

Frutas tropicales: fuente de compuestos bioactivos naturales en la industria de alimentos*

**Tropical Fruits: Source of Natural Compounds Bioactives
Food Industry**

Recibido: 4 de abril de 2015 • Aceptado: 9 de julio de 2014

Para citar este artículo: G. Cárdenas, G. Arrazola y M. Villalba, «Frutas tropicales: fuente de compuestos bioactivos naturales en la industria de alimentos», *Ingenium*, vol. 17, n.º 33, pp. 29-40, julio de 2015.



German Darío Cárdenas Baquero**
Guillermo Arrazola Paternina***
Marcela Villalba Cadavid****

Resumen

En los últimos años, ha habido una tendencia global hacia el consumo de alimentos que proporcionen efectos beneficiosos para la salud. Las principales investigaciones demuestran que el uso de compuestos bioactivos derivados de plantas como fuente de ingredientes funcionales en los productos alimenticios puede disminuir el riesgo de enfermedades cardiovasculares y neurodegenerativas. Estos beneficios han orientado las investigaciones principalmente a la caracterización de diferentes tipos de frutas y su contenido de componentes antioxidantes específicos, sin embargo, la mayoría se han centrado en las frutas de clima templado. Por lo tanto, esta revisión se centra en exponer el contenido de compuestos bioactivos presentes en frutas tropicales, evidenciando sus beneficios sobre la salud humana a través de su aprovechamiento agroindustrial en productos alimenticios, jugos con antioxidantes, en general fuentes bioactivos para la industria.

* Artículo de investigación, producto derivado de investigación en el grupo Procesos y Agroindustria de Vegetales de la Universidad de Córdoba. 2014.

** Ingeniero de Alimentos. Universidad de Córdoba. E-mail:gcardenas@hotmail.com

*** Ph. D. Ingeniero de Alimentos. Programa de Ingeniería de Alimentos. Grupo de Investigación Procesos y Agroindustria de Vegetales. Universidad de Córdoba. E-mail: guillermo.arrazola@ua.es

**** M. Sc. Ingeniera de Alimentos, Servicio Nacional de Aprendizaje (Sena). Seccional Córdoba. E-mail: mvillalbac@sena.edu.co

Palabras clave

Compuestos bioactivos, antioxidantes, frutas tropicales.

Abstract

In recent years, there has been a global trend towards the consumption of foods that provide beneficial effects for health. The main research shows that the use of bioactive compounds derived from plants as a source of functional ingredients in foods may reduce the risk of various cardiovascular and neurodegenerative diseases. These benefits have mainly focused investigations to characterize different types of fruit and content of specific antioxidant compounds; however, most have focused on temperate fruits. Therefore, this review focuses on exposing the content of bioactive compounds in tropical fruit showing its benefits on human health through their possible use in agro-food products.

Keywords

Bioactive compounds, antioxidants, tropical fruits.

Introducción

En los últimos años se han generado importantes cambios en los hábitos de consumo impulsados por la continua aparición de evidencias científicas que acreditan cómo a través de la dieta y sus componentes se pueden modular algunas funciones fisiológicas específicas en el organismo y por tanto favorecer el bienestar y la salud (Jiménez, 2013). En tal sentido, se están produciendo continuos avances en el desarrollo de alimentos percibidos más saludables, fundamentados en la presencia de compuestos biológicamente activos. En la actualidad los problemas de salud pública se centran principalmente en el envejecimiento de la población y en el aumento de la prevalencia de determinadas enfermedades crónicas (Herrera et al., 2014). La oxidación inducida por especies reactivas de oxígeno (ROS) dan lugar a la desintegración de la membrana celular, daño de la proteína de la membrana y la mutación del ADN, que pueden iniciar el desarrollo de enfermedades incluyendo el cáncer, la diabetes, enfermedades neurodegenerativas y disfunciones cardiovasculares (Ravishankar et al., 2013; Xiao et al., 2014). Recientemente, estudios epidemiológicos sugieren que el consumo de compuestos bioactivos con potencial antioxidante, como vitaminas, carotenoides, flavonoides y otros compuestos fenólicos tiene efectos protectores contra las enfermedades anteriormente mencionadas. Además de sus propiedades biológicas, últimamente los fitoquímicos con gran potencial antioxidante han despertado el interés en las tecnologías de alimentos, ya que pueden ser utilizados como sustitutos de los antioxidantes sintéticos, proporcionando protección contra la degradación oxidativa de los radicales libres (Jiménez et al., 2011).

En consecuencia, se ha demostrado que las frutas son la principal fuente de sustancias biológicamente activas, que contribuyen a su potencial quimiopreventivo (Mahattanatawee et al., 2006; Dembitsky et al., 2011; Jiménez et al., 2011). Los estudios realizados por los organismos internacionales llevan a la evidencia indiscutible de la importancia de frutas

tropicales a los países productores, tanto a nivel nutricional como a nivel comercial. En la actualidad, Colombia es considerado uno de los principales países productores de frutas frescas tropicales en todo el mundo, siendo de interés potencial para la agroindustria ya que constituyen una posible fuente futura de ingresos para la población local (Calderón et al., 2011). El hecho de que estos compuestos se den principalmente en las frutas ha permitido el avance de las áreas de investigación en la innovación de nuevos productos a una escala sin precedentes. Esta evolución ha aumentado las posibilidades a las diferentes tecnologías de modificar los alimentos tradicionales mediante la adición de compuestos biológicamente activos en matrices alimentarias, cuyos avances más significativos se han presentado en derivados cárnicos y lácteos, a través de la adición de extractos de fruta a los productos durante procesos de elaboración, obteniendo resultados prometedores hacia el futuro.

