes, las cuales benefician al tratamiento de las enfermedades cardiovasculares (Praseptianga *et al.*, 2021). De manera similar, la adición de especias como el jengibre o anís en el chocolate, agrega propiedades antimicrobianas y

antioxidantes además de mejorar su sabor (Aroyeun *et al.*, 2020).

Otra perspectiva innovadora incluye el uso de colorantes naturales de frutas como el açaí y la pitaya roja, que mejoran el aspecto sensorial y contribuyen con fitoquímicos beneficiosos (Da Silva *et al.*, 2016).

4.9. Sustentabilidad y economía circular

Los residuos y los subproductos de los procesos agroalimentarios, como las cáscaras de los productos vegetales o de semillas, suelen ser ricos en CB, incluyendo fenoles, carotenoides o fibras dietarias. Las propiedades benéficas como las antioxidantes, antiinflamatorias y antimicrobianas, hacen que sean ingredientes valiosos para los alimentos funcionales o nutraceuticos (Osorio *et al.*, 2021; Rațu *et al.*, 2023; Sagar *et al.*, 2018). Por ejemplo, las cáscaras de cítricos y otros residuos vegetales han sido identificadas como fuentes importantes de antioxidantes que pueden ser incorporadas a diversos productos de confitería (Panzella *et al.*, 2020).

De esta manera, la integración de subproductos de estas industrias contribuye a nuevas vías de desarrollo de productos innovadores a la vez que contribuye a la sustentabilidad, que además de los beneficios, puede llevar a la creación de sabores y texturas únicos, creando un mercado competitivo (Zarzycki *et al.*, 2024).

Finalmente, la Tabla 4 presenta un resumen de los principales retos y oportunidades en la incorporación de extractos naturales y CB en productos de confitería. Los desafíos se centran en aspectos como la estabilidad de los CB, la compatibilidad con las matrices alimentarias y la optimización de los procesos de extracción y formulación. A pesar de estos obstáculos, existen grandes oportunidades para innovar en el desarrollo de productos funcionales, que satisfagan las demandas de los consumidores en cuanto a sabor y calidad, además de que ofrezcan beneficios adicionales para la salud, como efectos antioxidantes o antiinflamatorios. La diversificación de fuentes naturales, la investigación en nuevos métodos de conservación y la personalización de productos según las tendencias del mercado, representan áreas con un gran potencial de crecimiento. Por lo tanto, la integración de ingredientes naturales y CB en la confitería puede transformar este sector al ofrecer dulces más saludables y funcionales, siempre y cuando se superen los retos tecnológicos y científicos asociados.

Tabla 4: Resumen de los retos y oportunidades en la incorporación de extractos naturales y compuestos bioactivos en productos de confitería.

Categoría	Retos identificados	Oportunidades
Estabilidad de compuestos bioactivos	Susceptibilidad a la degradación por calor, luz y oxígeno, lo cual afecta la bioactividad y propiedades sensoriales.	Uso de técnicas como la microencapsulación para proteger y prolongar la estabilidad de los compuestos activos.
Interacciones entre ingredientes	Las interacciones entre compuestos bioactivos y otros ingredientes pueden afectar el color, la textura y la estabilidad del producto.	Mejorar las formulaciones optimizando la combinación de ingredientes para potenciar la estabilidad y calidad sensorial.
Formulación sensorialmente aceptable	Dificultades en mantener propiedades sensoriales deseadas, ya que los extractos naturales pueden alterar el sabor y color.	Uso de extractos volátiles y naturales para mejorar el perfil sensorial sin recurrir a aditivos artificiales.

Barreras tecnológicas	Limitaciones en técnicas de extracción convencionales y estabilidad de compuestos durante el procesamiento.	Implementación de tecnologías emergentes, como la extracción asistida por ultrasonido y la extracción supercrítica.
Regulación y percepción del consumidor	Cumplir con los estándares regulatorios y satisfacer la demanda de productos con “etiqueta limpia”.	Adaptación a tendencias de mercado ofreciendo productos sin aditivos artificiales, mejorando la transparencia.
Innovación y sustentabilidad	Aprovechar subproductos agrícolas para la obtención de compuestos bioactivos puede ser complejo y costoso.	Fomentar la economía circular al reutilizar residuos vegetales para enriquecer la confitería con ingredientes funcionales.

