

Polifenoles de la cáscara de mango para la acuicultura

Los polifenoles son compuestos naturales con múltiples propiedades biológicas relacionadas con beneficios para la salud. La cáscara de mango es un residuo agroindustrial con alto contenido de polifenoles, el cual puede aprovecharse como fuente de ingredientes funcionales para la acuicultura. Con ello se podría mejorar la salud e incrementar la supervivencia de organismos acuáticos de importancia comercial.

Los polifenoles y sus propiedades biológicas

Los polifenoles son compuestos naturales derivados del metabolismo secundario de las plantas. Actualmente se conocen más de 8000 estructuras polifenólicas. Básicamente, se pueden clasificar en: fenoles simples, benzoquinonas, ácidos fenólicos, acetofenonas, ácidos fenilacéticos, ácidos hidroxicinámicos, fenilpropenos, cumarinas, naftoquinonas, xantonas, estilbenos, cromonas, antraquinonas, flavonoides, lignanos y ligninas (Bravo, 1998). Se caracterizan químicamente por tener anillos aromáticos con grados de hidroxilación variable; en su mayoría se encuentran asociados con uno o más azúcares unidos a grupos hidroxilo o directamente al anillo aromático.

Estos compuestos se encuentran ampliamente distribuidos en alimentos de origen vegetal, como frutas, verduras, cereales, legumbres y bebidas como el vino tinto y el té verde. Los polifenoles proporcionan colores intensos a los vegetales; en especial, rojo, azul, violeta, amarillo y naranja. Pero además son responsables de otorgar protección ante amenazas ambientales a través de sus propiedades antimicrobianas, de protección solar y antioxidantes.

Esta última propiedad es considerada como una de las más importantes, pues previene del daño oxidativo que pueden ocasionar los radicales libres producidos durante la fotosíntesis. Asimismo, en estudios con mamíferos,



la propiedad antioxidante de los polifenoles se ha relacionado directamente con beneficios para la salud, debido a que su ingesta reduce la incidencia de enfermedades cardiovasculares, neurodegenerativas y el cáncer. La propiedad antioxidante de los polifenoles se atribuye principalmente a su capacidad para reducir el estrés oxidativo mediante la neutralización de especies reactivas al oxígeno (ROS, por sus siglas en inglés, *reactive oxygen species*) y especies reactivas al nitrógeno (RNS, *reactive nitrogen species*); así como también a su capacidad para activar el factor de transcripción Nrf2 que promueve la acción de algunos elementos de respuesta antioxidante, entre los que se incluyen las enzimas superóxido dismutasa (SOD), catalasa (CAT) y glutatión peroxidasa (GPx) (Zhang y Tsao, 2016) (véase la Figura 1).

Asimismo, de acuerdo con su estructura química, los polifenoles son reconocidos por sus propiedades inmunoestimulantes, antimicrobianas y prebióticas, que favorecen la salud del hospedero mediante la formación de metabolitos bioactivos y cambios en la flora intestinal y el colon a través de la modulación del crecimiento de bacterias benéficas, como lactobacilos y bifidobacterias, y la inhibición de bacterias patógenas, como *Escherichia coli* (Cardona y cols., 2013).

Recientemente las frutas han recibido mayor atención porque tienen un alto contenido de po-

lifenoles en su pulpa. Al ser consumidas en fresco o procesadas, por lo general se desecha su cáscara; pero hoy se sabe que la cáscara de cualquier fruta contiene más polifenoles que la porción comestible. Esto ha llevado a buscar fuentes vegetales de bajo costo –como son los residuos agroindustriales– para evaluar su uso como fuente de polifenoles con aplicación potencial en la acuicultura.