En este artículo se hace una revisión bibliográfica sobre compuestos bioactivos presentes en frutas de origen tropical, capacidad antioxidante y su potencial agroindustrial.

I. Compuestos bioactivos

Los compuestos bioactivos son conocidos como nutraceuticos, son aquellos compuestos esenciales y no esenciales que se producen en la naturaleza siendo parte de la cadena alimentaria (Biesalski et al., 2009a). A finales del siglo XX se presentaron avances importantes en el conocimiento sobre alimentación y nutrición así como en salud y enfermedad con base en la gran cantidad de estudios epidemiológicos, experimentales y estadísticos sobre la composición de los alimentos para determinar actividades biológicas. Todo ello contribuyó a la identificación de determinados componentes de la dieta (fitoquímicos) como factores potencialmente implicados en la prevención de procesos patológicos. Posteriormente varios autores han coincidido en la definición básica de los compuestos bioactivos como aquellos metabolitos secundarios no nutricionales de origen vegetal que son vitales para el mantenimiento de la salud humana (Patil et al., 2009; Batchu et al., 2013).

II. Compuestos bioactivos presentes en frutas de origen tropical

Los compuestos bioactivos presentes en frutas han atraído la atención de los consumidores y la comunidad científica teniendo en cuenta las evidencias epidemiológicas sólidas que muestran los beneficios de la ingesta de fruta en la prevención de las enfermedades humanas (Machado y Schieber, 2010; Dembitsky et al., 2011; Ramful et al., 2011). Los fitoquímicos más comunes presentes en frutas tropicales son las vitaminas (C y E), carotenoides, compuestos fenólicos y fibra dietética. Como compuestos relacionados con la salud, estos se han atribuido a la reducción del riesgo de desarrollar cáncer, alzhéimer, cataratas y parkinson, entre otros. Estos efectos beneficiosos se han atribuido principalmente a su poder antioxidante y actividades de captación de radicales que pueden retrasar o inhibir la oxidación del ADN, proteínas y lípidos. De hecho, estos compuestos han demostrado efectos antimicrobianos, jugando un papel importante en la protección de las frutas frente a los agentes patógenos (Ayala et al., 2011).

El contenido de compuestos funcionales en diferentes tejidos de frutas tropicales depende del producto evaluado. En general, la vitamina C se distribuye de manera uniforme en las frutas, los carotenoides se producen principalmente en la superficie de los tejidos, mientras que los compuestos fenólicos se encuentran preferentemente en la cáscara y las semillas y en una menor medida, en la pulpa (Ayala et al., 2011). El consumo de mango (*Mangifera indica* L.), una de las frutas tropicales más importantes en producción a nivel mundial, podría proporcionar cantidades significativas de compuestos bioactivos con un gran potencial para modular los factores de riesgo de enfermedades (Machado y Schieber, 2010; Dembitsky et al., 2011). Se ha informado que el contenido total de compuestos fenólicos en pulpa de mango oscila desde 9,0 hasta 208,0 mg/100 g (Gil, 2006). Por otra parte un estudio determinó los compuestos bioactivos y el potencial antioxidante en cuatro extractos diferentes de mango. Los principales polifenoles del mango en términos de capacidad y/o la cantidad antioxidante fueron: manguiferina, catequinas, quercetina, kaempferol, ramnetina, antocianinas, ácidos gálico y elágico. Entre los ácidos fenólicos, ácido gálico fue predominante (6,9 mg/kg). Los flavonoles (quercetina, kaempferol, y ramnetina) están presentes principalmente como O-glucósidos, mientras que Manguiferina es un C-Glicósido y se produce tanto en su forma no esterificada y conjugado con ácido gálico (Dembitsky et al., 2011; Arrazola et al., 2013)

Así mismo, el contenido de fenoles totales y antocianinas totales fueron investigados en 11 frutas tropicales, en el cual el total de polifenoles varió de 13,5 a 159,9 mg de equivalentes de ácido gálico (GAE)/100 g de peso seco. Entre las 11 frutas tropicales estudiadas, se encontraron valores bajos en el zapote, sandía y piña (13,5; 29,0 y 38,1 mg de GAE/100 g DW respectivamente), mientras se encontraron valores moderados en ciruela, guanábana, papaya (44,6 a 55,0 mg de GAE/100 g DW) (Beserra et al., 2011). No obstante, se encontraron diferencias en la concentración de compuestos fenólicos de frutas tropicales evaluados por otros autores. Por ejemplo, Hassimotto et al., (2005) informaron sobre datos más elevados de los compuestos fenólicos presentes en piña (67,2 mg GAE/100 g) y guanábana (120,0 mg GAE/100 g). También Kulkarni et al., (2007) mostró un valor de 134,6 mg de GAE/100 g en total en el zapote. Otro estudio similar fue realizado en catorce frutas tropicales de la Florida del Sur en el cual fueron evaluados los compuestos bioactivos. La actividad antioxidante mostró una alta correlación con los niveles de compuestos fenólicos totales ($r = 0,96$), pero bajas correlaciones con los niveles de ácido ascórbico ($r = 0,35$ y $0,23$ para los métodos "2,2-difenil-1-picrilhidracilo" (DPPH) y "Oxigen Radical Absorbance Capacity" (ORAC) respectivamente). Las actividades antioxidantes evaluados por los métodos ORAC y DPPH mostraron tendencias similares en los que la guayaba roja y carambola obtuvieron los valores más altos, mientras que el zapote verde exhibe los niveles más bajos.