5. Conclusiones y perspectivas

En la presente investigación se observó que los avances en técnicas de extracción han permitido una mejor incorporación de compuestos bioactivos, como los polifenoles, lo que mejora la calidad nutricional y sensorial de los productos alimenticios y que podrían aplicarse a los productos de confitería. Sin embargo, se identificaron retos significativos, incluyendo la estabilidad de los CB y la interacción compleja con otros ingredientes, que pueden afectar la actividad funcional y propiedades organolépticas. El análisis bibliométrico mostró un crecimiento en la producción científica y un enfoque en temas como la estabilidad y la actividad antioxidante, reflejando un interés creciente en la incorporación de ingredientes naturales en la confitería.

De cara al futuro, la investigación debe abordar la optimización de formulaciones que mantengan la estabilidad y la funcionalidad de los CB. Es necesario desarrollar métodos más precisos para evaluar la actividad antioxidante y explorar nuevas técnicas para la microencapsulación y protección de estos compuestos durante el procesamiento. La integración de ingredientes funcionales en productos de confitería responde a las demandas del mercado por opciones más saludables y abre nuevas oportunidades para innovar en la industria, especialmente en el desarrollo de dulces con beneficios adicionales para la salud.

6. Acrónimos

CB	Compuestos bioactivos
MCA	Análisis de correspondencias múltiple

Agradecimientos

Los autores agradecen al Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNII-CONAHCyT) y a la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH) por su apoyo en la realización de esta investigación. Finalmente, los autores dedican esta investigación a la memoria del Dr. Santiago Ricardo Tomás Filardo Kerstupp (1945-2021).

Referencias

Albuquerque, B. R., Heleno, S. A., Oliveira, M. B. P. P., Barros, L., & Ferreira, I. C. F. R. (2021). Phenolic compounds: Current industrial applications, limitations and future challenges. *Food & Function*, 12(1), 14-29. <https://doi.org/10.1039/D0FO02324H>

Algarni, E. H. A. (2020). *Extraction of Natural Pigments from Food-Industrial Waste and their Use in the Manufacture of Jelly Candy for a Child*.

Alsaud, N., & Farid, M. (2020). Insight into the Influence of Grinding on the Extraction Efficiency of Selected Bioactive Compounds from Various Plant Leaves. *Applied Sciences*, 10(18), 6362. <https://doi.org/10.3390/app10186362>

Alves, M. J. D. S., Chacon, W. D. C., Rodrigues Monteiro, A., & Ayala Valencia, G. (2024). Gelatin Candies Architected with Active Starch Nanoparticles Containing Phenolic Compounds from Propolis Extract. *Starch - Stärke*, 76(3-4), 2300162. <https://doi.org/10.1002/star.202300162>

Andreone, A., Kozono, M. L., Schenk, M., & Guerrero, S. (2024). A multidimensional evaluation of the effects of sweetener selection and UV-C treatment on orange juice and pectin-based confectionery gels. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 104(5), 3013-3026. <https://doi.org/10.1002/jsfa.13193>

Andreone, A., Schenk, M., Ferrario, M., & Guerrero, S. (2022). Development of sweet confectioneries produced from pilot-scale UV-C treated orange juice, low-methoxyl pectin and different sugar-substitute blends. Impact on physicochemical, rheological and sensory properties. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(3). <https://doi.org/10.1111/jfpp.16403>

Apak, R., Güçlü, K., Özyürek, M., Esin Karademir, S., & Erçağ, E. (2006). The cupric ion reducing antioxidant capacity and polyphenolic content of some herbal teas. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 57(5-6), 292-304. <https://doi.org/10.1080/09637480600798132>

Aroyeun, S. O., Okunade, A. F., Obatoye, A. O., & Olalekna, M. A. (2020). Nutritional Profile and Organoleptic Qualities of Milk Chocolate Incorporated with Different Spices. *Asian Food Science Journal*, 1-8. <https://doi.org/10.9734/afsj/2019/v13i430117>

Aussama, S., Withida, C., & Hathairat, R. (2023). Enhancing sweetness perception with vanilla extract: Strategy for developing low-sugar food formulations for the elderly. *Agriculture and Natural Resources*, 57(6). <https://doi.org/10.34044/j.anres.2023.57.6.14>

Balica, G., Vostinaru, O., Stefanescu, C., Mogosan, C., Iaru, I., Cristina, A., & Pop, C. E. (2021). Potential Role of Propolis in the Prevention and Treatment of Metabolic Diseases. *Plants*, 10(5), 883. <https://doi.org/10.3390/plants10050883>

Ballistreri, G., Amenta, M., Fabroni, S., Timpanaro, N., & Platania, G. M. (2024). Sustainable Extraction Protocols for the Recovery of Bioactive Compounds from By-Products of Pomegranate Fruit Processing. *Foods*, 13(12), 1793. <https://doi.org/10.3390/foods13121793>

