

# Capacidad antioxidante en helados y derivados lácteos

## Antioxidant capacity in ice cream and dairy products

Laura Marcela Campo <sup>1</sup>, Juan Sebastián Ramírez-Navas <sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Santiago de Cali. Cali, Colombia. ✉ [laura.campo01@usc.edu.co](mailto:laura.campo01@usc.edu.co)

<sup>2</sup>Departamento de Alimentación y Nutrición. Pontificia Universidad Javeriana. Cali, Colombia. Universidad Santiago de Cali. Cali, Colombia. ✉ [juan.ramireznavas@javerianacali.edu.co](mailto:juan.ramireznavas@javerianacali.edu.co)

Rec.: 17/09/2021 Acep.: 09/11/2021

**Resumen** En la actualidad, se ha incrementado la tendencia global del consumo de alimentos o productos con potencial funcional de beneficiar a la salud humana. Gran parte de los compuestos bioactivos o ingredientes naturales empleados en los productos alimenticios funcionales derivan de plantas medicinales, frutas y vegetales. Una de las principales funciones reportadas es la disminución del riesgo de enfermedades degenerativas, que logra orientar las investigaciones, principalmente a la caracterización de componentes antioxidantes específicos. Por lo tanto, esta revisión se centra en exponer el poder antioxidante de compuestos bioactivos e ingredientes funcionales que se utilizan en algunos derivados lácteos y helados, evidenciando sus beneficios sobre la salud humana a través de su aprovechamiento en productos alimenticios.

**Palabras clave:** poder antioxidante; helados; lácteos; ingredientes funcionales.

**Abstract** Currently, there is a global trend towards the consumption of foods that provide beneficial health effects. The leading research shows that using bioactive compounds derived from plants as a source of functional ingredients in food products can reduce the risk of degenerative diseases, managing to direct research mainly to the characterization of different types of fruits and their content of specific antioxidant components. Therefore, this review exposes the antioxidant power of functional ingredients in ice cream and some dairy products, showing their benefits on human health through their use in food products.

**Keywords:** antioxidant power; ice cream; dairy products; functional ingredients.

---

## Introducción

El aumento del conocimiento y la investigación sobre la relación entre alimentación y salud, junto con la necesidad tecnológica de innovaciones, ha generado nuevos productos, algunos de los cuales tienen el potencial funcional de beneficiar la salud humana (Granato *et al.*, 2018; Gremski *et al.*, 2019). Los alimentos funcionales (AF) o alimentos saludables proveen beneficios a la salud. Más allá de su efecto nutricional, favorecen una o más funciones fisiológicas en el cuerpo humano, al mejorar la condición física general y/o reduciendo el riesgo de enfermedad (Ramírez-Navas, 2019). El término 'alimento funcional' tuvo su origen en Japón (FOSHU, alimentos para usos específicos en salud) (Illanes, 2015).

Los productos alimenticios a base de vegetales y frutas, y sus subproductos, cereales, pseudocereales, legumbres, harinas, té y tés de hierbas, extractos de hierbas o especias, aceites prensados en frío, entre otros, son algunos de los alimentos más comunes que contienen altas cantidades de compuestos antioxidantes como polifenoles, carotenoides, tocoferoles, tocotrienoles, glutatión, ácido ascórbico y enzimas con actividad antioxidante (Soukoulis; Fisk; Bohn, 2014). Entre los ingredientes naturales utilizados para otorgar propiedades funcionales, los extractos vegetales se emplean cada vez más, principalmente para reemplazar los productos químicos artificiales en los alimentos, y para aumentar el contenido de compuestos antioxidantes, especialmente en los alimentos ricos en grasas. Las plantas medicinales tradicionales pueden ser fuentes de diversos compuestos bioactivos, especialmente compuestos fenólicos, y pueden usarse en el desarrollo de nuevos alimentos.

Es bien sabido que la adopción de una dieta rica en antioxidantes naturales parece estar inversamente asociada con enfermedades crónicas degenerativas como las cardiovasculares, el cáncer, la obesidad y la

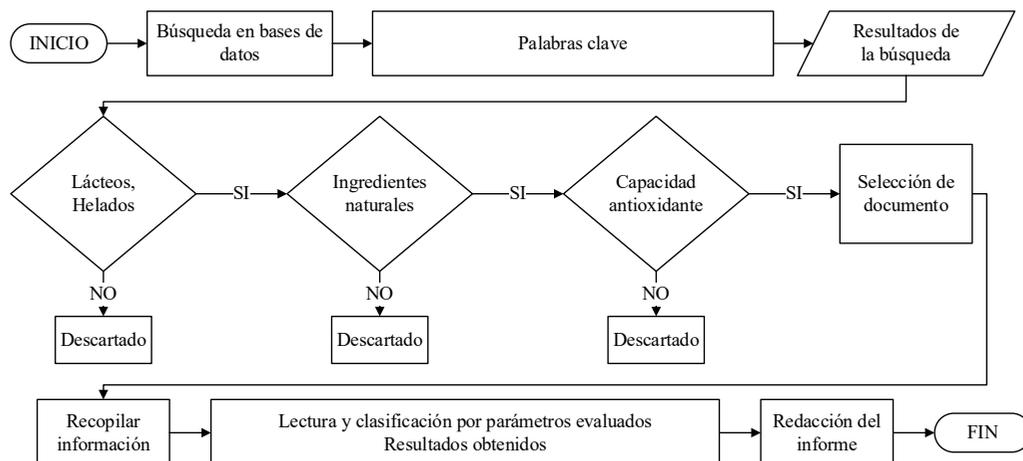
diabetes, así como relacionada con la prevención de las implicaciones inflamatorias generales para la salud y la mejora de los lípidos en sangre, como el colesterol (Soukoulis *et al.*, 2014). Una dieta rica en compuestos fenólicos está relacionada con un menor riesgo de múltiples enfermedades no transmisibles, como la diabetes tipo 2 y la aterosclerosis (de Lima *et al.*, 2018; Granato *et al.*, 2016; Santhakumar; Battino; Alvarez-Suarez, 2018). Algunos extractos vegetales ricos en compuestos antioxidantes han mostrado actividad antioxidante después de una digestión *in vitro* simulada, lo que evidencia su potencial para ser incorporados a los alimentos (Rashidinejad; Birch; Sun-Waterhouse; Everett, 2015). En los seres humanos, los antioxidantes ejercen funciones de protección celular y preservan el ácido desoxirribonucleico (ADN) frente a lesiones y escisiones, reduciendo el riesgo a algunos tipos de cáncer (Amarowicz; Shahidi, 2017).

El desarrollo de nuevos productos alimenticios se vuelve cada vez más desafiante, ya que las empresas tienen como objetivo satisfacer la demanda del consumidor de un alimento que sea a la vez saludable y atractivo. La combinación de leche y productos lácteos con moléculas biológicamente activas, como las que se encuentran en varios extractos de vegetales, puede ser una estrategia interesante para producir alimentos con potencial funcional.

El objetivo de este trabajo de revisión científica fue identificar los aspectos relevantes en la determinación de la capacidad antioxidante en helados funcionales. Además, establecer qué tipo de compuestos antioxidantes se han empleado en la elaboración de helados y determinar si el helado puede llegar a ser considerado un alimento funcional.

## Metodología

En este documento se desarrolló una *revisión narrativa* de la literatura científica. Se realizó una búsqueda bibliográfica sobre los aspectos



**Figura 1.** Algoritmo aplicado para la búsqueda bibliográfica  
Fuente: elaboración propia.

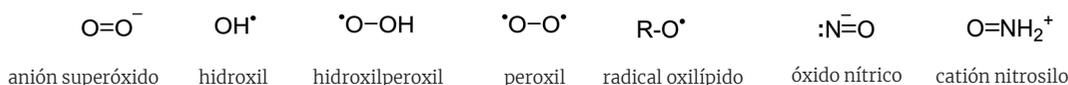
relevantes en la determinación de la capacidad antioxidante en derivados lácteos. En la Figura 1 se presenta el algoritmo de búsqueda. Las palabras clave utilizadas fueron lácteos, helados, ingredientes naturales y capacidad antioxidante. Los criterios de selección establecidos fueron: 1) lácteos y helados, y 2) capacidad antioxidante. Como motor de búsqueda se empleó Google Scholar, ScienceDirect, Wiley, Scopus y ACS, donde se encontraron artículos, libros y capítulos de libros, en un rango de tiempo de 10 años. Posteriormente, se seleccionaron, recopilaron y clasificaron los estudios encontrados para realizar un análisis comparativo de acuerdo con la información reportada por los diferentes autores.

## Radicales libres

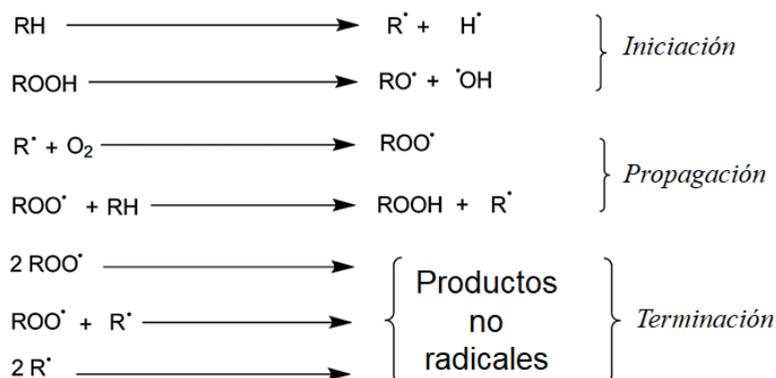
Un radical libre (RL) puede definirse como “un átomo o grupo de átomos con uno o más electrones desapareados que existen en forma libre” (Zeb, 2020). Los RL se generan mediante varios procesos que incluyen reacciones homolíticas, de escisión heterolítica o redox. Los principales oxidantes son oxígeno singlete,

ozono, peróxido de hidrógeno, ácido nitroso, hipoclorito, óxidos nítricos o nitrosos, etc. (Lushchak, 2014). Estas especies oxidantes se denominan especies reactivas de oxígeno (Prasad; Gupta; Tyagi, 2017). El RL formado puede ser lípido, anión superóxido, hidroxilo, hidroperoxi, peroxi, óxido nítrico y catión nitrosilo, como se muestra en la Figura 2 (Zeb, 2015a, 2020).