Por otra parte, se encontró que el residuo de fruta de la estrella, que normalmente se desecha durante el procesamiento de jugo, contenía mayor actividad antioxidante que el jugo extraído usando varios métodos para evaluar la actividad antioxidante, fenoles totales, FRAP, DPPH. El residuo representó alrededor del 70 % de la actividad antioxidante total (TAA) y el contenido total de polifenoles, sin embargo, solo aportó el 15% del peso de la fruta entera (Shui y Leong, 2006). El alto contenido de compuestos fenólicos y fuerte actividad antioxidante de los extractos de residuos indican que el polvo residual puede

impartir beneficios para la salud, cuando se utiliza en productos alimenticios funcionales. Los extractos de residuos también deben ser considerados como potenciales recursos nutraceuticos en el futuro (Dembitsky et al., 2011). Posteriormente otros autores también han encontrado diferentes valores de compuestos bioactivos presentes en algunas frutas tropicales como se resume en la tabla 1.

Frutas	Compuestos fenólicos totales (Mg GAE/100 gramos en base seca)		Carotenoides (mg β - caroteno/100 gr en base seca)		Referencias
	Parte Comestible	Parte no comestible	Parte comestible	Parte no comestible	
Piña	990.76	2787.09	42.86	156.1	Ribeiro da Silva et al., (2014)
Guayaba	1723.06	1987.19	52.12	26.67	Ribeiro da Silva et al., (2014)
Guanábana	2886.6	1469.63	-	1.21	Ribeiro da Silva et al., (2014)
Papaya	1263.7	783.37	2024.68	490.19	Ribeiro da Silva et al., (2014)
Mango	652.59	376.12	953.6	58.26	Ribeiro da Silva et al., (2014)
Zapote mamey	14.21	NR	36.12	NR	Moo et al., (2014)
Fruta de la pasión	765.09	451.06	1362.07	57.93	Ribeiro da Silva et al., (2014)
Carambola	131	NR	NR	NR	Beserra et al. (2012)

Tabla 1. Contenido fenólico total y carotenoides de pulpas y subproductos de algunas frutas tropicales.

Recientemente varias investigaciones se han centrado en la determinación de la capacidad antioxidante de diferentes formulaciones frutas, incluyendo batidos, purés de frutas, concentrados, jugos y bebidas nuevas (Müller et al., 2010). En un determinado estudio se determinó el contenido total de compuestos fenólicos, el cual se cuantificó entre 51 mg equivalentes de ácido gálico (GAE) / 100 g en el licuado de mango-melocotón hasta 1152 mg/100 g en el puré de acerola. Los polifenoles variaron en el siguiente orden para batidos: plátano + calabaza + kiwi; piña + fruta de la pasión + maíz; naranja + mango + fruta de la pasión (116,8; 91,15; 75,83 mg GAE/100 g). Además los resultados evidenciaron muy buenas correlaciones entre el contenido de fenoles totales de productos individuales de fruta y su capacidad antioxidante, sin embargo, no se observaron buenas correlaciones en los batidos de frutas. (Müller et al., 2010).

III. Capacidad antioxidante de compuestos bioactivos

Los compuestos bioactivos pueden proteger contra las enfermedades a través de varios mecanismos, pero se cree que la actividad antioxidante es extremadamente importante para la protección contra las enfermedades relacionadas con el estrés oxidativo (Machado y Schieber, 2010). La capacidad antioxidante de los alimentos está determinada por una mezcla de compuestos antioxidantes con diferentes mecanismos de acción (Moo et al., 2014, 2015); como tal pueden unirse a polímeros biológicos, como enzimas, transportadores de hormonas, y ADN; quelar iones metálicos transitorios, tales como hierro, cobre, zinc; catalizar el transporte de electrones, y depurar radicales libres (Martínez et al., 2002). Debido a esto, se ha argumentado que la actividad antioxidante de los extractos no se puede validar razonablemente por

un solo método debido a la naturaleza compleja de fitoquímicos y sus interacciones, de ahí la importancia de la utilización de múltiples sistemas de ensayo con diferentes índices (Ramful et al., 2011; Moo et al., 2014, 2015). Diferentes metodologías han sido empleadas para evaluar la capacidad antioxidante de las frutas, de las cuales los métodos Ferric ion Reducing Antioxidant Power» (FRAP), «2,2'-Azino-bis-(ácido 3-etilbenzotiazolona-6-sulfónico)» (ABTS), «2,2-difenil-1-picrilhidracilo» (DPPH) y «Oxygen Radical Absorbance Capacity» (ORAC) son los más ampliamente utilizados. Se recomienda que por lo menos dos (o incluso todos) de estos ensayos se puedan combinar para proporcionar una imagen fiable de la capacidad antioxidante total de un producto alimenticio (Calderón et al., 2011). El ensayo FRAP se utiliza comúnmente para estudiar la capacidad antioxidante de materiales vegetales, a través de la capacidad de los antioxidantes en estos extractos para reducir Óxido férrico a Óxido ferroso en el reactivo FRAP (Calderón et al., 2011). El método de ABTS se indica generalmente para la evaluación de la actividad antioxidante de los compuestos hidrófilos, mientras que los métodos DPPH y ORAC se utilizan comúnmente para extractos acuosos/orgánicos con compuestos hidrófilos y lipófilos (Mertz et al., 2009; Moo et al., 2014, 2015). Las capacidades antioxidantes de las frutas varían en función de su contenido en vitamina C, vitamina E, carotenoides, flavonoides y otros polifenoles (Calderón et al., 2011; Ribeiro da Silva et al., 2014). Sin embargo, se ha informado que las contribuciones de compuestos fenólicos a actividades antioxidantes son mucho mayores que las de la vitamina C (Calderón et al., 2011). No obstante, la evidencia sugiere que un solo antioxidante no puede sustituir a una combinación de antioxidantes. Por lo tanto, una defensa antioxidante potente se puede lograr en el medio biológico a través del consumo de frutas (Machado y Schieber, 2010).