Baycar, A., Konar, N., Poyrazoglu, E. S., Goktas, H., & Sagdic, O. (2021). Using white spread and compound chocolate as phenolic compound delivering agent: A model study with black carrot extract. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(5). <https://doi.org/10.1111/jfpp.15392>

Bordunova, O., Golovko, T., Golovko, M., Samokhina, Y., Vasilenko, O., Prymenko, V., Bolgova, N., Koshel, O., & Oliinyk, D. (2023). Low-gluten shortbread enriched with sweet potato powder (Ipomoea batatas var. Portu Orange): Quality and texture indicators. *Technology audit and production reserves*, 3(3(71)), 46-51. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2023.283629>

Boruk, S., Winkler, I., Romanovska, O., & Pilyugina, I. (2023). Some rheological and organoleptic properties of the biscuit dough with cacao and carob flour. *Food and Environment Safety Journal*, 22(4). <https://doi.org/10.4316/fens.2023.021>

Bürck, M., Ramos, S. D. P., & Braga, A. R. C. (2024). Enhancing the Biological Effects of Bioactive Compounds from Microalgae through Advanced Processing Techniques: Pioneering Ingredients for Next-Generation Food Production. *Foods*, 13(12), 1811. <https://doi.org/10.3390/foods13121811>

Cano-Lamadrid, M., Calín-Sánchez, Á., Clemente-Villalba, J., Hernández, F., Carbonell-Barrachina, Á. A., Sendra, E., & Wojdyto, A. (2020). Quality Parameters and Consumer Acceptance of Jelly Candies Based on Pomegranate Juice “Mollar de Elche”. *Foods*, 9(4), 516. <https://doi.org/10.3390/foods9040516>