Las reacciones en cadena de RL comienzan con la formación del radical, denominada reacción de iniciación. Luego, el RL se propaga atacando otras moléculas (Ahmadinejad; Geir-Møller; Hashemzadeh-Chaleshtori; Bidkhor; Jami, 2017). Las últimas reacciones se denominan terminación, con la formación de especies neutras o productos no radicales, como se muestra en la Figura 3. El sustrato (R) para los RL puede ser un lípido, una proteína, carbohidratos, un compuesto orgánico, inorgánico o un átomo metálico. La formación de RL ocurre como un proceso normal de bioquímica celular. Sin embargo, un aumento en el nivel de RL provocará un desequilibrio en las vías bioquímicas, generando estrés oxidativo, que



**Figura 2.** Estructuras químicas de algunos radicales libres importantes  
Fuente: Zeb (2015a, 2020).



**Figura 3.** Reacciones en cadena de radicales libres  
Fuente: Zeb (2020).

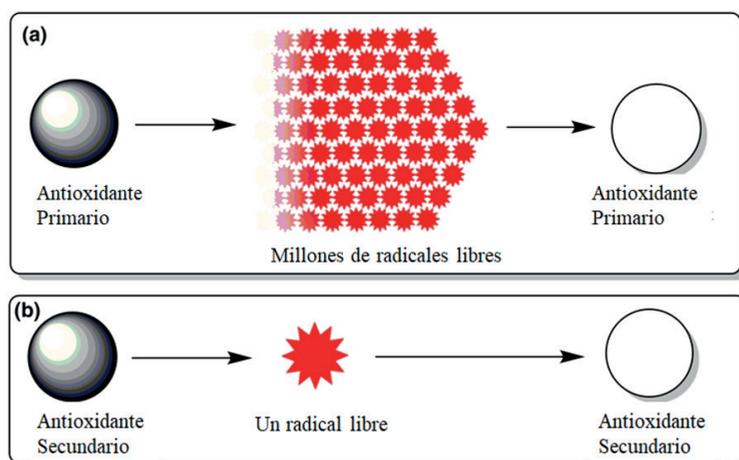
es responsable del envejecimiento o deterioro de los alimentos. Por tanto, el antioxidante es necesario para superar el estrés oxidativo (Zeb, 2018, 2020). Cuando se generan especies reactivas de oxígeno (ROS) en exceso, o en caso de concentraciones limitadas de antioxidantes, puede haber un cambio en el potencial redox hacia el estrés oxidativo (Gupta; Finelli; Agarwal; Henkel, 2020).

## Antioxidantes

Un antioxidante es una sustancia química que inhibe, detiene o controla la oxidación de un sustrato. Puede ser un compuesto orgánico o inorgánico. El sustrato se conoce como sustrato oxidable. Sin embargo, la definición de antioxidante varía en relación con sus aplicaciones. En la Ciencia de los Alimentos, el término ‘antioxidante’ se limita implícitamente a los inhibidores de la cadena de radicales de lípidos libres. Sin embargo, la amplia distribución de RL exigía que la definición fuera más precisa, global y ampliamente aceptada. Así, antioxidante se definió como “las sustancias presentes en una cantidad relativamente baja en los alimentos, que inhiben, retrasan o controlan la oxidación de los componentes de los alimentos, evitan el deterioro y prolongan la vida útil de los alimentos” (Zeb, 2020). La inhibición de la oxidación resultó en su retraso, proceso que prolonga la vida útil de los alimentos (Byrd, 2001; Halliwell, 1995, 2009; Khan; Liu; Wang; Sun, 2020).

Los antioxidantes se clasifican como primarios y secundarios. Esta clasificación se basa en su mecanismo de acción. Por ejemplo, los primarios neutralizan los RL mediante la transferencia de un átomo de hidrógeno (HAT) o mediante un mecanismo de transferencia de un solo electrón (SET). Estos antioxidantes son muy eficientes, y normalmente se requieren en cantidades muy limitadas para neutralizar una gran cantidad de RL (Figura 4). Las altas propiedades catalíticas de estos son una de las principales razones de su diversidad en la naturaleza. Estos antioxidantes se regeneran fácilmente, los fenólicos se incluyen en esta categoría (Zeb, 2020).

Por otro lado, los secundarios se han caracterizado por el mecanismo de neutralización de los catalizadores pro-oxidantes. Los ejemplos incluyen quelantes de iones metálicos pro-oxidantes (por ejemplo, Fe y Cu), tales como el ácido etileno-di-amino-tetra-acético (EDTA) y ácido cítrico (CA). El  $\beta$ -caroteno, puede neutralizar especies reactivas como el oxígeno singlete. Estos antioxidantes usualmente apagan un RL y, por lo tanto, se agotan fácilmente (Figura 4). Más recientemente, se ha incluido una tercera clase denominada terciarios. Estos antioxidantes reparan biomoléculas dañadas como el ADN o las proteínas. Sin embargo, se sabe muy poco sobre su papel en los alimentos (Zeb, 2020).



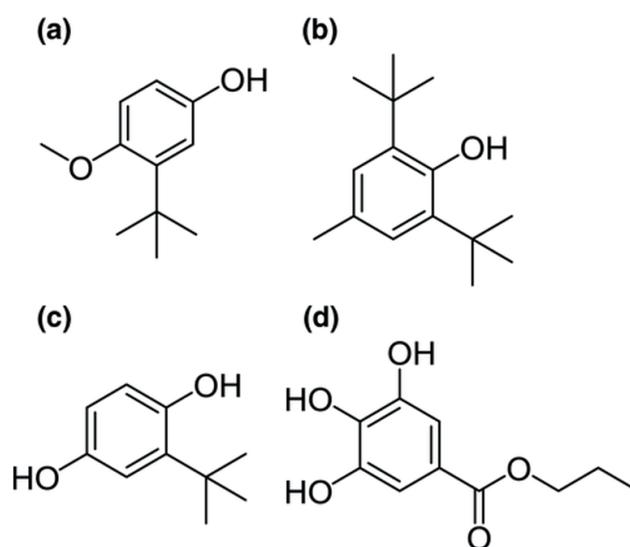
**Figura 4.** Reacciones representativas de antioxidantes primarios y secundarios en alimentos

Nota. (a) Reacción del antioxidante primario con un gran número de radicales libres, y (b) reacción del antioxidante secundario con un radical libre. Fuente: Zeb (2020).

Tanto los primarios como los secundarios pueden ser sintéticos o provenir de fuentes naturales. Entre los antioxidantes primarios sintéticos se incluyen hidroxianisol butilado (BHA), hidroxitolueno butilado (BHT), galato de propilo (PG) y tercbutilhidroquinona (TBHQ) (Figura 5). Estos se han utilizado para controlar la oxidación de lípidos y el desarrollo de sabores extraños al aplacar los RL en los alimentos. Además, contienen uno o más grupos hidroxilo o fenol, y son muy eficaces (Shahidi, 2015). Sin embargo, la atención se ha concentrado en los antioxidantes naturales provenientes principalmente de plantas y alimentos, debido a la nocividad y las propiedades cancerígenas de los antioxidantes sintéticos evaluados en modelos animales (Augustyniak *et al.*, 2010; Chen; Pearson; Gray, 1992; Kumar; Singh; Sharma; Kishore, 2019; Zeb, 2020).

Los compuestos fenólicos (CF) son antioxidantes naturales presentes en los alimentos vegetales. Generalmente se biosintetizan a partir de fenilalanina o tirosina, a través de la vía del ácido shikímico. Existen desde compuestos simples hasta compuestos conjugados o complejos. El grupo hidroxilo en el anillo de benceno es responsable de las propiedades antioxidantes del CF. Por tanto, más de dos compuestos que contienen hidroxilo se denominan compuestos polihidroxifenólicos.

Cuando hay más varios fenoles en un compuesto, se denomina compuesto polifenólico. Los CF se estudian ampliamente en diferentes alimentos vegetales como verduras, frutas, cereales, semillas, bayas, té, bulbos de cebolla, vino y aceites vegetales (Dimitrios, 2006; Zeb, 2020). En la Tabla 1 se presenta la composición fenólica de algunos alimentos comunes.



**Figura 5.** Estructuras químicas de antioxidantes sintéticos utilizados en alimentos

Nota. (a) Hidroxianisol butilado (BHA), (b) hidroxitolueno butilado (BHT), (c) tercbutilhidroquinona (TBHQ) y (d) galato de propilo (PG).

Fuente: Zeb (2020).