Un estudio comparativo realizado por Machado y Schieber (2010) para investigar el potencial antioxidante de cuatro variedades de mango indicó que hubo diferencias significativas en la actividad antioxidante de los extractos de pulpa de mango entre las variedades. En todas las concentraciones probadas, el extracto de mango Ubá mostró una actividad de eliminación de radical libre significativamente mayor a las otras variedades, debido a su alto contenido de antioxidantes. Para ampliar esta investigación se decidió medir el potencial antioxidante de los mangos de Ubá. Los ensayos biológicos se realizaron con ratas Wistar en un modelo de estrés oxidativo inducido. Los animales recibieron paracetamol, en una dosis suficientemente alta para inducir el estrés oxidativo en el hígado. Se realizó un experimento complementando la dieta de los animales con pulpa del mango liofilizado en el 3 %, lo cual es una concentración equivalente a nivel de consumo humano. Después de haber inducido el estrés oxidativo, los animales fueron alimentados con la dieta que contiene de mango a 3 % en las 24 horas posteriores. Los animales fueron sacrificados y a continuación la sangre y el hígado se recogieron para su análisis. Un efecto hepatoprotector se demostró con la reducción de las aminotransferasas séricas, mediadas por mecanismo antioxidante con la disminución de la peroxidación lipídica en homogeneizado de hígado. Este hallazgo confirmó que a concentraciones similares a consumo humano habitual, el mango proporciona protección a los tejidos hepáticos frente a la lesión oxidativa inducida. Estos estudios han demostrado la bioactividad potencial de los compuestos en pulpa de mango que implican mecanismos redox (Machado y Schieber, 2010).

IV. Potencial agroindustrial de compuestos bioactivos

La continua aparición de evidencias científicas acerca del papel de la dieta y sus componentes en el bienestar y la salud, ha favorecido la aparición de los alimentos funcionales que en la actualidad constituyen uno de los principales impulsores del desarrollo de nuevos productos. La forma más versátil de modificar la composición de los alimentos surge de la enorme posibilidad de introducir cambios en los ingredientes utilizados en su elaboración y en consecuencia sobre la presencia de diversos compuestos bioactivos provenientes en su mayoría de frutas y vegetales. En este contexto, se pretende exponer los últimos avances biotecnológicos sobre el desarrollo de nuevos productos cuya base principal ha sido la utilización de compuestos bioactivos de origen vegetal como ingredientes funcionales.

Tendencias actuales del uso de compuestos bioactivos en derivados cárnicos

Se han reportado diversos estudios en carne y productos cárnicos mediante la adición directa durante el proceso de elaboración de antioxidantes naturales que contribuyen a mantener la calidad de los mismos (Ahmad, 2014). Entre las estrategias nutricionales, la suplementación de las dietas con diferentes compuestos bioactivos ha mostrado ser efectiva para reducir la oxidación lipídica, la cual se presenta como una de las principales causas de deterioro de la calidad de los productos cárnicos, ya que puede afectar negativamente a los atributos sensoriales tales como el color, la textura, el olor y el sabor, así como la calidad nutricional del producto (Descalzo y Sancho, 2008; Karre et al., 2013). Muchos de los antioxidantes naturales evaluados para productos cárnicos han sido materiales alimentarios procedentes de plantas, incluyendo hierbas culinarias, frutas, vegetales, entre otros. Extractos de uva, brócoli, té verde adicionadas en productos cárnicos durante su proceso de elaboración han presentado buenos efectos sobre las propiedades tecnológicas y de conservación de los mismos (Ospina et al., 2011; Hygreeva et al., 2014).

La principal cualidad y atributo sensorial que influye en la aceptación del consumidor de los productos cárnicos y la carne es de color (Hygreeva et al., 2014). Los cambios en el color muestran la velocidad de oxidación de la mioglobina, que está influenciada por la oxidación de los lípidos. Además de la oxidación de lípidos en sí, la susceptibilidad de las proteínas de la carne a reacciones oxidativas por especies reactivas de oxígeno (ROS) durante el calentamiento y el almacenamiento conduce a cambios perjudiciales en calidad de la carne, incluyendo la capacidad de retención de agua, color y calidad nutricional general a través de la pérdida de aminoácidos esenciales (Lund et al., 2011; Jongberg et al., 2012). En este sentido, los estudios han informado que los derivados de frutas ricas en polifenoles como el extracto de uva blanca, fresa, mora y fruta de la granada añadidos a las carnes pueden inhibir la oxidación de lípidos y proteínas a través de la inhibición de la cadena radical y evitar así el deterioro del color en el producto (Ganhão et al., 2010; Jongberg et al., 2011).