- Cedeño-Pinos, C., Martínez-Tomé, M., Murcia, M. A., Jordán, M. J., & Bañón, S. (2020). Assessment of Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) Extract as Antioxidant in Jelly Candies Made with Fructan Fibres and Stevia. *Antioxidants*, 9(12), 1289. <https://doi.org/10.3390/antiox9121289>
- Contreras, M. D. M., & Castro, E. (2020). Extraction Strategies to Recover Bioactive Compounds, Incorporation into Food and Health Benefits: Current Works and Future Challenges. *Foods*, 9(4), 393. <https://doi.org/10.3390/foods9040393>
- Da Silva, L. B., Annetta, F. E., Alves, A. B., Queiroz, M. B., Fadini, A. L., Da Silva, M. G., & Efraim, P. (2016). Effect of differently processed açai (*Euterpe oleracea* Mart.) on the retention of phenolics and anthocyanins in chewy candies. *International Journal of Food Science & Technology*, 51(12), 2603-2612. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13245>
- Da Silva Pinto, M., Lajolo, F. M., & Genovese, M. I. (2008). Bioactive compounds and quantification of total ellagic acid in strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Food Chemistry*, 107(4), 1629-1635. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.10.038>
- Dai, M., Wang, X., Gao, L., Zhang, L., Lai, B., Wang, C., Yan, J., & Wu, H. (2024). Effect of black wolfberry anthocyanin and maltitol on the gelation and microstructural properties of curdlan/gellan gum hybrid gels. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 104(6), 3749-3756. <https://doi.org/10.1002/jsfa.13259>
- De Avelar, M. H. M., Da Silva, L. B., De Azevedo, F. B., & Efraim, P. (2019). A byproduct of uvaia (*Eugenia pyriformis*) processing as a natural source for coloring sugar hard-panning confections. *Journal of Food Process Engineering*, 42(7), e13250. <https://doi.org/10.1111/jfpe.13250>
- De Silva, D. A. M., Jeewanthi, R. K. C., Rajapaksha, R. H. N., Weddagala, W. M. T. B., Hirotsu, N., Shimizu, B., & Munasinghe, M. A. J. P. (2021). Clean vs dirty labels: Transparency and authenticity of the labels of Ceylon cinnamon. *PLOS ONE*, 16(11), e0260474. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0260474>
- De Souza, V. R., Pereira, P. A. P., Da Silva, T. L. T., De Oliveira Lima, L. C., Pio, R., & Queiroz, F. (2014). Determination of the bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Brazilian blackberry, red raspberry, strawberry, blueberry and sweet cherry fruits. *Food Chemistry*, 156, 362-368. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.01.125>
- Efe, N., & Dawson, P. (2022). A Review: Sugar-Based Confectionery and the Importance of Ingredients. *European Journal of Agriculture and Food Sciences*, 4(5), 1-8. <https://doi.org/10.24018/efood.2022.4.5.552>
- Federzoni, V., Alvim, I. D., Fadini, A. L., Silva, L. B. D., & Queiroz, M. B. (2019). Co-crystallization of paprika oleoresin and storage stability study. *Food Science and Technology*, 39(suppl 1), 182-189. <https://doi.org/10.1590/fst.41617>
- Fernando Reyes, L., Emilio Villarreal, J., & Cisneros-Zevallos, L. (2007). The increase in antioxidant capacity after wounding depends on the type of fruit or vegetable tissue. *Food Chemistry*, 101(3), 1254-1262. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.03.032>
- Flores-Zavala, D., Luzardo-Ocampo, I., Olivas-Aguirre, F. J., Wall-Medrano, A., Loarca-Piña, G., Andrade, J. E., & Gaytán-Martínez, M. (2021). Mango (*Mangifera indica* L.) Bagasse-Added Gum Confections Are a Source of Bioactive Compounds Exhibiting Prebiotic Effects In Vitro. *The 2nd International Electronic Conference on Foods—Future Foods and Food Technologies for a Sustainable World”*, 94. <https://doi.org/10.3390/Foods2021-10995>
- Prolova, N., Praskova, Y., & Reznichenko, I. (2019). Regional aspects of the international development of the confectionery industry for the border areas of the Far Eastern region. *Proceedings of the International Conference on Sustainable Development of Cross-Border Regions: Economic, Social and Security Challenges (ICSDCBR 2019)*. Proceedings of the International Conference on Sustainable Development of Cross-Border Regions: Economic, Social and Security Challenges (ICSDCBR 2019), Barnaul, Russia. <https://doi.org/10.2991/icsdcbr-19.2019.19>
- García-Curiel, L., Guadalupe Pérez Flores, J., Guillermo González-Olivares, L., Antonio Guerrero-Solano, J., Contreras-López, E., Pérez-Escalante, E., Anahí Portillo-Torres, L., & Lizbeth Sebastián-Nicolás, J. (2024). Probiotics and Metabolic Syndrome: A bibliometric analysis and overview of dietary interventions. En *Weight Loss—A Multidisciplinary Perspective [Working Title]*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.1004605>
- Ghendov-Mosanu, A., Ungureanu-Iuga, M., Mironeasa, S., & Sturza, R. (2022). Aronia Extracts in the Production of Confectionery Masses. *Applied Sciences*, 12(15), 7664. <https://doi.org/10.3390/app12157664>
- Godóčiková, L. (2019). The impact of addition of different tea powders on the biological value of white chocolates. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 9(Special issue), 396-399. <https://doi.org/10.15414/jmbfs.2019.9.special.396-399>