**Tabla 1.** Principales fuentes de antioxidantes fenólicos provenientes de alimentos vegetales

Alimento	Antioxidantes	Rer.
<b>Frutas</b>		
Cerezas ( <i>Prunus salicifolia</i> )	Ácido hidroxicinámico, antocianinas	Manach, Scalbert, Morand, Rémésy y Jiménez (2004); Yanishlieva-Maslarova y Heinonen (2001)
Uvas negras ( <i>Vitis vinifera</i> )	Antocianinas, flavonoles	Manach <i>et al.</i> (2004); Yanishlieva-Maslarova y Heinonen (2001)
Frutas cítricas ( <i>Citricus</i> )	Flavanonas, flavonoles, ácidos fenólicos	Beecher (2003); Manach <i>et al.</i> (2004); Yanishlieva-Maslarova y Heinonen (2001)
Ciruelas ( <i>Prunus domestica</i> ), manzanas ( <i>Malus pumila</i> ), peras ( <i>Pyrus communis</i> ), kiwi ( <i>Actinidia chinensis</i> )	Ácidos hidroxicinámicos, catequinas	Manach <i>et al.</i> (2004); Yanishlieva-Maslarova y Heinonen (2001)
<b>Verduras</b>		
Berenjena ( <i>Solanun melongena</i> )	Antocianinas, ácidos hidroxicinámicos	Manach <i>et al.</i> (2004)
Achicoria ( <i>Cichorium intybus</i> ), alcachofa ( <i>Cynara scolymus</i> )	Ácidos hidroxicinámicos	Manach <i>et al.</i> (2004)
Perejil ( <i>Petroselinum crispum</i> )	Flavonas	Beecher (2003); Manach <i>et al.</i> (2004)
Ruibarbo ( <i>Rheum rhabarbarum</i> )	Antocianinas	Manach <i>et al.</i> (2004)
Hojas de camote ( <i>Ipomoea batatas</i> )	Flavonoles, flavonas	Chu, Chang y Hsu (2000)
Cebolla amarilla ( <i>Allium cepa</i> ), lechuga rizada ( <i>Lactuca sativa</i> ), frijoles ( <i>Phaseolus vulgaris</i> )	Flavonoles	Manach <i>et al.</i> (2004)
Berro ( <i>Nasturtium officinale</i> )	Ácidos fenólicos, flavonoides, flavonoles	Bergman, Varshavsky, Gottlieb y Grossman (2001)
Espinacas ( <i>Spinacia oleracea</i> )	Flavonoides, ácido p-cumárico	Bergman <i>et al.</i> (2001)
<b>Cereales</b>		
Avena ( <i>Avena sativa</i> ), trigo ( <i>Triticum durum</i> ), arroz ( <i>Oryza sativa</i> )	Ácidos ferúlico y cafeico	Manach <i>et al.</i> (2004); Yanishlieva-Maslarova y Heinonen (2001)
<b>Hierbas y especias</b>		
Romero ( <i>Salvia rosmarinus</i> )	Ácido carnósico, carnosol, ácido rosmarínico, rosmanol	Ibañez <i>et al.</i> (2002); Yanishlieva-Maslarova y Heinonen (2001)
Salvia ( <i>Salvia officinalis</i> )	Carnosol, ácido carnósico, lateolina, rosmanol, ácido rosmarínico	Yanishlieva-Maslarova y Heinonen (2001); Zheng y Wang (2001)
Orégano ( <i>Origanum vulgare</i> )	Ácido rosmarínico, ácidos fenólicos, flavonoides	Exarchou <i>et al.</i> (2002); Yanishlieva-Maslarova y Heinonen (2001)
Tomillo ( <i>Thymus</i> )	Timol, carvacrol, flavonoides, luteolina	Exarchou <i>et al.</i> (2002); Yanishlieva-Maslarova y Heinonen (2001); Zheng y Wang (2001)
Jengibre ( <i>Zingiber officinale</i> )	Jengibre y derivados	Yanishlieva-Maslarova y Heinonen (2001)
<b>Tés</b>		
Negro ( <i>Camellia sinensis</i> )	Flava-3-oles, flavonoles	Beecher (2003); Manach <i>et al.</i> (2004)
Verde ( <i>Camellia sinensis</i> )	Epicatequina, epigallocatequina, galato de epicatequina, galato de epigallocatequina	Luo <i>et al.</i> (2020)
Té verde matcha ( <i>Camellia sinensis</i> )	Flavonoides, polifenoles, vitamina C	Jakubczyk <i>et al.</i> (2020)
<b>Bebidas alcohólicas</b>		
Vino tinto	Flavan-3-oles, flavonoles, antocianinas	Beecher (2003); Manach <i>et al.</i> (2004)
Sidra	Ácidos hidroxicinámicos	Manach <i>et al.</i> (2004)
<b>Otras bebidas</b>		
Zumo de naranja ( <i>Citrus sinensis</i> )	Flavonoles	Manach <i>et al.</i> (2004)
Café ( <i>Coffea</i> )	Ácidos hidroxicinámicos	Manach <i>et al.</i> (2004); Sánchez-González, Jiménez-Escrig y Saura-Calixto (2005)
Chocolate ( <i>Theobroma cacao</i> )	Flavonoles	Beecher (2003); Manach <i>et al.</i> (2004)

## Capacidad antioxidante

En este trabajo se ejemplificará utilizando los CF. El mecanismo de la actividad antioxidante de un compuesto fenólico podría ser a través de un mecanismo HAT o transferencia de un solo electrón a través de transferencia de protones (SET-PT) (Zhang; Tsao, 2016), transferencia secuencial de electrones con pérdida de protones (Lee *et al.*, 2020), o quelación de metales de transición (TMC) (Zeb, 2020). Los alimentos, especialmente los vegetales, son ricos en compuestos antioxidantes (fenólicos). En la literatura científica, se encuentran revisiones sobre las técnicas de distribución, síntesis y análisis utilizadas para la determinación de compuestos antioxidantes, capacidad antioxidante y bioactividad de los ácidos fenólicos en alimentos, bebidas y especias. En los diferentes trabajos encontrados, los autores resumieron los antioxidantes sintéticos y fenólicos de fuentes naturales, su modo de acción, degradación, efectos sobre la salud y propiedades toxicológicas. La mayoría concluye que los antioxidantes fenólicos naturales son más seguros que los antioxidantes sintéticos, y sus fuentes en los alimentos deben explorarse en detalle (Escarpa; Gonzalez, 2001; Heleno; Martins; Queiroz; Ferreira, 2015; Shahidi, 2015; Zeb, 2020).

Las funciones antioxidantes de los alimentos se suelen medir en el sistema *in vitro*, utilizando diferentes técnicas analíticas. Existen varias técnicas de análisis de antioxidantes, como azino-bis (ácido 3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico) (ABTS), poder antioxidante reductor férrico (FRAP), capacidad antioxidante reductora cúprica (CUPRAC), capacidad de absorbancia de radicales de oxígeno (ORAC), capacidad antioxidante equivalente Trolox (TEAC), difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH), actividad antioxidante total (TAA) y fotoquimioluminiscencia (PoCL) (Zeb, 2020) (ver Tabla 2).

## Métodos para evaluar el TAC

En la literatura se han propuesto varios métodos para la evaluación de la capacidad antioxidante total (TAC) (ver Tabla 2), estos se resumen en la Tabla 3, y cada uno varía según el principio y la metodología, así como su sensibilidad a diferentes antioxidantes. Por tanto, los resultados pueden variar según el tipo de prueba que se utilice (Gupta *et al.*, 2020; Vassalle *et al.*, 2004). Los ensayos de transferencia de electrones miden la capacidad reductora del sustrato (antioxidante), los ensayos de transferencia de hidrógeno miden la capacidad de donación de hidrógeno del sustrato. Está claro que la donación de átomos de hidrógeno es esencial en

**Tabla 2.** Importantes métodos representativos de medición de la actividad antioxidante *in vitro* utilizados para los alimentos

Métodos	Alimentos	Ref.
Capacidad de absorbancia de radicales de oxígeno (ORAC)	Guayaba	Thaipong, Boonprakob, Crosby, Cisneros-Zevallos y Hawkins-Byrne (2006)
Potencial antioxidante total para atrapar radicales (TRAP)	Frutas	Ruiz-Torralba, Guerra-Hernández y García-Villanova (2018)
Capacidad antioxidante equivalente a Trolox (TEAC)	Legumbres, frutas	Koley <i>et al.</i> (2018); Thaipong <i>et al.</i> (2006)
2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH)	Guayaba, verduras de hoja, frutas	Ruiz-Torralba <i>et al.</i> (2018); Thaipong <i>et al.</i> (2006); Zeb (2015b)
Poder antioxidante reductor férrico (FRAP)	Guayaba, frutas	Koley <i>et al.</i> (2018); Ruiz-Torralba <i>et al.</i> (2018); Thaipong <i>et al.</i> (2006); Zeb (2015b)
Azino-bis (ácido 3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico) ABTS	Guayaba, uva, productos de panadería	Koley <i>et al.</i> (2018); Ruiz-Torralba <i>et al.</i> (2018); Sridhar y Charles (2019)
Actividad antioxidante total (TAA)	Frijoles rojos	Thaipong <i>et al.</i> (2006)
Capacidad antioxidante reductora cúprica (CUPRAC)	Legumbres	Koley <i>et al.</i> (2018)
Actividad captadora de radicales peroxilo (PRSA)	Frijoles	Amarowicz y Shahidi (2017); Koley <i>et al.</i> (2018)

**Tabla 3.** Métodos para evaluar la capacidad antioxidante comparados por criterios clave

	Principio		
	Eliminación de ROS/RNS	Transferencia de átomos de hidrógeno	Transferencia de electrones
Ejemplos de	Superóxido	ORAC	Fenoles totales
	Peróxido de hidrógeno	TRAP	TEAC
	Hidroxilo	Crocín	FRAP
	Oxígeno singlete, peroxinitrito	Oxidación de LDL	DMPD
			Reducción de Cu (II) DPPH
¿Biológicamente relevante?	No	Sí	No
¿Simple de medir?	No	No (excepto ORAC)	Sí
¿Instrumentación fácilmente disponible?	No	Sí (excepto TRAP y ORAC)	Sí
¿Reproducible?	Indeterminado	Indeterminado	Indeterminado
¿Adecuado para antioxidantes hidrófilos y lipófilos?	No	No (excepto ORAC)	No (excepto TEAC)

DMPD 5,5-dimetil-1-pirrolin-N-óxido, DPPH 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo, FRAP Poder antioxidante reductor férrico, LDL Lipoproteínas de baja densidad, ORAC Capacidad de absorbanza de radicales de oxígeno, TRAP Potencial antioxidante total para atrapar radicales, TEAC Capacidad antioxidante equivalente a Trolox. Fuente: MacDonald-Wicks et al. (2006)

la etapa de reacción en cadena de radicales de la peroxidación de lípidos, por lo tanto, los ensayos de transferencia de hidrógeno son relevantes para la medición de la capacidad antioxidante de ruptura de cadena. Es evidente que, en muchos casos, la capacidad antioxidante, o la capacidad de atrapar radicales, de un compuesto está relacionada con la facilidad de donación de átomos de hidrógeno, no necesariamente con el potencial redox del compuesto (MacDonald-Wicks; Wood; Garg, 2006).

## Aplicaciones en productos lácteos

Los consumidores son conscientes del efecto de la dieta no solo en su bienestar, sino también en la promoción de la salud que los alimentos pueden conferir cuando se combinan con buenos hábitos y una dieta equilibrada. En este escenario, las empresas lácteas pueden encontrar múltiples oportunidades para desarrollar y fabricar diferentes tipos de alimentos: helados, postres, yogures, leches fermentadas, entre otras preparaciones. En la práctica, la mayoría de las empresas mundiales han prestado atención al desarrollo de alimentos “naturales”, es decir, con un uso mínimo o nulo de compuestos químicos sintéticos (estabilizadores, colorantes

o conservantes) (Caleja *et al.*, 2016; Granato; Nunes; Barba, 2017; Granato *et al.*, 2018; Karnopp; Oliveira; de Andrade; Postinger; Granato, 2017; Ramos *et al.*, 2017; Reis; Martins; Vasconcelos; Morales; Ferreira, 2017).

Entre los principales desafíos tecnológicos para desarrollar nuevos productos lácteos con extractos de vegetales, se observa que se requiere la optimización de múltiples factores (precio, disponibilidad y caracterización química de los ingredientes, y logística entre otros), la ampliación y optimización de los procesos para lanzar un nuevo producto al mercado, y la optimización de la formulación del producto (es decir, aspectos sensoriales y duración) (Granato *et al.*, 2018).