Los estudios han comparado la eficacia de los extractos de frutas en la inhibición de la oxidación de proteínas y lípidos y se encontró que tales derivados son más potentes en el

control de la oxidación de los lípidos que proteínas en los alimentos cárnicos (Jongberg et al., 2012). La razón puede ser debido a la mayor sensibilidad a la oxidación de los lípidos musculares que las proteínas. La unión covalente de compuestos fenólicos presentes en los extractos de fruta a las proteínas puede enmascarar sus antioxidantes, ocasionando efectos inhibidores sobre la oxidación de proteínas (Estévez et al., 2008).

Tendencias actuales del uso de compuestos bioactivos en panificación

El enriquecimiento de productos alimenticios con componentes bioactivos se ha usado comúnmente con el fin de mejorar sus propiedades funcionales. Debido a su consumo, los productos generalizados de cereales alimentarios como el pan, que en las comunidades desarrolladas proporcionan más del 50 % de la ingesta total de energía, se considera que son el mejor vehículo para los complementos funcionales (Akhtar et al., 2011). El pan de trigo posee un bajo potencial antioxidante, por lo que su enriquecimiento con fitoquímicos es posible en la dieta común. Actualmente, hay algunos ensayos exitosos relacionados con la mejora del potencial nutraceúticos de pan a través del enriquecimiento con compuestos bioactivos. Los panes con niveles elevados de antioxidantes tienen una gran demanda debido a su papel en el mantenimiento y mejora de la salud y la protección contra muchas enfermedades (Sivam et al., 2012). Algunos autores han estudiado la posibilidad de utilizar compuestos fenólicos presentes en algunas frutas y verduras como fuente de antioxidantes para el enriquecimiento del pan (Gawlik et al., 2013; Dall et al., 2013). Peng et al., (2010) estudiaron el cambio de la actividad antioxidante en los panes añadidos con extracto de semilla de uva (GSE). Los resultados mostraron que el pan con la adición de GSE tenía actividad antioxidante más fuerte que la del pan de control; y aumentando el nivel de adición del extracto de semilla de uva mejoraba aún más su capacidad antioxidante. Mientras tanto, sensorialmente, los panes mostraron un cambio de color aceptable, pero conservando intactos otros atributos de calidad. Otro estudio exploró las interacciones entre la adición de polifenoles de grosella negra y pectina, así como diferentes componentes del pan. Los resultados mostraron que la adición de polifenoles de grosella negra, además de la pectina aumenta el contenido de polifenoles totales extraíbles y la actividad antioxidante de los panes (Sivam et al., 2012).

Altunkaya et al., (2013) utilizaron polvo de cáscara de granada (PP) en la producción del pan. El pan de trigo se preparó usando diferentes niveles para la sustitución de la harina con PP y se evaluó la capacidad antioxidante. Los valores de TEAC (capacidad antioxidante equivalente Trolox) variaron desde 1,8 hasta 6,8 mmol TEAC por g de pan fresco. Sobre la base de las dos evaluaciones toxicológicas, se recomienda una adición de 2.5% de polvo de cáscara de granada al pan. Las características de calidad y las propiedades antioxidantes de los panes suplementados con ingredientes a base de melaza de remolacha azucarera fueron evaluados por Filipcev et al., (2010). La deshidratación osmótica en la melaza de remolacha azucarera como medio hipertónico se utilizó para tratar las manzanas, ciruelas y zanahorias. Tras el tratamiento, las frutas se secaron y se molieron. Los polvos obtenidos se incorporaron en el pan de trigo blanco a los niveles del 5 y 10 % (base de harina). Los resultados mostraron que el potencial antioxidante de panes mejoró significativamente. El mayor incremento en el potencial antioxidante se midió en los panes hechos con ciruela.

Se han realizado estudios comparativos para investigar los efectos de la fibra dietética y antioxidantes fenólicos en las propiedades de la masa y pan acabado (Sivam et al., 2011). Los panes se desarrollaron en ausencia (pan de control) y presencia de pectina de manzana y extractos fenólicos de frutas (panes tratados), y se sometieron a evaluaciones de calidad y la caracterización de las propiedades químicas y reológicas. Los análisis químicos revelaron que los panes añadidos con extractos fenólicos tenían mayor actividad antioxidante y el contenido fenólico superior extraíble, que los panes de control y los panes tratados con pectina de manzana (Sivam et al., 2011). Finalmente se debe recordar que la bioactividad potencial de los panes enriquecidos está determinada por muchos factores, y no existe un método simple para el diseño de productos funcionales con una calidad nutricional y nutraceúticos predecible (Świeca et al., 2013, 2014).

Tendencias actuales del uso de compuestos bioactivos en derivados lácteos

Varios compuestos bioactivos extraídos de plantas o frutas se han aplicado a derivados lácteos para mejorar la calidad de los productos finales. La suplementación de yogures con extractos de uva ha sido ofrecida como una nueva forma para la entrega de fitoquímicos biológicamente activos a la dieta humana (Karaaslan et al., 2011). Investigaciones previas muestran el empleo de jugos y polvos de frutas para el enriquecimiento del contenido fenólico de yogures (Coisson et al., 2005; Wallace y Giusti, 2008). Un estudio determinó el contenido de sustancias fenólicas totales, antocianinas y actividad antioxidante de yogures complementados con extractos de cuatro variedades de uvas como ingredientes funcionales. El análisis de cromatografía de gases permitió la detección de ácidos fenólicos, como el ácido gálico, el ácido cafeico, p - cumárico, ácido vanílico, vainillina, y otros compuestos fenólicos como catequina, epicatequina, resveratrol, hesperidina y quercetina en los yogures suplementados. Estos compuestos se valoraron como los principales constituyentes del poder antioxidante de los yogures enriquecidos con ingredientes funcionales. También se logró determinar que los yogures inoculados con los extractos obtenidos a partir de variedades de uva roja (Merlot) contienen niveles más altos de compuestos fenólicos y antocianinas (17,7 mg/kg y 78,46 mg/kg, respectivamente), en comparación con los yogures suplementados con extractos de uva blanca (Chardonnay) (68,19 mg/kg y 8,46 mg/kg de compuestos fenólicos y antocianinas, respectivamente) (Karaaslan et al., 2011).