- González-Otamendi, M. D. J., Pérez-Flores, J. G., Contreras-López, E., Soto-Vega, K., García-Curiel, L., Pérez-Escalante, E., Islas-Martínez, D., Jijón, C. A., & Portillo-Torres, L. A. (2024). Uso de Polioles en la Industria de la Confitería. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(3), 499-528. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.11259
- Hirsch, J. E. (2005). An index to quantify an individual's scientific research output. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102(46), 16569-16572. <https://doi.org/10.1073/pnas.0507655102>
- Khadhraoui, B., Ummat, V., Tiwari, B. K., Fabiano-Tixier, A. S., & Chemat, F. (2021). Review of ultrasound combinations with hybrid and innovative techniques for extraction and processing of food and natural products. *Ultrasonics Sonochemistry*, 76, 105625. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2021.105625>
- Klinjapo, R., & Krasaekoopt, W. (2018). Microencapsulation of Color and Flavor in Confectionery Products. En *Natural and Artificial Flavoring Agents and Food Dyes* (pp. 457-494). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811518-3.00014-4>
- Koeduka, T., Fridman, E., Gang, D. R., Vassão, D. G., Jackson, B. L., Kish, C. M., Orlova, I., Spassova, S. M., Lewis, N. G., Noel, J. P., Baiga, T. J., Dudareva, N., & Pichersky, E. (2006). Eugenol and isoeugenol, characteristic aromatic constituents of spices, are biosynthesized via reduction of a coniferyl alcohol ester. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(26), 10128-10133. <https://doi.org/10.1073/pnas.0603732103>
- Konar, N., Gunes, R., Palabiyik, I., & Tokar, O. S. (2022). Health conscious consumers and sugar confectionery: Present aspects and projections. *Trends in Food Science & Technology*, 123, 57-68. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.02.001>
- Kosicka-Gębska, M., Jeżewska-Zychowicz, M., Gębski, J., Sajdakowska, M., Niewiadomska, K., & Nicewicz, R. (2022). Consumer Motives for Choosing Fruit and Cereal Bars—Differences Due to Consumer Lifestyles, Attitudes toward the Product, and Expectations. *Nutrients*, 14(13), 2710. <https://doi.org/10.3390/nu14132710>
- Kuber, B. R., D. Sravya, & I. Theja. (2022). Innovative emerging technologies for extraction of phytochemicals from natural sources. *International Journal on Biological Sciences*, 13(02), 120-126. <https://doi.org/10.53390/ijbs.v13i2.4>
- Lattanzio, V., Kroon, P. A., Linsalata, V., & Cardinali, A. (2009). Globe artichoke: A functional food and source of nutraceutical ingredients. *Journal of Functional Foods*, 1(2), 131-144. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2009.01.002>
- Leksrisompong, P. P., Whitson, M. E., Truong, V. D., & Drake, M. A. (2012). Sensory attributes and consumer acceptance of sweet potato cultivars with varying flesh colors. *Journal of Sensory Studies*, 27(1), 59-69. <https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.2011.00367.x>
- Liu, H., Tan, L., Huang, X., Liao, Y., Zhang, W., Li, P., Wang, Y., Peng, W., Wu, Z., Su, W., & Yao, H. (2018). Chromatogram-Bioactivity Correlation-Based Discovery and Identification of Three Bioactive Compounds Affecting Endothelial Function in Ginkgo Biloba Extract. *Molecules*, 23(5), 1071. <https://doi.org/10.3390/molecules23051071>
- Macuglia Spanemberg, F. E., Sellitto, M. A., Mailan Porto, L., Cruz Dos Santos, A., & Canez Lemos Souza, Á. (2022). Shelf life estimation of glassy confections using moisture sorption isotherms. *Journal of Food Process Engineering*, 45(5), e14024. <https://doi.org/10.1111/jfpe.14024>
- Martins, Pintado, M. E., Morais, R. M. S. C., & Morais, A. M. B. (2022). Valorisation of Micro/Nanoencapsulated Bioactive Compounds from Plant Sources for Food Applications Towards Sustainability. *Foods*, 12(1), 32. <https://doi.org/10.3390/foods12010032>
- Martins, R., Barbosa, A., Advinha, B., Sales, H., Pontes, R., & Nunes, J. (2023). Green Extraction Techniques of Bioactive Compounds: A State-of-the-Art Review. *Processes*, 11(8), 2255. <https://doi.org/10.3390/pr11082255>
- Martirosyan, D., & Miller, E. (2018). Bioactive Compounds: The Key to Functional Foods. *Bioactive Compounds in Health and Disease*, 1(3), 36. <https://doi.org/10.31989/bchd.v1i3.539>
- Medeiros Vinci, R., Mestdag, F., & De Meulenaer, B. (2012). Acrylamide formation in fried potato products – Present and future, a critical review on mitigation strategies. *Food Chemistry*, 133(4), 1138-1154. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.08.001>
- Ming, L. J., & Yin, A. C. Y. (2013). Therapeutic Effects of Glycyrrhizic Acid. *Natural Product Communications*, 8(3), 1934578X1300800335. <https://doi.org/10.1177/1934578X1300800335>
- Misharina, T., Terenina, M., Emanuel Institute of Biochemical Physics, Russian Academy of Sciences 4 Kosygina str., 119334 Moscow, Russia, Krikunova, N., & Emanuel Institute of Biochemical Physics, Russian Academy of Sciences 4 Kosygina str., 119334 Moscow, Russia. (2011).