Los polifenoles y su uso en la acuicultura

La intensificación de los cultivos de organismos acuáticos y la comercialización globalizada de los pescados y mariscos han producido un desarrollo muy importante en la industria de la acuicultura. No obstante, en los sistemas de cultivo, la alta densidad, malas prácticas de manejo, condiciones ambientales (temperatura, oxígeno, salinidad, pH, nitritos y materia orgánica) y los factores nutricionales (exceso o deficiencia de nutrientes) generan un entorno fisiológico estresante, el cual conduce a la supresión del sistema inmune y al incremento de la susceptibilidad de los organismos para contraer enfermedades infecciosas que dan lugar a un aumento en la tasa de mortalidad y, en consecuencia, a pérdidas económicas considerables (Lizárraga Velázquez y cols., 2018). Esto ha llevado a un incremento sustancial del uso de aditivos químicos, que al acumularse en

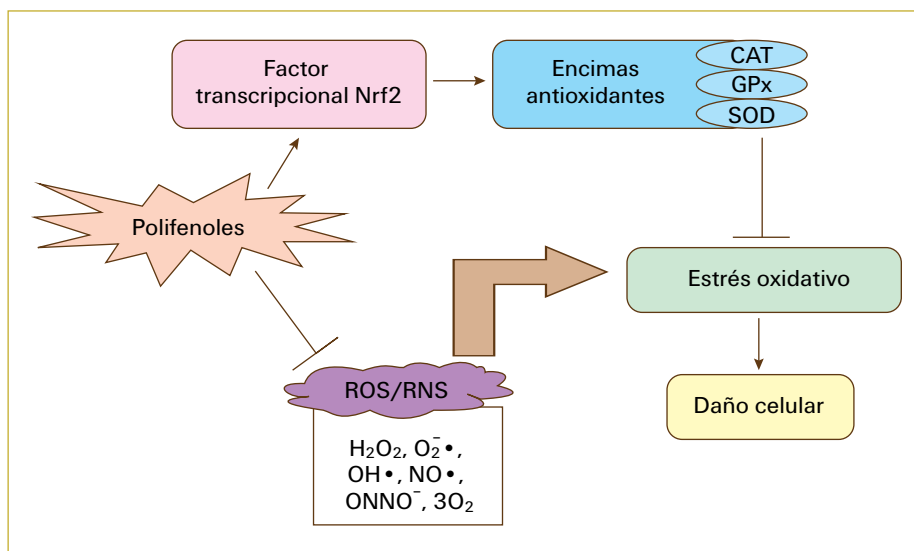


Figura 1. Principales mecanismos antioxidantes de los polifenoles.

el tejido de los organismos acuáticos promueven la resistencia de bacterias patógenas. Asimismo, el uso de aditivos puede provocar daños al ambiente y a la salud del consumidor.

Por lo tanto, la investigación científica se ha enfocado en la evaluación de compuestos bioactivos provenientes de fuentes naturales, con el propósito de mejorar los sistemas de defensa antioxidante e inmunoestimulante de los organismos acuáticos (Lizárraga Velázquez y cols., 2018). En este sentido, se ha reportado que la inclusión de té verde (*Camellia sinensis* L., fuente de catequinas) a la dieta redujo el nivel de lípidos peroxidados e incrementó la actividad de la enzima antioxidante superóxido dismutasa en el suero de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss Walbaum*, 1792). También se ha documentado que la inclusión de extracto de maíz morado (*Zea mays* L., fuente de antocianinas) a la dieta aumentó la expresión del gen *gpx1*, que codifica para la enzima antioxidante glutatión peroxidasa, en los eritrocitos de la trucha arcoíris. En otro estudio se ha indicado que la dieta suplementada con extracto de uva (*Vitis vinifera* L.) como fuente de polifenoles disminuyó la concentración de interleucinas intestinales y aumentó la producción de interferón- γ (IFN- γ) en el bazo de la lubina (*Dicentrarchus labrax* L.).

Derivado del uso de polifenoles en la alimentación acuícola, el incremento del ambiente antioxidante endógeno (expresión de genes y enzimas antioxidantes) y de la inmunoestimulación de los peces mejora la supervivencia y previene del daño oxidativo, por lo que estos compuestos se postulan como sustitutos de antibióticos de origen sintético. Asimismo, constituyen posibles ingredientes funcionales, los cuales se definen como ingredientes alimentarios que proporcionan beneficios en una o más funciones del organismo, mejoran el estado de salud y reducen el riesgo de enfermedades.