Aunque el término ‘extracto’ se utiliza a menudo en muchos estudios de ciencia y tecnología de los alimentos, surgen dos factores importantes que es necesario tener en cuenta: 1) los extractos vegetales deben derivar del agua, el alcohol etílico o sus mezclas binarias porque el consumidor no debe recibir ningún extracto obtenido utilizando tóxicos disolventes orgánicos. Deben evitarse disolventes como diclorometano, hexano, éter etílico, cloroformo y alcohol metílico, y los

---

extractos deben derivar de hierbas con usos tradicionales y reconocidos (Granato *et al.*, 2017). Si no se consideran estos dos factores, la industria o el equipo de investigación deben realizar pruebas toxicológicas (*in vitro* e *in vivo*) para asegurarse de que el extracto de hierbas sea seguro para el consumo humano. La materia prima debe estar ausente de *Salmonella* y tener recuentos bajos de coliformes, *Staphylococcus aureus*, levaduras y mohos.

Luego se debe definir el solvente y las condiciones de extracción (temperatura, tiempo, relación vegetal: solvente, agitación, etc.). En una secuencia, se debe agregar el líquido (extracto acuoso) o el extracto liofilizado (mezcla alcohólica o agua/EtOH) en el alimento lácteo, y se deben realizar los análisis (es decir, propiedades fisicoquímicas, reológicas, sensoriales, funcionales, etc.). Aquí se debe hacer otra observación importante: dado que estos productos lácteos son nuevos, es deseable realizar comparaciones adecuadas con productos comerciales (lo más similares posible) (Granato *et al.*, 2018).

## Leche

Los CF están presentes en la leche y sus derivados, como metabolitos naturales (que llegaron debido a la alimentación del ganado) o agregados en el proceso. O'Connell y Fox (1999) examinaron la importancia y la aplicación de los antioxidantes fenólicos en la leche y los productos lácteos. Los cuerpos de los animales no sintetizan antioxidantes fenólicos, sin embargo, estos provienen de una dieta rica en plantas (con alto contenido de CF). Se ha informado que los efectos de los CF dietéticos sobre la calidad y composición de la leche se ven significativamente afectados (Zeb, 2020).

En términos de producción de leche, calidad y salud de los animales, se prefieren especies como *Trifolium repens* y *Medicago sativa* para la alimentación (Aerts; Barry; McNabb, 1999). Al seguir una adecuada dieta, es posible encontrar en leches bovinas, caprinas y ovinas, CF, tales

como tiofenol, fenol, cresoles, etilfenoles, timol y carvacrol (Lopez; Lindsay, 2002). Algunos de estos también pueden formarse a partir de aminoácidos. La leche de vaca es, por tanto, una buena fuente de varios CF, incluidos los equol y antioxidantes fenólicos (Tsen *et al.*, 2014). Estos metabolitos secundarios están formados por la flora bacteriana intestinal de los bovinos a partir de los CF presentes en el pienso. Cabe señalar que la concentración de lípidos de la leche se correlacionó positivamente con los CF. Kilic y Lindsay (2005) demostraron que el alquilfenol y sus conjugados están presentes en la leche de vaca, oveja y cabra como derivados, como sulfato, fosfato y glucurónidos.

Se ha demostrado que los extractos de propóleo mejoran la calidad de la leche cuando se complementan en la dieta del ganado lechero (Aguar *et al.*, 2014). Sin embargo, diferentes CF tienen distintos efectos sobre la calidad de la leche. Es posible que las diferencias en el perfil fenólico se produzcan por variaciones en las dietas (Lopez; Lindsay, 2002; Quintero-Anzueta *et al.*, 2021). Cuando las vacas se alimentan con altos niveles de algún tipo de cultivos en particular, se pueden identificar otros CF en la leche, por ejemplo, en los provenientes de *Pteridium aquilinum* se ha encontrado ptaquilósido (50 mg/L) (Alonso-Amelot; Castillo; Smith; Lauren, 1996) o en el trébol genisteína (30 µg/L), equol (300 µg/L) y daidzeína (5 µg/L) (King; Mano; Head, 1998). Algunos piensos o plantas como el orujo de uva no producen efecto sobre la composición fenólica, pero sí una modificación inducida en el perfil de ácidos grasos de la leche (Ianni *et al.*, 2019). De manera similar, en la dieta de las cabras lecheras, donde los subproductos del pistacho se utilizaron como forraje, se generaron efectos benéficos sobre el perfil de ácidos grasos de la leche (Ghaffari; Tahmasbi; Khorvash; Naserian; Vakili, 2013; Sedighi-Vesagh; Naserian; Ghaffari; Petit, 2015; Zeb, 2020).

Debido a la naturaleza antioxidante de los CF, se utilizan como aditivos alimentarios. Se ha demostrado que la leche suplementada con polifenoles de semillas de uva y extractos de

---

manzana suprime las características de sabor (Axten; Wohlers; Wegrzyn, 2008). También se informó que los extractos de manzana tienen grandes implicaciones en el perfil de sabor para el desarrollo del producto debido a su alto nivel de amargor. O'Connell y Fox (1999) estudiaron los efectos de diferentes CF sobre la estabilidad térmica de la leche. Descubrieron que algunos no perturbaban la estabilidad térmica de la leche, como guayacol, timol, ácido clorogénico, vainillina, BHA, galato de propilo y BHT. El ácido quínico mostró una reducción significativa en la estabilidad de la leche desnatada. Encontraron que el ácido cafeico, el ácido vainílico y el ácido ferúlico mejoran la estabilidad térmica.

## Yogur

Como los yogures y otras leches fermentadas son muy versátiles y se pueden consumir con sabor o sin sabor, como parte de una comida caliente o fría, el desarrollo de diferentes tipos de productos (es decir, revueltos, griegos, desnatados, enteros, probióticos, simbióticos, prebióticos, etc.) es una forma viable de incrementar el mercado. En este aspecto, múltiples estudios de investigación han indicado que el uso de preparaciones a base de hierbas (básicamente extractos acuosos) no solo aumenta los compuestos bioactivos y actividad antioxidante de yogures y leches fermentadas, sino que también incrementa considerablemente la aceptación sensorial de estos nuevos alimentos (Granato *et al.*, 2018). En yogurt se han realizado diversas adiciones de CF. Por ejemplo, se han añadido extractos de cuatro variedades de uva y callos de uva ricos en CF como ingredientes funcionales (Karaaslan; Ozden; Vardin; Turkoglu, 2011), donde se encontró que el cultivo de callos de uva tiene el potencial de utilizarse como complemento alimenticio.

Por otra parte, Chouchouli *et al.* (2013) mostraron que la fortificación del extracto de semilla de uva en yogur mejora la actividad antioxidante, y produce una lenta disminución del contenido fenólico simple y total con el tiempo de almacenamiento, tanto en yogures

enteros como descremados. Sin embargo, los polifenoles se mantenían presentes en todos los yogures después de 32 días de almacenamiento. Un estudio similar informó que el extracto de cáscara de uva era eficaz en un 20-25 % en yogur batido (El-Said; Haggag; Fakhr El-Din; Gad; Farahat, 2014).

## Quesos

Los CF, cuando se agregaron a la cuajada de queso, mostraron valores altos de coeficiente de retención (El-Said *et al.*, 2014). Los valores del coeficiente de retención fueron más altos en flavona, seguidos de hesperetina, y más bajos en queso con catequina añadida, en comparación con el control. Los CF seleccionados mostraron valores tres veces más altos de actividad antirradical que el control con CF, lo que sugiere efectos beneficiosos. De manera similar sucedió con los CF presentes en el extracto de *Matricaria recutita* L. (manzanilla), que se incorporaron al requesón (Caleja *et al.*, 2015). Se encontró que estos CF mejoraron la actividad antioxidante y la estabilidad de almacenamiento del queso.

## Postres lácteos

Bandyopadhyay, Chakraborty y Raychaudhuri (2008) evaluaron la actividad antioxidante de la remolacha (*Beta vulgaris*), menta (*Mentha spicata* L.) y jengibre (*Zingiber officinale* L.) en sandesh, un postre lácteo (producto de coagulación de una masa proteína láctea llamada *chhana*, que es, a su vez, un producto de leche coagulado con calor y ácido, análogo al requesón). Los autores también compararon la actividad antioxidante del producto con los antioxidantes sintéticos TBHQ (2-(1,1-dimetil-4-hidroxifenil)-1,4-bencenodiol), BHA (2-terc-butil-4-hidroxianisol y 3-terc-butil-4-hidroxianisol) y BHT (2,6-bis(1,1-dimetil-4-hidroxifenil)-4-metilfenol) para evaluar la eficacia de los antioxidantes naturales para reducir la oxidación de lípidos. La remolacha, la menta y el jengibre tienen buenas actividades antioxidantes, comparables con el antioxidante sintético TBHQ y la combinación de BHA y BHT.

---

Sin embargo, el jengibre tiene la mayor actividad antioxidante, más cercana a TBHQ y BHA + BHT, pero la menta mostró una mejor efectividad en la inhibición de la oxidación de lípidos.

En cuanto a la actividad antioxidante y la oxidación de lípidos, la combinación de jengibre y/o menta con remolacha mostró un mejor desempeño que la remolacha sola. El sandesh, que contenía remolacha, jengibre, una combinación de remolacha con jengibre o menta, o una combinación de menta con jengibre fue más aceptable para los panelistas que el control. Según los autores, el sandesh a base de hierbas se puede introducir fácilmente en el mercado, con el atractivo de que los antioxidantes naturales no tienen ningún efecto adverso sobre la salud.

## Helados con antioxidantes

Los helados y los postres helados son populares en todo el mundo. Los principales países consumidores son Nueva Zelanda, Estados Unidos, Canadá, Australia, Bélgica, Finlandia y Suecia. La popularidad del helado proviene de varias características, como la congelación parcial, el enfriamiento y la sensación refrescante que se produce cuando se consume el producto, su sabor dulce y la falta de un aroma preacondicionador. Comprende una serie de productos relacionados, que difieren principalmente en las cantidades relativas de ingredientes más que en la tecnología de fabricación. El helado se fabrica como productos convencionales, bajos en grasa, ligeros, sin grasa y bajos en sacarosa. Otros postres helados incluyen yogur congelado, paleta, sorbete, postre lácteo congelado, dulce congelado, dulce lácteo congelado, batidos y granizados. La nomenclatura varía de un país a otro según la legislación vigente (Chandan, 2008).