- Inhibition of 2-Hexenal Autooxidation by Essential Oils from Clove Bud, Laurel, Cardamom, Nutmeg and Mace. *Chemistry & Chemical Technology*, 5(2), 161-165. <https://doi.org/10.23939/chcht05.02.161>
- Moghaddas Kia, E., Ghaderzadeh, S., Mojaddar Langroodi, A., Ghasempour, Z., & Ehsani, A. (2020). Red beet extract usage in gelatin/gellan based gummy candy formulation introducing *Salix aegyptiaca* distillate as a flavouring agent. *Journal of Food Science and Technology*, 57(9), 3355-3362. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04368-8>
- Molin, T. R. D., Leal, G. C., Muratt, D. T., Marcon, G. Z., Carvalho, L. M. D., & Viana, C. (2019). Regulatory framework for dietary supplements and the public health challenge. *Revista de Saúde Pública*, 53, 90. <https://doi.org/10.11606/s1518-8787.2019053001263>
- Nothnagel, T., Ulrich, D., Dunemann, F., & Budahn, H. (2023). Sensory Perception and Consumer Acceptance of Carrot Cultivars Are Influenced by Their Metabolic Profiles for Volatile and Non-Volatile Organic Compounds. *Foods*, 12(24), 4389. <https://doi.org/10.3390/foods12244389>
- Obasa, P., Adenike Adejumo, B., Agajo, J., Tunde Olorunsogo, S., & Fadepe, L. (2024). Polyphenol Extraction for the Enhancement of Food Lipid Quality, with an Emphasis on the Roles of Extraction Technologies, Moisture and Drying Temperature. En S. Bhattacharyya (Ed.), *Drying Science and Technology*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.112946>
- Omaraliyeva, A., Botbayeva, Z., Agedilova, M., Abilova, M., Nurtayeva, A., & Baishugulova, S. (2022). Development of the recipe composition of gluten-free flour confectionery products based on chickpea flour. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6(11 (120)), 109-125. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.269397>
- Osorio, L. L. D. R., Flórez-López, E., & Grande-Tovar, C. D. (2021). The Potential of Selected Agri-Food Loss and Waste to Contribute to a Circular Economy: Applications in the Food, Cosmetic and Pharmaceutical Industries. *Molecules*, 26(2), 515. <https://doi.org/10.3390/molecules26020515>
- Otálora, M. C., De Jesús Barbosa, H., Perilla, J. E., Osorio, C., & Nazareno, M. A. (2019). Encapsulated betalains (*Opuntia ficus-indica*) as natural colorants. Case study: Gummy candies. *LWT*, 103, 222-227. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.12.074>
- Pădureț, S., Zimbru, R.-O., & Amariei, S. (2020). Texture and rheological evaluation of aerated confectionery. *Ovidius University Annals of Chemistry*, 31(1), 60-65. <https://doi.org/10.2478/auoc-2020-0012>
- Panzella, L., Moccia, F., Nasti, R., Marzorati, S., Verotta, L., & Napolitano, A. (2020). Bioactive Phenolic Compounds From Agri-Food Wastes: An Update on Green and Sustainable Extraction Methodologies. *Frontiers in Nutrition*, 7, 60. <https://doi.org/10.3389/fnut.2020.00060>
- Pedreiro, S., Figueirinha, A., Silva, A. S., & Ramos, F. (2021). Bioactive Edible Films and Coatings Based in Gums and Starch: Phenolic Enrichment and Foods Application. *Coatings*, 11(11), 1393. <https://doi.org/10.3390/coatings11111393>
- Pérez-Flores, J. G., García-Curiel, L., Pérez-Escalante, E., Contreras-López, E., & Olloqui, E. J. (2024). Arabinoxylans matrixes as a potential material for drug delivery systems development—A bibliometric analysis and literature review. *Heliyon*, 10(3), e25445. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25445>
- Pietri, A., Rastelli, S., & Bertuzzi, T. (2010). Ochratoxin A and Aflatoxins in Liquorice Products. *Toxins*, 2(4), 758-770. <https://doi.org/10.3390/toxins2040758>
- Praseptiangga, D., Qomaruzzaman, A. R., & Manuhara, G. J. (2021). The Effect of Clove Leaves Essential Oil Addition on Physicochemical and Sensory Characteristics of Milk Chocolate Bar. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 11(1), 165-171. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.11.1.12664>
- Pronina, Y., Belozertseva, O., Nabyeva, Z., Pirozzi, A., Carpentieri, S., Ferrari, G., Bazylkhanova, E., & Burlayeva, A. (2024). Enhancing nutritional value and health benefits of gluten-free confectionery products: Innovative pastilles and marshmallows. *Frontiers in Nutrition*, 10, 1321004. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1321004>
- Quintana, S. E., Hernández, D. M., Villanueva-Bermejo, D., García-Risco, M. R., & Fornari, T. (2020). Fractionation and precipitation of licorice (*Glycyrrhiza glabra* L.) phytochemicals by supercritical antisolvent (SAS) technique. *LWT*, 126, 109315. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109315>
- Quiros-Sauceda, A. E., Ayala-Zavala, J. F., Olivas, G. I., & González-Aguilar, G. A. (2014). Edible coatings as encapsulating matrices for bioactive compounds: A review. *Journal of Food Science and Technology*, 51(9), 1674-1685. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1246-x>