Por otro lado, existen algunos tipos de polifenoles complejos –como los taninos– que son considerados como antinutrientes, debido a que pueden formar complejos con la proteína dietaria que, en consecuencia, afecta la digestibilidad y reduce el crecimiento de las especies acuícolas en estudio. Por ello, se ha optado por el uso de extractos vegetales

(polifenoles simples) con el objetivo de descartar la introducción de otros compuestos en el alimento.

La cáscara de mango como fuente de ingredientes funcionales

Las frutas tropicales representan una fuente de compuestos bioactivos, y su procesamiento genera subproductos que igualmente son ricos en este tipo de compuestos. Entre esta diversidad, el mango (*Mangifera indica* L.) cobra relevancia, ya que su cultivo comprende aproximadamente 3.7 millones de hectáreas en todo el mundo, y su producción excede las 27 millones de toneladas por año (FAO, 2008). A nivel mundial, la India ha destacado como el principal productor de mango, y México es el principal exportador. Las variedades más importantes de mango en nuestro país son: Aaulfo (cuenta con denominación de origen y es la de mayor importancia agro-nómica en el país), Manila, Tommy Atkins, Haden y Kent. A nivel nacional la producción de mango excedió 1.7 millones de toneladas. Entre las principales entidades productoras destacaron Guerrero, con 358 235 toneladas; seguido por Sinaloa, con 334 239 toneladas; y Nayarit, con 312 039 toneladas (SIAP, citado por SAGARPA, 2018). Del total de la producción nacional de este fruto, alrededor de 13% se destina a la industrialización para la producción de jugos, conservas, botanas y procesamiento mínimo de la pulpa; esto genera cáscaras como residuo agroindustrial, las cuales representan aproximadamente 20% del peso total de la fruta.

Con el propósito de aprovechar la cáscara de mango, se han llevado a cabo numerosas investiga-



ciones para determinar su composición química y la funcionalidad de sus componentes. Actualmente se sabe que la cáscara de mango aporta sustancias con alta actividad antioxidante debido a la presencia de compuestos bioactivos como los polifenoles, cuyo tipo y cantidad depende de la variedad de mango, el estado de madurez, las condiciones ambientales y el manejo pre y pos cosecha. Por ejemplo, la cáscara de mango de la variedad Ataulfo contiene 68.13 mg de polifenoles/g de peso seco; mientras que la variedad Tommy Atkins y la Haden contienen 42.40 y 70 mg de polifenoles/g peso seco, respectivamente. Los principales polifenoles encontrados en la cáscara de mango son los ácidos gálico, protocatéquico, ferúlico, siríngico y 2-hidroxicinámico (véase la Figura 2), los cuales poseen alta actividad antioxidante *in vitro* (Velderrain Rodríguez y cols., 2015).

Por lo anterior, el Laboratorio de Nutrición de Peces y Crustáceos, en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD), A. C., Unidad Mazatlán, aprovechó las cáscaras de mango desperdiciadas por las industrias procesadoras de mango establecidas en el sur del estado de Sinaloa, con el propósito de utilizar su extracto como fuente de aditivos alimentarios e ingredientes funcionales para la acuicultura. A partir de dicho aprovechamiento, se demostró que el extracto etanólico de la cáscara del mango variedad Ataulfo (200 ppm de polifenoles), como aditivo alimentario, reduce la rancidez del aceite de pescado, de manera similar al antioxidante sintético butilhidroxitolueno (BHT; 200 ppm), uti-

lizado por la industria alimentaria para preservar la frescura y calidad de aceites y alimentos para acuicultura (Lundebye y col., 2010). Asimismo, en estudios preliminares con el pez modelo “cebra” (*Danio rerio*), se demostró que la administración en la dieta de extracto de cáscara de mango con diferentes concentraciones de polifenoles (50 y 100 mg de polifenoles/kg de alimento) reduce los niveles de lípidos oxidados en el músculo del pez, al actuar como potentes antioxidantes y sin afectar los parámetros de crecimiento de la especie (datos no publicados).