El helado es un alimento valioso que contiene ingredientes altamente nutritivos para la salud humana porque está compuesto de leche, que es fuente de proteínas, ciertas vitaminas y minerales. Por lo tanto, consiste en un sistema de congelación complejo, que se elabora a

partir de una mezcla de productos lácteos, con el porcentaje requerido de sólidos grasos y no grasos. Del mismo modo, incluye la suma de azúcar, sabor, color, estabilizador, fruta y otros ingredientes. Todos estos componentes se mezclan y procesan de manera adecuada para constituir la preparación de helado, comúnmente denominado 'mezcla'. Es un sistema coloidal, caracterizado por inestabilidad termodinámica.

Los helados de crema se consideran postres lácteos congelados, su contenido incluye grasa láctea, y su composición está regulada y varía entre países. Por ejemplo, en Estados Unidos, el contenido de grasa de los helados debe ser del 10 %, y puede aumentar en los helados *premium*, entre 12% a 14 %. En el Reino Unido, el contenido de sólidos lácteos de la grasa no debe ser inferior al 5 y al 2,5 %. Por lo general, se agregan diferentes aditivos y saborizantes (como nueces y chocolate) para crear una variedad de sabores. En Colombia, según NTC 1239 en 2002, el porcentaje permitido de grasa total en productos lácteos es del 10-4 %, y verduras 6 %. Para sólidos lácteos, 36-27 %.

Aunque el interés en explotar los postres lácteos congelados, como portadores de estos compuestos vegetales bioactivos contra el estrés oxidativo y las enfermedades relacionadas con la inflamación, ha aumentado en los últimos años, existen desafíos de procesamiento y calidad de los alimentos que deben superarse. Por ejemplo, varios compuestos antioxidantes se consideran no nutritivos o incluso antinutritivos, susceptibles o inestables según las prácticas de procesamiento comunes, como para los helados (tratamiento térmico, aireación y almacenamiento en congelación), lo que lleva no solo a una pérdida parcial de su actividad fisiológica sino también a la decoloración de los alimentos, al desarrollo de mal sabor y regusto, y al desencadenamiento de reacciones de oxidación de lípidos. Por lo tanto, la selección de antioxidantes para la creación de prototipos de helados se considera un proceso bastante difícil y laborioso (Soukoulis *et al.*, 2014).

---

Los helados funcionales son la nueva línea que está ganando espacio en el mercado. Por ejemplo, el extracto de vainilla es producto más común con potencial actividad antioxidante utilizado para la producción de helados (Marshall; Goff; Hartel, 2003; Tai; Sawano; Yazama; Ito, 2011). Normalmente, las cantidades de vainillina oscilan entre 5 y 100 ppm (Burdock, 2016). Por lo tanto, la vainilla, además de su papel dominante como aromatizante en los postres lácteos congelados (Cadena; Cruz; Faria; Bolini, 2012), también puede ejercer una actividad antioxidante, mejorando la resistencia del helado contra la oxidación inducida por la luz u oxígeno, que puede resultar en defectos de sabor y aroma, como notas extrañas metálicas, rancias y de cartón (Shiota; Ikeda; Konishi; Yoshioka, 2002). Los componentes del extracto de vainilla, como el ácido p-hidroxibenzoico, el p-hidroxibenzaldehído, el ácido vanílico y la vainillina se han considerado responsables de su potente papel antioxidante (Charles, 2013).

La vainillina también puede promover la acción de eliminación de RL en productos alimenticios, proporcionando una estrategia eficaz para controlar la pérdida de calidad debido a la oxidación de lípidos. Sobre la base de las primeras consideraciones, la adición de extractos de vaina de vainilla puros o concentrados, o aromatizantes de vainilla sintéticos, pudo obstaculizar la absorción de oxígeno de los ácidos grasos insaturados y los fosfolípidos después de 12 meses de almacenamiento de polvos de helado secados por aspersión (Pyenson; Tracy, 1950). De manera similar, la adición de vainillina a las mezclas de helado después del tratamiento térmico mejora su estabilidad frente a la autooxidación, responsable del desarrollo de sabores desagradables a cartón. Esto se atribuye principalmente a la inactivación de la xantina oxidasa, conocida por catalizar la oxidación de la vainillina a ácido vanílico (Gassenmeier, 2003). No obstante, los posibles beneficios para la salud asociados con la ingestión de vainillina en helados deben estar clínicamente probados (Soukoulis *et al.*, 2014).

Gabbi, Bajwa y Goraya (2018) compararon las propiedades de los helados con adición de jengibre procesados de manera diferente (jugo y pasta de jengibre de 2 a 8 % p/p, caramelos de jengibre de 5 a 20 % p/p y jengibre en polvo de 0,5 a 2 % p/p). La inclusión del jugo y la pasta redujo significativamente los sólidos totales, la grasa, la proteína y el exceso, mientras que el dulce y el polvo de jengibre aumentaron los sólidos y la fibra cruda ( $p < 0,01$ ). El jengibre (*Zingiber officinale*) es un condimento rico en antioxidantes y contiene importantes componentes biológicamente activos, incluidos componentes picantes, gingeroles y shogaols.

El jengibre se ha destacado como un alimento funcional potencial para su uso en el desarrollo de nuevos productos. Los autores encontraron que la actividad antioxidante y los fenoles totales aumentaron en todas las formulaciones ( $p < 0,01$ ), debido a todos los productos procesados de jengibre. Las muestras con 6 % de jugo y 4 % de pasta fueron las que más gustaron en términos de sabor, y obtuvieron las puntuaciones más altas en aceptabilidad general. El helado que contenía más del 10 % de caramelo y 1 % en polvo tuvo una menor aceptación debido a su mayor pungencia.

Kavaz, Yüksel y Dağdemir (2016) produjeron helados con uva Besni seca (*Vitis vinifera* L.) a 5-15 g /100 g, y observaron que el orujo de uva aumentaba la viscosidad, el enrojecimiento, las cenizas, los fenólicos totales y los flavonoides, pero no se observaron diferencias estadísticas en la aceptación sensorial general, el sabor, ni la textura. De manera similar, Borrin, Georges, Brito-Oliveira, Moraes y Pinho (2018) fabricaron helados añadidos con nanoemulsión cargada de curcumina, con el objetivo de reemplazar los tintes amarillos sintéticos en la formulación del helado. La nanoemulsión no provocó efectos significativos sobre las propiedades fisicoquímicas, reológicas y sensoriales de las muestras de prueba.

---

Se descubrió que los extractos de té verde o de hierbas constituyen ingredientes adecuados para aumentar el contenido fenólico de los helados. En un estudio de Karaman y Kayacier (2011), el uso de té negro y de hierbas (manzanilla, tilo y salvia) a dos temperaturas para la producción de helado sugirió que la actividad antioxidante dependía tanto del tipo de té como de la temperatura de preparación, con té negro o tilo elaborado a 80 °C, lo que da como resultado la mayor actividad antioxidante del helado. Los mismos autores también destacaron que los extractos de té de hierbas utilizados también pueden conferir importantes efectos antimicrobianos (contra *Listeria monocytogenes*) y mejoras de viscosidad, pero en la mayoría de los casos, se acompañan de un deterioro moderado del sabor (astringencia, nitidez y amargor) y atributos de color de los productos finales (Karaman; Kayacier, 2011; Ozturk; Golec; Karaman; Sagdic; Kayacier, 2010).

El uso de té verde finamente molido (matcha) en helado también se ha utilizado para aumentar la capacidad antioxidante del producto final, pero tiene un impacto negativo en las propiedades organolépticas texturales como astringencia, amargor, formación de grumos, textura en polvo e incorporación insuficiente de aire (Soukoulis *et al.*, 2014). En un intento de superar estos inconvenientes, Fukuda (2012) desarrolló una nueva formulación al incorporar catequinas no poliméricas y cafeína a una tasa de uso que varía de 0,001 a 0,18. Estos sistemas exhibieron muy buena capacidad de incorporación de aire y excelentes características de retención de textura y forma sin afectar adversamente el sabor del producto.

Sanguigni, Manco, Sorge, Gnessi y Francomano (2017) evaluaron los efectos de un helado antioxidante natural en estrés oxidativo, función vascular y rendimiento físico en individuos sanos. Produjeron un helado antioxidante natural a base de una mezcla de polvo de cacao con avellana y extracto de té verde. Estos ingredientes son conocidos por su alto contenido en polifenoles. El contenido total

de polifenoles en el helado fue de 1817 mg GAE/L en comparación con solo 96 mg GAE/L en el helado de control. Los autores sugirieron que la ingestión de un helado antioxidante que consiste en una mezcla de alimentos seleccionados con alto contenido de polifenoles mejora fuertemente la función vascular y el rendimiento físico, probablemente a través de un mecanismo mediado por estrés oxidativo. Concluyeron que el helado es potencialmente efectivo para contrarrestar el estrés oxidativo en individuos sanos, atletas, ancianos e incluso en pacientes que padecen muchas enfermedades crónicas y degenerativas debido a los poderosos efectos antioxidantes, la durabilidad y la estabilidad en el tiempo.

Por otra parte, la incorporación de preparados de frutas (jugos de frutas, purés o concentrados) en postres lácteos congelados se ha verificado como una estrategia alternativa para incrementar su contenido fenólico. Se informó que la adición de puré de arándanos silvestres congelados (5,33 % p/p) y concentrado de jugo (4,92 % a 5,33 % p/p) era un medio adecuado para brindar funcionalidad antioxidante en helados a base de leche de soja, sin afectar la aceptabilidad del consumidor (Camire; Dougherty; Teh, 2006).

Favaro-Trindade, Bernardi, Bodini, Balieiro y de Almeida (2006) demostraron que el helado podría ser un vehículo excelente para brindar una funcionalidad combinada probiótico-antioxidante, al juntar jugo de fruta de acerola en una mezcla con helado, fermentada por *Bifidobacteria*. Esto permitió retener el recuento de células vivas y los niveles de ácido ascórbico bajo almacenamiento congelado prolongado sin alterar el sabor ni la textura. Sun-Waterhouse, Edmonds, Wadhwa y Wibisono (2013) estudiaron los efectos de tres variedades diferentes de kiwi (pulpa verde, amarilla y roja), agregadas al helado regular, y afirmaron poderosos beneficios para la salud, debido a la presencia de varios compuestos bioactivos, incluidos los ácidos ascórbico, cafeico, catequinas, carotenoides (luteína y betacaroteno), ácido salicílico y ácido o-cumárico. Además, también

---

se obtuvieron efectos favorables en términos de comportamiento reológico, resistencia a la fusión y desborde del producto final, donde los sistemas alimentarios suplementados con kiwi de carne roja se consideraron como los más aceptables.