- Rațu, R. N., Veleșcu, I. D., Stoica, F., Usturoi, A., Arsenoaia, V. N., Crivei, I. C., Postolache, A. N., Lipșa, F. D., Filipov, F., Florea, A. M., Chițea, M. A., & Brumă, I. S. (2023). Application of Agri-Food By-Products in the Food Industry. *Agriculture*, 13(8), 1559. <https://doi.org/10.3390/agriculture13081559>
- Reche, C., Rosselló, C., Umaña, M. M., Eim, V., & Simal, S. (2021). Mathematical Modelling of Ultrasound-Assisted Extraction Kinetics of Bioactive Compounds from Artichoke By-Products. *Foods*, 10(5), 931. <https://doi.org/10.3390/foods10050931>
- Reznichenko, I., & Miroshina, T. (2024). Modern types of gluten-free raw materials: Application prospects in flour confectionery products technology. *Bulletin of KSAU*, 0(6), 212-219. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2024-6-212-219>
- Rizzo, P. V., Harwood, W. S., & Drake, M. A. (2020). Consumer desires and perceptions of lactose-free milk. *Journal of Dairy Science*, 103(8), 6950-6966. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17940>
- Rossi, Y. E., Vanden Braber, N. L., Diaz Vergara, L. I., & Montenegro, M. A. (2021). Bioactive Ingredients Obtained from Agro-industrial Byproducts: Recent Advances and Innovation in Micro- and Nanoencapsulation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 69(50), 15066-15075. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.1c05447>
- 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/10.1111/1541-4337.12330>
- Sánchez, E., García, S., & Heredia, N. (2010). Extracts of Edible and Medicinal Plants Damage Membranes of *Vibrio cholerae*. *Applied and Environmental Microbiology*, 76(20), 6888-6894. <https://doi.org/10.1128/AEM.03052-09>
- Šarolić, M., Gugić, M., Tuberoso, C., Jerković, I., Šuste, M., Marijanović, Z., & Kuš, P. (2014). Volatile Profile, Phytochemicals and Antioxidant Activity of Virgin Olive Oils from Croatian Autochthonous Varieties Mašnjača and Krvavica in Comparison with Italian Variety Leccino. *Molecules*, 19(1), 881-895. <https://doi.org/10.3390/molecules19010881>
- Šeremet, D., Štefančić, M., Petrović, P., Kuzmić, S., Doroci, S., Mandura Jarić, A., Vojvodić Cebin, A., Pjanović, R., & Komes, D. (2022). Development, Characterization and Incorporation of Alginate-Plant Protein Covered Liposomes Containing Ground Ivy (*Glechoma hederacea* L.) Extract into Candies. *Foods*, 11(12), 1816. <https://doi.org/10.3390/foods11121816>
- Serrano, M., Guillén, F., Martínez-Romero, D., Castillo, S., & Valero, D. (2005). Chemical Constituents and Antioxidant Activity of Sweet Cherry at Different Ripening Stages. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(7), 2741-2745. <https://doi.org/10.1021/jf0479160>
- Shaaruddin, S., Ghazali, H. M., Hamed Mirhosseini, S., & Muhammad, K. (2017). Stability of betanin in pitaya powder and confection as affected by resistant maltodextrin. *LWT*, 84, 129-134. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.05.031>
- Sheibani, E., Matinfar, G., Jazaeri, S., & Mohammadi, A. (2019). Influences of sensory and non-sensory factors on consumer perception of saffroned products. *British Food Journal*, 121(11), 2883-2900. <https://doi.org/10.1108/BFJ-12-2018-0838>
- Starch - Stärke, 76(3-4), 2300162. <https://doi.org/10.1002/star.202300162>
- Sun, X., Wang, H., Li, S., Song, C., Zhang, S., Ren, J., & Udenigwe, C. C. (2022). Maillard-Type Protein–Polysaccharide Conjugates and Electrostatic Protein–Polysaccharide Complexes as Delivery Vehicles for Food Bioactive Ingredients: Formation, Types, and Applications. *Gels*, 8(2), 135. <https://doi.org/10.3390/gels8020135>
- Tarahi, M., Tahmouzi, S., Kianiani, M. R., Ezzati, S., Hedayati, S., & Niakousari, M. (2023). Current Innovations in the Development of Functional Gummy Candies. *Foods*, 13(1), 76. <https://doi.org/10.3390/foods13010076>
- Thakur, J., & Borah, A. (2021). Microcapsules of bioactive compounds from fruits and vegetables waste and their utilization: A review. *The Pharma Innovation*, 10(5), 151-157. <https://doi.org/10.22271/tpi.2021.v10.i5c.6191>
- The food tech. (2024). *Confitería mexicana: Cómo está formada esta industria tradicional que continúa en expansión*. <https://thefoodtech.com/industria-alimentaria-hoy/confiteria-en-mexico-creatividad-y-tradicion-en-un-mercado-en-expansion/>
- Tieman, D., Bliss, P., McIntyre, L. M., Blandon-Ubeda, A., Bies, D., Odabasi, A. Z., Rodríguez, G. R., van der Knaap, E., Taylor, M. G., Goulet, C., Mageroy, M. H., Snyder, D. J., Colquhoun, T., Moskowitz, H., Clark, D. G., Sims, C., Bartoshuk, L., & Klee, H. J. (2012). The Chemical Interactions Underlying Tomato Flavor Preferences. *Current Biology*, 22(11), 1035-1039. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2012.04.016>
- Toro, M. T., Ortiz, J., Becerra, J., Zapata, N., Fierro, P., Illanes, M., & López, M. D. (2021). Strategies of Elicitation to Enhance Bioactive Compound Content in Edible Plant Sprouts: A Bibliometric Study. *Plants*, 10(12), 2759. <https://doi.org/10.3390/plants10122759>