Estos resultados marcan la pauta para continuar con el estudio de las propiedades biológicas de los polifenoles del extracto de la cáscara de mango en la alimentación de especies con importancia comercial en el estado de Sinaloa, tales como el camarón blanco (*Penaeus vannamei*), peces marinos como el pargo (*Lutjanus guttatus*) y robalo (*Centropomus undecimalis*), así como la tilapia (*Oreochromis spp.*) de agua dulce.

Perspectivas futuras para el aprovechamiento de la cáscara de mango

En acuicultura, el incremento de la mortalidad causada por enfermedades infecciosas representa un grave problema económico. En especial, la camaricultura se ha convertido en una de las actividades con mayor viabilidad económica a nivel mundial; sin embargo, ha sufrido efectos devastadores por la aparición de enfermedades de origen bacteriano. Esto ha llevado a que los productores de camarón recurran al uso de antibióticos.

No obstante, debido a la controversia por la administración indiscriminada de estos fármacos, el uso de polifenoles de la cáscara de mango como aditivo alimentario natural representa una alternativa prometedora como medida de prevención ante focos de infección bacteriana en el cultivo del camarón blanco. Esta alternativa se propone a partir de la evidencia científica que respalda la efectividad de la inclusión de extractos vegetales como fuentes de polifenoles en la dieta de organismos acuáticos que están expuestos a diferentes situaciones de estrés, como los retos con microorganismos patóge-

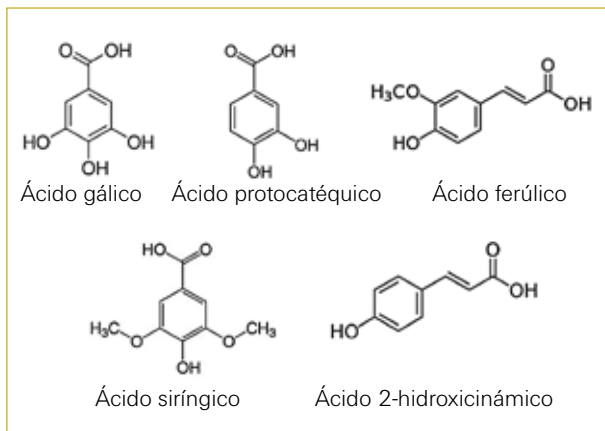


Figura 2. Polifenoles encontrados en la cáscara de mango.



nos y las alteraciones de las condiciones óptimas de cultivo, de donde se derivan resultados alentadores; por ejemplo, el incremento de la supervivencia y la resistencia a contraer enfermedades. Algunos estudios han reportado que la inclusión de polifenoles de uva (Anta® OxFlavoSyn) a la dieta incrementó el crecimiento, la respuesta inmune (actividad de fenoloxidasas) y la supervivencia del camarón blanco infectado con *Vibrio parahaemolyticus* (Niyamosatha y cols., 2015; Chuchird y cols., 2017).

Por otra parte, los polifenoles también son reconocidos por su actividad antimicrobiana y por su efecto prebiótico. Ambas propiedades proporcionan beneficios directos a la salud del hospedero, a través de la protección contra microorganismos patógenos. Sin embargo, en la acuicultura, son escasos los estudios dedicados a la evaluación de estas propiedades, debido a que el uso de polifenoles en acuicultura es de reciente interés. Por tales razones, los laboratorios de Nutrición de Peces y Crustáceos y de Metagenómica Microbiana, del CIAD, A. C., Unidad Mazatlán, han enfocado su atención hacia el estudio del efecto de la administración dietaria de extrac-

to de cáscara de mango como fuente de polifenoles sobre la modulación de la flora intestinal y su beneficio en el control de enfermedades durante el cultivo del camarón blanco. El uso de este tipo de compuestos bioactivos representa un gran reto; primero es necesario conocer las dosis óptimas de inclusión de estos compuestos en los alimentos para evitar posibles efectos adversos a la salud de los organismos; asimismo se deben estudiar sus efectos sobre la flora intestinal, el sistema inmune y antioxidante.