V. Conclusión

La alta prevalencia de enfermedades cardiovasculares y neurodegenerativas a nivel mundial ha permitido la producción de numerosos medicamentos para tratar dichas patologías, sin embargo, ha habido un éxito limitado en la prevención o en la restricción de la progresión de estados patológicos relacionados. Los estudios recientes que muestran cómo a través de la dieta se pueden lograr beneficios para la salud han motivado a los consumidores a exigir productos saludables, listos para consumo, libres de aditivos, seguros microbiológicamente y, además, con alto potencial antioxidante. Estos beneficios han estimulado las investigaciones sobre las frutas de origen tropical, orientándolas principalmente a la caracterización de diferentes variedades de frutas y su contenido de

componentes bioactivos específicos, con el fin de incrementar el valor nutricional de los nuevos productos.

Se ha establecido que frutas tropicales son ricas en diferentes compuestos bioactivos principalmente carotenoides, flavonoides, ácidos fenólicos, estilbenos y taninos con gran potencial antioxidante, sin embargo, a pesar de la alta producción y comercialización de las frutas tropicales en todo el mundo, la mayoría de los estudios sobre la aplicación agroindustrial de las frutas se han centrado en aquellas cultivadas en zonas de clima templado, como la uva, manzana, pera o ciruela. Así los últimos avances biotecnológicos sobre el desarrollo de nuevos productos ha sido la inclusión de diferentes ingredientes funcionales principalmente los compuestos bioactivos de origen vegetal en diferentes matrices alimentarias.

Los antioxidantes derivados de extractos vegetales con bioactivos adicionados durante la elaboración de derivados cárnicos han sido los principales avances en la tecnología de carnes ya que contribuyen a mantener la calidad de los mismos, además de ayudar a la industria de carnes para satisfacer la demanda de consumidores que buscan productos cárnicos más saludables. Igualmente, los productos generalizados de cereales como el pan han sido un vehículo para el enriquecimiento con complementos funcionales. Las investigaciones sostienen que el bajo potencial antioxidante de los panes ha aumentado la posibilidad de utilizar compuestos fenólicos de frutas como grosella y cereza para el enriquecimiento de los mismos cuyo resultado ha sido el aumento de la capacidad antioxidante y el mantenimiento de la calidad de los productos. Por último, la tecnología de lácteos no se ha quedado atrás en la aplicación de compuestos bioactivos en matrices alimentarias, pues los últimos avances muestran la inclusión de extractos de frutas en los procesos de fabricación de derivados lácteos como yogures y quesos, obteniendo resultados muy positivos en la funcionalidad de los productos terminados.

Finalmente hay que resaltar que algunos de los compuestos bioactivos pueden afectar los atributos sensoriales del producto y, en última instancia, la aceptabilidad del consumidor al producto; por lo tanto al seleccionar un conjunto de compuestos bioactivos para ser utilizado en matrices alimentarias hay que tener en cuenta el impacto sensorial para lograr un producto funcional con las características de calidad deseadas.

Bibliografía

- [1] Ahmad, M., Don, S., Ahmad, S. (2014). Plant extracts as natural antioxidants in meat and meat products. *Meat Science* 98 (1): 21 – 33.
- [2] Akhtar, S., Anjum, F., Anjum, M. (2011). Micronutrient fortification of wheat flour: recent development and strategies. *Food Research International* 44: (3) 652 – 659.
- [3] Altunkaya, A., Hedegaard, R., Brimer, L., Gokmen, V., Skibsted, L. (2013). Antioxidant capacity versus chemical safety of wheat bread enriched with pomegranate peel powder. *Food and Function* 4: (5) 722 – 727.
- [4] Arrázola, G., Rojano, A., Díaz, A. (2013). The antioxidant capacity of five mango cultivars (*Mangifera indica* L.) and evaluation of its performance in a food matrix. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* - vol. 7 - no. 2 - pp. 161-172.
- [5] Ayala, J., Vega, V., Rosas, C., Palafox, H., Villa, J., Wasim, M., Dávila, J., González, D. (2011). Agro-industrial potential of exotic fruit byproducts as a source of food additives. *Food Research International* 44 (7): 1866 – 1874.
- [6] Batchu, S., Chaudhary, K., Wiebe, G., Seubert, J. (2013). *Bioactive Compounds in Heart Disease*, Chapter 28. *Bioactive Food as Dietary Interventions for Cardiovascular Disease*. University of Alberta, Edmonton, AB, Canada.