Recientemente, se demostró que la adición de puré de fruta de caqui al helado contribuyó a una mejora significativa de su contenido fenólico total y la actividad de eliminación de 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH) (Karaman *et al.*, 2014). En el mismo estudio, al implementar el enfoque de la técnica del orden de preferencia por similitud con la solución ideal (TOPSIS), se demostró que las propiedades sensoriales representaban el 80 % de la respuesta de preferencia del consumidor en comparación con el 20 % en el caso de las declaraciones de propiedades saludables. Se dedujo que el enriquecimiento de helado al 24 % p/p con puré de caqui puede cumplir satisfactoriamente tanto los criterios de características organolépticas aceptables como de actividad antioxidante. Por otro lado, Teh, Dougherty y Camire (2005) demostraron que la reducción del contenido de grasa de los helados suplementados con concentrado de arándanos no tuvo un efecto significativo sobre la cantidad de antocianinas, ácido ferrúlico y CF.

Los productos de desecho de la industria agroalimentaria, como la melaza o el orujo, generalmente se consideran buenas fuentes de compuestos bioactivos, incluidos los antioxidantes naturales (Ayala-Zavala *et al.*, 2011). A pesar de los obstáculos tecnológicos, para superar la explotación del desperdicio de alimentos (principalmente los costos de secado, almacenamiento y transporte), su contenido, a menudo alto, de una amplia gama de bioactivos y micronutrientes, hace que su explotación con fines de producción de alimentos sea atractiva (Oreopoulou; Russ, 2007). Se han revelado importantes beneficios mediante la suplementación del helado con callos de vino de uva, un residuo común, rico en polifenoles y fibra dietaria que es fácilmente fermentada por

bacterias intestinales humanas (Hwang; Shyu; Hsu, 2009; Topping; Clifton, 2001).

También, se ha investigado la viabilidad de utilizar subproductos de la cáscara de granada (*Punica granatum* L.), ricos en CF y PU-FA, para producir helado funcional (Çam; Erdoğan; Aslan; Dinç, 2013; Çam; İçyer; Erdoğan, 2014). Según los hallazgos de Çam *et al.* (2013), la adición de PBP (al 0,1 % y 0,4 % p/p) estuvo acompañada de un aumento significativo de CF (principalmente punicalagina, ácido elágico y sus derivados), que se asoció con mayor actividad captadora de DPPH e inhibición más eficaz de la actividad  $\alpha$ -glucosidasa, reduciendo esta última el GI de las formulaciones preparadas.

De manera similar, también se encontró una mayor actividad antioxidante después de la adición de aceite de semilla de granada (PSO) al helado (Çam *et al.*, 2013). En un estudio posterior, Çam *et al.* (2014) indicaron que la acción antioxidante e inhibidora de  $\alpha$ -glucosidasa de PBP encapsulada en matrices de maltodextrina deshidratadas por aspersion, en comparación con PBP nativa, no se vio afectada significativamente. Además, la microencapsulación de PBP pareció ser una buena estrategia para superar las restricciones relacionadas con las propiedades organolépticas adversas que resultan de la presencia de fenólicos, como la astringencia, la lubricación insatisfactoria de la lengua y el fruncimiento de la mucosa oral (Çam *et al.*, 2014).

Finalmente, la adición de aislado de proteína de suero (WPI) glucosado con los azúcares D-alosa y D-psicosa en el helado se ha mencionado como una forma novedosa de brindar excelentes propiedades antioxidantes junto con la mejora de la capacidad de formación de espuma y emulsión (Puangmanee; Hayakawa; Sun; Ogawa, 2008). Los autores sugirieron que la actividad de eliminación de RL para las formulaciones específicas estaba asociada con la conjugación de los productos de reacción de Maillard, encontrados en WPI con el grupo hidroxilo C-3 de estos azúcares.

Con estos ejemplos, se evidencia que los consumidores quieren comprar helados con menos ingredientes artificiales y bioactividad mejorada (es decir, más fenólicos y actividad antioxidante) (Sloan, 2011).

## Conclusiones

Generalmente, la concentración y actividad antioxidante total de diferentes compuestos fenólicos en los concentrados de frutas estudiados son superiores a los datos reportados de frutas frescas o mermeladas, lo que se debe al proceso técnico de concentración y al porcentaje de reducción en el contenido de humedad del producto en relación con la fruta de partida. Estos concentrados de frutos rojos pueden ser una materia prima adecuada para elaborar AF ricos en antioxidantes naturales. El consumo a largo plazo de estos antioxidantes puede prevenir enfermedades relacionadas con el estrés oxidativo. Sin embargo, se necesitan más investigaciones sobre las propiedades antioxidantes de los productos elaborados con estas materias primas y el impacto de su ingesta en la defensa antioxidante de los consumidores.

## Referencias

- Aerts, R. J.; Barry, T. N.; McNabb, W. C. (1999). Polyphenols and agriculture: beneficial effects of proanthocyanidins in forages. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 75(1-2), 1-12. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00062-6](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00062-6)
- Aguiar, S. C.; Cottica, S. M.; Boeing, J. S.; Samensari, R. B.; Santos, G. T.; Visentainer, J. V.; Zeoula, L. M. (2014). Effect of feeding phenolic compounds from propolis extracts to dairy cows on milk production, milk fatty acid composition, and the antioxidant capacity of milk. *Animal Feed Science and Technology*, 193, 148-154. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.04.006>
- Ahmadinejad, F.; Geir Møller, S.; Hashemzadeh-Chaleshtori, M.; Bidkhorji, G.; Jami, M. (2017). Molecular Mechanisms behind Free Radical Scavengers Function against Oxidative Stress. *Antioxidants*, 6(3). <https://doi.org/10.3390/antiox6030051>
- Alonso-Amelot, M. E.; Castillo, U.; Smith, B. L.; Lauren, D. (1996). Bracken ptaquiloside in milk. *Nature*, 382(6592), 587-587. <https://doi.org/10.1038/382587a0>
- Amarowicz, R.; Shahidi, F. (2017). Antioxidant activity of broad bean seed extract and its phenolic composition. *Journal of Functional Foods*, 38, 656-662. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.04.002>
- Augustyniak, A.; Bartosz, G.; Ćipak, A.; Duburs, G.; Horáková, L.; Łuczaj, W.; ... Zarković, N. (2010). Natural and synthetic antioxidants: An updated overview. *Free Radical Research*, 44(10), 1216-1262. <https://doi.org/10.3109/10715762.2010.508495>
- Axten, L. G.; Wohlers, M. W.; Wegrzyn, T. (2008). Using Phytochemicals to Enhance Health Benefits of Milk: Impact of Polyphenols on Flavor Profile. *Journal of Food Science*, 73(6), H122-H126. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.00808.x>
- Ayala-Zavala, J. F.; Vega-Vega, V.; Rosas-Domínguez, C.; Palafox-Carlos, H.; Villa-Rodríguez, J. A.; Siddiqui, W.; ... González-Aguilar, J. A. (2011). Agro-industrial potential of exotic fruit byproducts as a source of food additives. *Food Research International*, 44(7), 1866-1874. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.02.021>
- Bandyopadhyay, M.; Chakraborty, R.; Raychaudhuri, U. (2008). Antioxidant activity of natural plant sources in dairy dessert (Sandesh) under thermal treatment. *LWT - Food Science and Technology*, 41(5), 816-825. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.06.001>
- Beecher, G. R. (2003). Overview of Dietary Flavonoids: Nomenclature, Occurrence and Intake. *The Journal of Nutrition*, 133(10), 3248S-3254S. <https://doi.org/10.1093/jn/133.10.3248S>
- Bergman, M.; Varshavsky, L.; Gottlieb, H. E.; Grossman, S. (2001). The antioxidant activity of aqueous spinach extract: chemical identification of active fractions. *Phytochemistry*, 58(1), 143-152. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(01\)00137-6](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(01)00137-6)
- Borin, T. R.; Georges, E. L.; Brito-Oliveira, T. C.; Moraes, I.; Pinho, S. (2018). Technological and sensory evaluation of pineapple ice creams incorporating curcumin-loaded nanoemulsions obtained by the emulsion inversion point method. *International Journal of Dairy Technology*, 71(2), 491-500. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12451>
- Burdock, G. A. (2016). *Fenaroli's handbook of flavor ingredients*. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Byrd, S. J. (2001). Using antioxidants to increase shelf life of food products. *Cereal Foods World*, 46(2), 48-53.
- Cadena, R. S.; Cruz, A. G.; Faria, J. A. F.; Bolini, H. M. A. (2012). Reduced fat and sugar vanilla ice creams: Sensory profiling and external preference mapping. *Journal of Dairy Science*, 95(9), 4842-4850. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5526>
- Caleja, C.; Barros, L.; Antonio, A. L.; Carcho, M.; Oliveira, M.; Ferreira, I. (2016). Fortification of yogurts with different antioxidant preservatives: A comparative study between natural and synthetic additives. *Food Chemistry*, 210, 262-268. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.04.114>
- Caleja, C.; Barros, L.; Antonio, A. L.; Cirric, A.; Barreira, J.; Sokovic, M.; ... Ferreira, I. (2015). Development of a functional dairy food: Exploring bioactive and preservation effects of chamomile (*Matricaria recutita* L.). *Journal of Functional Foods*, 16, 114-124. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.04.033>
- Çam, M.; Erdoğan, F.; Aslan, D.; Dinç, M. (2013). Enrichment of Functional Properties of Ice Cream with Pomegranate By-products. *Journal of Food Science*, 78(10), C1543-C1550. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12258>