En CIAD, A. C., Unidad Mazatlán, se está trabajando en establecer los parámetros para lograr la purificación de este tipo de compuestos, así como su manejo durante la elaboración del alimento, debido a que los polifenoles pueden perder su funcionalidad por ser susceptibles al oxígeno, la temperatura, la luz, y además pueden interactuar con los nutrientes del alimento (proteínas, carbohidratos y lípidos). La microencapsulación es una tecnología de interés, porque favorece la conservación de los polifenoles y otros compuestos bioactivos; además permite la liberación controlada de dichos compuestos en el organismo, por lo que este tipo de tecnología representaría una buena opción para coadyuvar a la funcionalidad de los polifenoles en organismos acuáticos de cultivo.

Las autoras agradecen la asistencia técnica en los bioensayos de la IBQ. Pamela Carvajal Portillo, IBQ. Amairani Franco Torres y M. C. Yazmín Sánchez Gutiérrez.

Cynthia Esmeralda Lizárraga Velázquez

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C., Mazatlán, Sinaloa
cynthia.lizarraga@estudiantes.ciad.mx

Crisantema Hernández González

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C., Mazatlán, Sinaloa
chernandez@ciad.mx

Lecturas recomendadas

- Bravo, L. (1998), "Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance", *Nutrition Reviews*, 56(11):317-333.
- Cardona, F., C. Andrés-Lacueva, S. Tulipani *et al.* (2013), "Benefits of polyphenols on gut microbiota and implications in human health", *Journal of Nutritional Biochemistry*, 24(8):1415-1422.
- Chuchird, N., H. Niyamosatha, T. Rairat y A. Keetanon (2017), "Effect of dietary phytobiotics products on growth, immune responses and vibriosis resistance in *Litopenaeus vannamei*", *Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 12(4):184-190.
- FAO (2008), *FAOSTAT agricultura*. Disponible en: <<http://faostat.fao.org>>.
- Lizárraga-Velázquez, C. E., C. Hernández, G. A. González-Aguilar y J. Basilio-Heredia (2018), "Propiedades antioxidantes e inmunoestimulantes de polifenoles en peces carnívoros de cultivo", *CienciaUAT* (aceptado para publicación).
- Lundebye, A. K., H. Hove, A. Mage *et al.* (2010), "Levels of synthetic antioxidants (ethoxyquin, butylated hydroxytoluene and butylated hydroxyanisole) in fish feed and commercially farmed fish", *Food Additives & Contaminants: Part: Chemistry, Analysis, Control, Exposure & Risk Assessment*, 27(12):1652-1657.
- Niyamosatha, H., N. Chuchird y T. Rairat (2015), "Effect of dietary polyphenol-rich feed additive from grape pomace on growth, survival and tolerance to *Vibrio* infection in pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*)", *Kasetsart University Fisheries Research Bulletin*, 39(2):1-9.
- SAGARPA (2017), *Aumenta producción de mango mexicano 36 por ciento en tres años*. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/distritofederal/boletines/Paginas/JAC_0001-1.aspx>, consultado el 12 de enero de 2018.
- Velderrain-Rodríguez, G. R., M. Ovando-Martínez, M. Villegas-Ochoa *et al.* (2015), "Antioxidant capacity and bioaccessibility of synergic Mango (cv. Ataulfo) peel phenolic compounds in edible coatings applied to fresh-cut papaya", *Food and Nutrition Sciences*, 6: 365-373.
- Zhang, H. y R. Tsao (2016), "Dietary polyphenols, oxidative stress and antioxidant and anti-inflammatory effects", *Food Sciences*, 8:33-42.