- Toshkhodjaev, N. A., & Rakhmonova, D. A. (2023). Development of the recipe and technology of flour confectionery with the addition of jerusalem artichoke concentrate. *The Journal of Almaty Technological University*, 1(3), 147-153. <https://doi.org/10.48184/2304-568X-2023-3-147-153>
- Turck, D., Bresson, J., Burlingame, B., Dean, T., Fairweather-Tait, S., Heinonen, M., Hirsch-Ernst, K. I., Mangelsdorf, I., McArdle, H. J., Naska, A., Neuhäuser-Berthold, M., Nowicka, G., Pentieva, K., Sanz, Y., Siani, A., Sjödin, A., Stern, M., Tomé, D., Vinceti, M., ... van Loveren, H. (2017). Statement on the safety of taxifolin-rich extract from Dahurian Larch (*Larix gmelinii*). *EFSA Journal*, 15(11). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2017.5059>
- Vilas-Boas, A. A., Pintado, M., & Oliveira, A. L. S. (2021). Natural Bioactive Compounds from Food Waste: Toxicity and Safety Concerns. *Foods*, 10(7), 1564. <https://doi.org/10.3390/foods10071564>
- Vimercati, W. C., Da Silva Araújo, C., Macedo, L. L., & Pimenta, C. J. (2022). Optimal extraction condition for the recovery of bioactive compounds and antioxidants from coffee silverskin. *Journal of Food Process Engineering*, 45(4), e14009. <https://doi.org/10.1111/jfpe.14009>
- Vojvodić Cebin, A., Bunić, M., Mandura Jarić, A., Šeremet, D., & Komes, D. (2024). Physicochemical and Sensory Stability Evaluation of Gummy Candies Fortified with Mountain Germander Extract and Prebiotics. *Polymers*, 16(2), 259. <https://doi.org/10.3390/polym16020259>
- Wardy, W., Jack, A. R., Chonpracha, P., Alonso, J. R., King, J. M., & Prinyawiwatkul, W. (2018). Gluten-free muffins: Effects of sugar reduction and health benefit information on consumer liking, emotion, and purchase intent. *International Journal of Food Science & Technology*, 53(1), 262-269. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13582>
- Watanabe, T., Fujikawa, K., Urai, S., Iwaki, K., Hirai, T., Miyagawa, K., Uratani, H., Yamagaki, T., Nagao, K., Yokoo, Y., & Shimamoto, K. (2023). Identification, Chemical Synthesis, and Sweetness Evaluation of Rhamnose or Xylose Containing Steviol Glycosides of Stevia (*Stevia rebaudiana*) Leaves. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 71(29), 11158-11169. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.3c01753>
- Williams, G., Adjei, M. Y., Ahadzi, P., Aboagye, C. W., Agbenorhevi, J. K., De-Souza, L. D. K., Kpodo, F. M., & Pawar, G. (2024). Proximate Composition and Relative Preference Mapping of Milk Chocolate Emulsified with Okra Pectin. *Journal of Science and Technology (Ghana)*, 42(2), 62-75. <https://doi.org/10.4314/jst.v42i2.5>
- Yang, J., Meyers, K. J., Van Der Heide, J., & Liu, R. H. (2004). Varietal Differences in Phenolic Content and Antioxidant and Antiproliferative Activities of Onions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(22), 6787-6793. <https://doi.org/10.1021/jf0307144>
- Zarzycki, P., Wirkijowska, A., Teterycz, D., & Łysakowska, P. (2024). Innovations in Wheat Bread: Using Food Industry By-Products for Better Quality and Nutrition. *Applied Sciences*, 14(10), 3976. <https://doi.org/10.3390/app14103976>