- Çam, M.; İċyer, N. C.; Erdoğan, F. (2014). Pomegranate peel phenolics: Microencapsulation, storage stability and potential ingredient for functional food development. *LWT - Food Science and Technology*, 55(1), 117-123. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.09.011>
- Camire, M. E.; Dougherty, M. P.; Teh, Y.-H. (2006). Frozen Wild Blueberry-Tofu-Soymilk Desserts. *Journal of Food Science*, 71(2), S119-S123. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.tb08914.x>
- Chandan, R. C. (2008). *Dairy Processing & Quality Assurance*. Nueva York, NY: John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/9780813804033>
- Charles, D. J. (2013). *Antioxidant Properties of Spices, Herbs and Other Sources*. Nueva York, NY: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4310-0>
- Chen, C.; Pearson, A. M.; Gray, J. I. (1992). Effects of synthetic antioxidants (BHA, BHT and PG) on the mutagenicity of IQ-like compounds. *Food Chemistry*, 43(3), 177-183. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(92\)90170-7](https://doi.org/10.1016/0308-8146(92)90170-7)
- Chouchouli, V.; Kalogeropoulos, N.; Konteles, S. J.; Karvela, E.; Dimitris, M.; Karathanos, V. (2013). Fortification of yoghurts with grape (*Vitis vinifera*) seed extracts. *LWT - Food Science and Technology*, 53(2), 522-529. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.03.008>
- Chu, Y.-H.; Chang, C.-L.; Hsu, H.-F. (2000). Flavonoid content of several vegetables and their antioxidant activity. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80(5), 561-566.
- De Lima, M. E.; Colpo, A. Z. C.; Rosa, H.; Fernandes-Salgueiro, A.; da Silva, M.; Noronha, D.; ... Folmer, V. (2018). *Ilex paraguariensis* extracts reduce blood glucose, peripheral neuropathy and oxidative damage in male mice exposed to streptozotocin. *Journal of Functional Foods*, 44, 9-16. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.02.024>
- Dimitrios, B. (2006). Sources of natural phenolic antioxidants. *Trends in Food Science & Technology*, 17(9), 505-512. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2006.04.004>
- El-Said, M. M.; Haggag, H. F.; Fakhr El-Din, H. M.; Gad, A.; Farahat, A. (2014). Antioxidant activities and physical properties of stirred yoghurt fortified with pomegranate peel extracts. *Annals of Agricultural Sciences*, 59(2), 207-212. <https://doi.org/10.1016/j.aas.2014.11.007>
- Escarpa, A.; Gonzalez, M. C. (2001). An Overview of Analytical Chemistry of Phenolic Compounds in Foods. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 31(2), 57-139. <https://doi.org/10.1080/20014091076695>
- Exarchou, V.; Nenadis, N.; Tsimidou, M.; Gerothanassis, I.; Troganis, A.; Boskou, D. (2002). Antioxidant Activities and Phenolic Composition of Extracts from Greek Oregano, Greek Sage, and Summer Savory. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(19), 5294-5299. <https://doi.org/10.1021/jf020408a>
- Favaro-Trindade, C. S.; Bernardi, S.; Bodini, R. B.; Balieiro, J.; de Almeida, E. (2006). Sensory Acceptability and Stability of Probiotic Microorganisms and Vitamin C in Fermented Acerola (*Malpighia emarginata* DC.) Ice Cream. *Journal of Food Science*, 71(6), S492-S495. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2006.00100.x>
- Fukuda, M. (2012). *Ice cream - EP 2491793 A1*. European Patent Office.
- Gabbi, D. K.; Bajwa, U.; Goraya, R. K. (2018). Physicochemical, melting and sensory properties of ice cream incorporating processed ginger (*Zingiber officinale*). *International Journal of Dairy Technology*, 71(1), 190-197. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12430>
- Gassenmeier, K. (2003). Vanillin and xanthineoxidase—key factors for the generation of a cardboard Off-note in vanilla ice cream. *LWT - Food Science and Technology*, 36(1), 99-103. [https://doi.org/10.1016/s0023-6438\(02\)00183-4](https://doi.org/10.1016/s0023-6438(02)00183-4)
- Ghaffari, M. H.; Tahmasbi, A. M.; Khorvash, M.; Naserian, A.; Vakili, A. (2013). Effects of pistachio by-products in replacement of alfalfa hay on ruminal fermentation, blood metabolites, and milk fatty acid composition in Saanen dairy goats fed a diet containing fish oil. *Journal of Applied Animal Research*, 42(2), 186-193. <https://doi.org/10.1080/09712119.2013.824889>
- Granato, D.; Nunes, D. S.; Barba, F. J. (2017). An integrated strategy between food chemistry, biology, nutrition, pharmacology, and statistics in the development of functional foods: A proposal. *Trends in Food Science & Technology*, 62, 13-22. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.12.010>
- Granato, D.; Prado-Silva, L.; Alvarenga, V. O.; Zielinski, A.; Bataglion, G.; de Moraes, D.; ... de Sant'Ana, A. (2016). Characterization of binary and ternary mixtures of green, white and black tea extracts by electrospray ionization mass spectrometry and modeling of their in vitro antibacterial activity. *LWT - Food Science and Technology*, 65, 414-420. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.08.037>
- Granato, D.; Santos, J. S.; Salem, R. D. S.; Mortazavian, A.; Rocha, R.; Cruz, A. (2018). Effects of herbal extracts on quality traits of yogurts, cheeses, fermented milks, and ice creams: a technological perspective. *Current Opinion in Food Science*, 19, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2017.11.013>
- Gremski, L. A.; Coelho, A. L. K.; Santos, J. S.; Daguer, H.; Molognoni, L.; do Prado-Silva, L.; ... Granato, D. (2019). Antioxidants-rich ice cream containing herbal extracts and fructooligosaccharides: manufacture, functional and sensory properties. *Food Chemistry*, 298. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125098>
- Gupta, S.; Finelli, R.; Agarwal, A.; Henkel, R. (2020). Total antioxidant capacity—Relevance, methods and clinical implications. *Andrologia*, 53(2). <https://doi.org/10.1111/and.13624>
- Halliwell, B. (1995). Antioxidant characterization. *Biochemical Pharmacology*, 49(10), 1341-1348. [https://doi.org/10.1016/0006-2952\(95\)00088-h](https://doi.org/10.1016/0006-2952(95)00088-h)
- Halliwell, B. (2009). How to Characterize a Biological Antioxidant. *Free Radical Research Communications*, 9(1), 1-32. <https://doi.org/10.3109/10715769009148569>
- Heleno, S. A.; Martins, A.; Queiroz, M. J. R. P.; Ferreira, I. (2015). Bioactivity of phenolic acids: Metabolites versus parent compounds: A review. *Food Chemistry*, 173, 501-513. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.10.057>
- Hwang, J.-Y.; Shyu, Y.-S.; Hsu, C.-K. (2009). Grape wine lees improve the rheological and adds antioxidant properties to ice cream. *LWT - Food Science and Technology*, 42(1), 312-318. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2008.03.008>
- Ianni, A.; di Maio, G.; Pittia, P.; Grotta, L.; Perpetuini,

- G.; Tofalo, R.; ... Martino, G. (2019). Chemical–nutritional quality and oxidative stability of milk and dairy products obtained from Friesian cows fed with a dietary supplementation of dried grape pomace. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(7), 3635–3643. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9584>
- Ibañez, E.; Kubátová, A.; Señoráns, F. J.; Cavero, S.; Reglero, G.; Hawthorne, S. (2002). Subcritical Water Extraction of Antioxidant Compounds from Rosemary Plants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(2), 375–382. <https://doi.org/10.1021/jf025878j>
- Illanes, A. (2015). Alimentos funcionales y biotecnología. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 17(1), 5–8.
- Jakubczyk, K.; Kochman, J.; Kwiatkowska, A.; Kałdunska, J.; Dec, K.; Kawczuga, D.; Janda, K. (2020). Antioxidant Properties and Nutritional Composition of Matcha Green Tea. *Foods*, 9(4). <https://doi.org/10.3390/foods9040483>
- Karaaslan, M.; Ozden, M.; Vardin, H.; Turkoglu, H. (2011). Phenolic fortification of yogurt using grape and callus extracts. *LWT – Food Science and Technology*, 44(4), 1065–1072. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.12.009>
- Karaman, S.; Kayacier, A. (2011). Rheology of Ice Cream Mix Flavored with Black Tea or Herbal Teas and Effect of Flavoring on the Sensory Properties of Ice Cream. *Food and Bioprocess Technology*, 5(8), 3159–3169. <https://doi.org/10.1007/s11947-011-0713-5>
- Karaman, S.; Toker, Ö. S.; Yüksel, F.; Çam, M.; Kayacier, A.; Dogan, M. (2014). Physicochemical, bioactive, and sensory properties of persimmon-based ice cream: Technique for order preference by similarity to ideal solution to determine optimum concentration. *Journal of Dairy Science*, 97(1), 97–110. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7111>
- Karnopp, A. R.; Oliveira, K. G.; de Andrade, E. F.; Postinger, B.; Granato, D. (2017). Optimization of an organic yogurt based on sensorial, nutritional, and functional perspectives. *Food Chemistry*, 233, 401–411. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.112>
- Kavaz, A.; Yüksel, M.; Dağdemir, E. (2016). Determination of certain quality characteristics, thermal and sensory properties of ice creams produced with dried Besni grape (*Vitis vinifera* L.). *International Journal of Dairy Technology*, 69(3), 418–424. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12277>
- Khan, M.; Liu, H.; Wang, J.; Sun, B. (2020). Inhibitory effect of phenolic compounds and plant extracts on the formation of advance glycation end products: A comprehensive review. *Food Research International*, 130. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108933>
- Kilic, M.; Lindsay, R. C. (2005). Distribution of Conjugates of Alkylphenols in Milk from Different Ruminant Species. *Journal of Dairy Science*, 88(1), 7–12. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72656-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72656-4)
- King, R. A.; Mano, M. M.; Head, R. J. (1998). Assessment of isoflavonoid concentrations in Australian bovine milk samples. *Journal of Dairy Research*, 65(3), 479–489. <https://doi.org/10.1017/S0022029998002891>
- Koley, T. K.; Maurya, A.; Tripathi, A.; Singh, B. K.; Singh, M.; Bhutia, T. L.; ... Singh, B. (2018). Antioxidant potential of commonly consumed underutilized leguminous vegetables. *International Journal of Vegetable Science*, 25(4), 362–372. <https://doi.org/10.1080/19315260.2018.1519866>
- Kumar, N.; Singh, A.; Sharma, D. K.; Kishore, K. (2019). Toxicity of Food Additives. En R. Singh; M. Mondal (Eds.), *Food Safety and Human Health* (pp. 67–98). Cambridge, MA: Academic Press. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-816333-7.00003-5>
- Lee, C. Y.; Sharma, A.; Semenya, J.; Anamoah, C.; Chapman, K.; Barone, V. (2020). Computational Study of Ortho-Substituent Effects on Antioxidant Activities of Phenolic Dendritic Antioxidants. *Antioxidants*, 9(3). <https://doi.org/10.3390/antiox9030189>
- Lopez, V.; Lindsay, R. C. (2002). Metabolic conjugates as precursors for characterizing flavor compounds in ruminant milks. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 41(3), 446–454. <https://doi.org/10.1021/jf00027a019>
- Luo, Q.; Zhang, J.-R.; Li, H.-B.; Wu, D.-T.; Geng, F.; Corke, H.; ... Gan, R.-Y. (2020). Green Extraction of Antioxidant Polyphenols from Green Tea (*Camellia sinensis*). *Antioxidants*, 9(9). <https://doi.org/10.3390/antiox9090785>
- Lushchak, V. I. (2014). Free radicals, reactive oxygen species, oxidative stress and its classification. *Chemico-Biological Interactions*, 224, 164–175. <https://doi.org/10.1016/j.cbi.2014.10.016>
- MacDonald-Wicks, L. K.; Wood, L. G.; Garg, M. L. (2006). Methodology for the determination of biological antioxidant capacity in vitro: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(13), 2046–2056. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2603>
- Manach, C.; Scalbert, A.; Morand, C.; Rémésy, C.; Jiménez, L. (2004). Polyphenols: food sources and bioavailability. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 79(5), 727–747. <https://doi.org/10.1093/ajcn/79.5.727>
- Marshall, R. T.; Goff, H. D.; Hartel, R. W. (2003). *Ice Cream*. Boston, MA: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-0163-3>
- O’Connell, J. E.; Fox, P. F. (1999). Effects of phenolic compounds on the heat stability of milk and concentrated milk. *Journal of Dairy Research*, 66(3), 399–407. <https://doi.org/10.1017/S0022029999003593>
- Oreopoulou, V.; Russ, W. (2007). *Utilization of by-products and treatment of waste in the food industry*. Boston, MA: Springer.
- Ozturk, I.; Golec, A.; Karaman, S.; Sagdic, O.; Kayacier, A. (2010). Evaluation of *Listeria monocytogenes* Survival in Ice Cream Mixes Flavored with Herbal Tea Using Taguchi Method. *Foodborne Pathogens and Disease*, 7(10), 1263–1267. <https://doi.org/10.1089/fpd.2010.0586>
- Prasad, S.; Gupta, S. C.; Tyagi, A. K. (2017). Reactive oxygen species (ROS) and cancer: Role of antioxidative nutraceuticals. *Cancer Letters*, 387, 95–105. <https://doi.org/10.1016/j.canlet.2016.03.042>
- Puangmanee, S.; Hayakawa, S.; Sun, Y.; Ogawa, M. (2008). Application of Whey Protein Isolate Glycated with Rare Sugars to Ice Cream. *Food Science and Technology Research*, 14(5), 457–466. <https://doi.org/10.3136/fstr.14.457>
- Pyenson, H.; Tracy, P. H. (1950). Vanillas as