- [7] Beserra, M., Machado, P., Campos, A., Do Prado, G., De Carvalho, C., Arraes, G., Gomes, T. (2011). Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. *Food Research International* 44 (7): 2155–2159.
- [8] Biesalski H., Dragsted L., Elmadfa I., Grossklaus R., Muller M., Schrenk D., Walter P, Weber P. (2009a). Bioactive compounds: Safety and efficacy. *Special article Nutrition* 25 (12): 1206 – 1211.
- [9] Calderón, J., Jaimes, L., Hernández, E., Villanova, B. (2011). Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C in pulp, peel and seed from 24 exotic fruits from Colombia. *Food Research International* 44 (7): 2047 – 2053.
- [10] Coisson, J., Travaglia, F., Piana, G., Capasso, M., Arlorio, M. (2005). Euterpe oleraceae juice as a functional pigment for yogurt. *Food Research International* 38: (8-9) 893 – 897.
- [11] Dall, C., Cirlini, M., Morini, E., Rinaldi, M., Ganino, T., Chiavaro, E. (2013). Effect of chestnut flour supplementation on physico-chemical properties and volatiles in bread making. *LWT - Food Science and Technology* 53 (1): 233 – 239.
- [12] Dembitsky, V., Poovarodom, S., Leontowicz, H., Leontowicz, M., Vearasilp, S., Trakhtenberg, S., Gorinstein, S. (2011). The multiple nutrition properties of some exotic fruits: Biological activity and active metabolites. *Food Research International* 44 (7): 1671 – 1701.
- [13] Descalzo, A., Sancho, A. (2008). A review of natural antioxidants and their effects on oxidative status, odor and quality of fresh beef produced in Argentina. *Meat Science* 79 (3): 423 – 436.
- [14] Estévez, M., Kylli, P., Puolanne, E., Kivikari, R., Heinonen, M. (2008). Oxidation of skeletal muscle myofibrillar proteins in oil-in-water emulsions: Interaction with lipids and effect of selected phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56: (22) 10933 – 10940.
- [15] Filipcev, B., Levic, L., Bodroza, M., Misljenovic, N., Koprivica, G. (2010). Quality characteristics and antioxidant properties of breads supplemented with sugar beet molasses-based ingredients. *International Journal of Food Properties* 13: (5) 1035 – 1053.
- [16] Ganhão, R., Morcuende, D., Estévez, M. (2010). Protein oxidation in emulsified cooked burger patties with added fruit extracts: Influence on colour and texture deterioration during chill storage. *Meat Science* 85: (3) 402 – 409.
- [17] Gawlik, U., Swieca, M., Dzik, D., Baraniak, B., Tomilo, J., Czy J. (2013). Quality and antioxidant properties of breads enriched with dry onion (*Allium cepa* L.) skin. *Food Chemistry* 138: (2-3) 1621 – 1628.
- [18] Gil, M., Aguayo, E., Kader, A. (2006). Quality changes and nutrient retention in fresh-cut versus whole fruits during storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54: (12) 4284 – 4296.
- [19] Hassimotto, N., Genovese, M., Lajolo, F. (2005). Antioxidant activity of dietary fruits, vegetables, and commercial frozen fruit pulps. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53 (8): 2928 – 2935.
- [20] Herrera, F., Betancur, D., Segura, M. (2014). Compuestos bioactivos de la dieta con potencial en la prevención de patologías relacionadas con sobrepeso y obesidad; péptidos biológicamente activos. *Nutrición Hospitalaria* 29 (1): 10 – 20.
- [21] Hygreeva, D., Pandey, M., Radhakrishna, K. (2014). Potential applications of plant based derivatives as fat replacers, antioxidants and antimicrobials in fresh and processed meat products. *Meat Science* 98 (1): 47 – 57.
- [22] Jiménez, A., Sierra C., Rodríguez R., González M., Heredia F., Osorio C. (2011). Physicochemical characterisation of gulupa (*Passiflora edulis* Sims) fruit from Colombia during the ripening. *Food Research International* 44 (7): 1912 – 1918.
- [23] Jiménez, F. (2013). Emulsiones múltiples; compuestos bioactivos y alimentos funcionales. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal. Nutrición Hospitalaria* 28: (5) 1413 – 1421.
- [24] Jongberg, S., Skov, S., Torngren, M., Skibsted, L., Lund, M. (2011). Effect of white grape extract and modified atmosphere packaging on lipid and protein oxidation in chill stored beef patties. *Food Chemistry* 128: (2) 276 – 283.
- [25] Jongberg, S., Torngren, M., Gunvig, A., Skibsted, L., Lund, M. (2012). Effect of green tea or rosemary extract on protein oxidation in Bologna type sausages prepared from oxidatively stressed pork. *Meat Science* 93: (3) 538 – 546.
- [26] 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.
- [27] Karre, L., López, K., Getty, K. (2013). Natural antioxidants in meat and poultry products. *Meat Science* 94 (2): 220 – 227.
- [28] Kulkarni, S., De Santos, F., Kattamuri, S., Rossi, S., Brewer, M. (2011). Effect of grape seed extract on oxidative, color and sensory stability of a pre-cooked, frozen, re-heated beef sausage model system. *Meat Science* 88 (1): 139 – 144.
- [29] Lund, M., Heinonen, M., Baron, C., Estévez, M. (2011). Protein oxidation in muscle foods: A review. *Molecular Nutrition and Food Research* 55: (1) 83 – 95.
- [30] Machado, S., Schieber, A. (2010). Bioactive Compounds in Mango (*Mangifera Indica* L.). Federal University of Vicosa, Department of Health and Nutrition, Vicosa, Minas Gerais State, Brazil. Chapter 34.
- [31] Martínez, R., Torres, P., Meneses, M., Figueroa, J., Pérez, J., Viuda, M. (2012). Chemical, technological and in vitro antioxidant properties of mango, guava, pineapple and passion fruit dietary fibre concentrate. *Food Chemistry* 135 (3): 1520 – 1526.
- [32] Martínez, S., González, J., Culebras, J., Tuñón, M. (2002). Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes. *Nutrición Hospitalaria* 17 (6): 271-278.
- [33] Mahattanatawee, K., Manthey, J., Luzio, G., Talcott, S., Goodner, K., Baldwin, E. (2006). Total antioxidant activity and fiber content of select Florida-grown tropical fruits. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 54: (19) 7355 – 7363.

- [34] Mertz, C., Gancel, A., Gunata, Z., Alter, P., Dhuique, C., Vaillant, F., Perez, A., Ruales, J., Brat, P. (2009). Phenolic compounds, carotenoids and antioxidant activity of three tropical fruits. *Journal of Food Composition and Analysis* 22 (5): 381 – 387.
- [35] Moo, V., Estrada, I., Estrada, R., Cuevas, L., Ortiz, E., Vargas, M., Betancur, D., Sauri, E. (2014). Determination of some physicochemical characteristics, bioactive compounds and antioxidant activity of tropical fruits from Yucatan, México. *Food Chemistry* 152: (1) 508 – 515.
- [36] Moo V., Moo M., Estrada, I., Estrada, R., Cuevas, L., Ortiz, E., Vargas, M., Betancur, D., Sauri, E. (2015). Antioxidant compounds, antioxidant activity and phenolic content in peel from three tropical fruits from Yucatan, Mexico. *Food Chemistry* 166: 17 – 22.
- [37] Müller, L., Gnoyke, S., Popken, A. Böhm, V. (2010). Antioxidant capacity and related parameters of different fruit formulations. *LWT — Food Science and Technology* 43: (6) 992 – 999.
- [38] Ospina, S., Restrepo, D., López, J. (2011). Derivados cárnicos como alimentos funcionales. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal. Revista Lasallista de Investigación* 8: (2) 163 – 172.
- [39] Patil, B., Jayaprakasha, G., Chidambara, K., Vikram, A. (2009). Bioactive compounds: historical perspectives, opportunities, and challenges. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57 (18): 8142 – 8160.
- [40] Peng, X., Ma, J., Cheng, K., Jiang, Y., Chen, F., Wang, M. (2010). The effects of grape seed extract fortification on the antioxidant activity and quality attributes of bread. *Food Chemistry* 119: (1) 49 – 53.
- [41] Ramful, D., Tarnus, E., Aruoma, O., Bourdon, E., Bahorun, T. (2011). Polyphenol composition, vitamin C content and antioxidant capacity of Mauritian citrus fruit pulps. *Food Research International* 44 (7): 2088 – 2099.
- [42] Ravishankar, D., Rajora, A., Greco, F., Osborn, E. (2013). Flavonoids as prospective compounds for anti-cancer therapy. *The International Journal of Biochemistry and Cell Biology* 45 (12) 2821 – 2831.
- [43] Ribeiro da Silva, L., Teixeira de Figueiredo, E., Silva, N., Pinto, I., Wilane de Figueiredo, R., Montenegro, I., Gomes, C. (2014). Quantification of bioactive compounds in pulps and by-products of tropical fruits from Brazil. *Food Chemistry* 143: 398 – 404.
- [44] Rodríguez, J., Morcuende, D., Estévez, M. (2011). Avocado by-products as inhibitors of color deterioration and lipid and protein oxidation in raw porcine patties subjected to chilled storage. *Meat Science* 89: (2) 166 – 173.
- [45] Shui, G., Leong, L. (2006). Residue from star fruit as valuable source for functional food ingredients and antioxidant nutraceuticals. *Food Chemistry* 97: (2) 277 – 284.
- [46] Shukla, S., Gupta, S., Ojha, S., Sharma, S. (2010). Cardiovascular friendly natural products: a promising approach in the management of CVD. *Natural Product Research* 24 (9): 873 – 898.
- [47] Sivam, A., Sun, D., Waterhouse, G., Quek, S., Perera, C. (2011). Physicochemical properties of bread dough and finished bread with added pectin fiber and phenolic antioxidants. *Journal of Food Science* 76: (9) 97 – 107.
- [48] Sivam, A., Sun, D., Perera, C., Waterhouse, G. (2012). Exploring the interactions between blackcurrant polyphenols, pectin and wheat biopolymers in model breads; a FTIR and HPLC investigation. *Food Chemistry* 131: (3) 802 – 810.
- [49] Swieca, M., Gawlik, U., Altunkaya, D., Baraniak, B., Czy, J. (2013). The influence of protein-flavonoid interactions on protein digestibility in vitro and the antioxidant quality of breads enriched with onion skin. *Food Chemistry* 141: (1) 451 – 458.
- [50] Swieca, M., Gawlik, U., Dziki, D., Baraniak, B., Czy, J. (2014). Bread enriched with quinoa leaves e The influence of protein phenolics interactions on the nutritional and antioxidant quality. *Food Chemistry* 162: 54 – 62.
- [51] Wallace, T., Giusti, M. (2008). Determination of color, pigment, and phenolic stability in yogurt system colored with nonacylated anthocyanins from *Berberis boliviana* L. as compared to other natural/synthetic colorants. *Journal of Food Science* 73: (4) 241 – 248.
- [52] Xiao, J., Muzashvili, T., Georgiev, M. (2014). Advances in the biotechnological glycosylation of valuable flavonoids. *Biotechnology Advances* 32 (6): 1145 – 1156.