- Antioxidants in Powdered Ice Cream Mixes. *Journal of Dairy Science*, 33(11), 815-819. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(50\)91973-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(50)91973-4)
- Quintero-Anzueta, S.; Molina-Botero, I. C.; Ramirez-Navas, J. S.; Rao, I.; Chirinda, N.; Barahona-Rosales, R.; ... Arango, J. (2021). Nutritional Evaluation of Tropical Forage Grass Alone and Grass-Legume Diets to Reduce in vitro Methane Production. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.663003>
- Ramírez-Navas, J. S. (2019). Functional Foods and Ingredients. *Journal of Pharmacy & Pharmacognosy Research*, 7(2), S21-S22. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3663082>
- Ramos, L. R.; Santos, J. S.; Dagher, H.; Camargo, A.; Gomes, A.; Granato, D. (2017). Analytical optimization of a phenolic-rich herbal extract and supplementation in fermented milk containing sweet potato pulp. *Food Chemistry*, 221, 950-958. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.11.069>
- Rashidinejad, A.; Birch, E. J.; Sun-Waterhouse, D.; Everett, D. W. (2015). Total phenolic content and antioxidant properties of hard low-fat cheese fortified with catechin as affected by in vitro gastrointestinal digestion. *LWT - Food Science and Technology*, 62(1), 393-399. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.12.058>
- Reis, F. S.; Martins, A.; Vasconcelos, M. H.; Morales, P.; Ferreira, I. (2017). Functional foods based on extracts or compounds derived from mushrooms. *Trends in Food Science & Technology*, 66, 48-62. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.05.010>
- Ruiz-Torralba, A.; Guerra-Hernández, E. J.; García-Villanova, B. (2018). Antioxidant capacity, polyphenol content and contribution to dietary intake of 52 fruits sold in Spain. *CyTA-Journal of Food*, 16(1), 1131-1138. <https://doi.org/10.1080/19476337.2018.1517828>
- Sánchez-González, I.; Jiménez-Escrig, A.; Saura-Calixto, F. (2005). In vitro antioxidant activity of coffees brewed using different procedures (Italian, espresso and filter). *Food Chemistry*, 90(1-2), 133-139. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.03.037>
- Sanguigni, V.; Manco, M.; Sorge, R.; Gnessi, L.; Francomano, D. (2017). Natural antioxidant ice cream acutely reduces oxidative stress and improves vascular function and physical performance in healthy individuals. *Nutrition*, 33, 225-233. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2016.07.008>
- Santhakumar, A. B.; Battino, M.; Alvarez-Suarez, J. M. (2018). Dietary polyphenols: Structures, bioavailability and protective effects against atherosclerosis. *Food and Chemical Toxicology*, 113, 49-65. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2018.01.022>
- Sedighi-Vesagh, R.; Naserian, A. A.; Ghaffari, M. H.; Petit, H. V. (2015). Effects of pistachio by-products on digestibility, milk production, milk fatty acid profile and blood metabolites in Saanen dairy goats. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 99(4), 777-787. <https://doi.org/10.1111/jpn.12233>
- Shahidi, F. (2015). *Handbook of antioxidants for food preservation*. Londres: Woodhead Publishing.
- Shiota, M.; Ikeda, N.; Konishi, H.; Yoshioka, T. (2002). Photooxidative Stability of Ice Cream Prepared from Milk Fat. *Journal of Food Science*, 67(3), 1200-1207. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb09477.x>
- Sloan, A. (2011). Top 10 Food Trends. *Food Technology*, 4, 23-39.
- Soukoulis, C.; Fisk, I. D.; Bohn, T. (2014). Ice Cream as a Vehicle for Incorporating Health-Promoting Ingredients: Conceptualization and Overview of Quality and Storage Stability. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13(4), 627-655. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12083>
- Sridhar, K.; Charles, A. L. (2019). In vitro antioxidant activity of Kyoho grape extracts in DPPH and ABTS assays: Estimation methods for EC50 using advanced statistical programs. *Food Chemistry*, 275, 41-49. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.09.040>
- Sun-Waterhouse, D.; Edmonds, L.; Wadhwa, S. S.; Wibisono, R. (2013). Producing ice cream using a substantial amount of juice from kiwifruit with green, gold or red flesh. *Food Research International*, 50(2), 647-656. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.05.030>
- Tai, A.; Sawano, T.; Yazama, F.; Hideyuki, I. (2011). Evaluation of antioxidant activity of vanillin by using multiple antioxidant assays. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects*, 1810(2), 170-177. <https://doi.org/10.1016/j.bbagen.2010.11.004>
- Teh, Y.-H.; Dougherty, M. P.; Camire, M. E. (2005). Frozen Blueberry-soy Dessert Quality. *Journal of Food Science*, 70(2), S119-S122. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.tb07115.x>
- Thaipong, K.; Boonprakob, U.; Crosby, K.; Cisneros-Zevallos, L.; Hawkins-Byrne, D. (2006). Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(6-7), 669-675. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2006.01.003>
- Topping, D. L.; Clifton, P. M. (2001). Short-Chain Fatty Acids and Human Colonic Function: Roles of Resistant Starch and Nonstarch Polysaccharides. *Physiological Reviews*, 81(3), 1031-1064. <https://doi.org/10.1152/physrev.2001.81.3.1031>
- Tsen, S. Y.; Siew, J.; Lau, E. K. L.; Roslee, F.; Chan, H.; Loke, W. (2014). Cow's milk as a dietary source of equol and phenolic antioxidants: differential distribution in the milk aqueous and lipid fractions. *Dairy Science & Technology*, 94(6), 625-632. <https://doi.org/10.1007/s13594-014-0183-4>
- Vassalle, C.; Masini, S.; Carpegiani, C.; L'Abatte, A.; Boni, C.; CarloZucchelli, G. (2004). In vivo total antioxidant capacity: comparison of two different analytical methods. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (CCLM)*, 42(1). <https://doi.org/10.1515/cclm.2004.016>
- Yanishlieva-Maslarova, N. V.; Heinonen, I. M. (2001). Sources of natural antioxidants: vegetables, fruits, herbs, spices and teas. En J. Pokorny; N. Yanishlieva; M. Gordon (Eds.), *Antioxidants in Food* (pp. 210-263). Londres: Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/9781855736160.3.210>
- Zeb, A. (2015a). Chemistry and liquid chromatography methods for the analyses of primary oxidation products of triacylglycerols. *Free Radical Research*, 49(5), 549-564. <https://doi.org/10.3109/10715762.2015.1022540>
- Zeb, A. (2015b). Phenolic profile and antioxidant

- 
- potential of wild watercress (*Nasturtium officinale* L.). *Springer Plus*, 4(1). <https://doi.org/10.1186/s40064-015-1514-5>
- Zeb, A. (2018). Ellagic acid in suppressing in vivo and in vitro oxidative stresses. *Molecular and Cellular Biochemistry*, 448(1-2), 27-41. <https://doi.org/10.1007/s11010-018-3310-3>
- Zeb, A. (2020). Concept, mechanism, and applications of phenolic antioxidants in foods. *Journal of Food Biochemistry*, 44(9). <https://doi.org/10.1111/jfbc.13394>
- Zhang, H.; Tsao, R. (2016). Dietary polyphenols, oxidative stress and antioxidant and anti-inflammatory effects. *Current Opinion in Food Science*, 8, 33-42. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2016.02.002>
- Zheng, W.; Wang, S. Y. (2001). Antioxidant Activity and Phenolic Compounds in Selected Herbs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(11), 5165-5170. <https://doi.org/10.1021/jf010697n>