

**POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO DEL CAPULÍN (*Prunus*
sp.): UN ACERCAMIENTO HACIA SU USO COMO
ANTIOXIDANTE**

**BIOTECHNOLOGICAL POTENTIAL OF CAPULIN (*Prunus*
sp.): AN APPROACH TOWARDS ITS USE AS AN
ANTIOXIDANT**

*Victoria Gracia Escobedo-Valdez*¹, *Gilberto Sánchez-Aburto*², *Josué Zambrano-Carrasco*³

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Facultad de Ciencias Biológicas

Licenciatura en Biotecnología

1. victoria.escobedo@alumno.buap.mx
2. gilberto.sancheza@alumno.buap.mx
3. josue.zambranoc@alumno.buap.mx

RESUMEN

El capulín es un fruto producido por árboles del género *Prunus*, particularmente por la especie *P. serotina*, la cual está ampliamente distribuida en México. Este fruto tiene una cantidad considerable de compuestos fenólicos que le confieren tanto su actividad antioxidante como el potencial para su aplicación biotecnológica, principalmente en el área de la salud para la reducción de los efectos provocados por estrés oxidativo, así como para el tratamiento de enfermedades como el cáncer, debido a su capacidad de contrarrestar el efecto de los radicales libres. Además, los compuestos del capulín pueden ofrecer posibles aplicaciones en la industria cosmética y alimentaria al ser usados como conservadores naturales.

Palabras clave: antocianinas, antioxidantes, *Prunus* sp. (capulín), estrés oxidativo

ABSTRACT

Capulin is a fruit produced by *Prunus* genus trees, particularly by *P. serotina* species, which is widely found in Mexico. This fruit has a considerable quantity of phenolic compounds that provide it with both antioxidant activity and potentially biotechnological applications. These features are mainly related to the healthcare area for reducing the effects caused by oxidative stress, and for the treatment of chronic-degenerative diseases such as cancer, due to its ability to counteract the effects of free radicals on the body. Furthermore, capulin compounds can provide potential applications in the cosmetic and food industries since they may be used as natural preservatives.

Keywords: anthocyanins, antioxidants, *Prunus* sp. (capulin), oxidative stress

INTRODUCCIÓN

Además de poseer una gran diversidad cultural, México cuenta con una gran variedad vegetal a través de plantas con propiedades medicinales. Una de ellas es el capulín, conocido así en México; su nombre científico es *Prunus serótina* y es un árbol que pertenece a la familia *Rosaceae* al igual que la ciruela, la cereza, el melocotón, entre muchos otros (McVaugh, 1951). *P. serótina* es originario de América del norte y mide de 5 a 15 metros de alto (UNAM, 2009; Rodríguez-de-León, 2011).

El uso medicinal tanto del fruto como de las hojas del capulín proviene de la época prehispánica que continúa durante la época colonial para tratar enfermedades respiratorias, diarrea, hipertensión, infecciones bucales y malaria (McVaugh, 1951; Argueta, 1994; INI, 1994; Martínez, 1991; Ibarra-Alvarado *et al.*, 2009; Luna-Vázquez *et al.*, 2013). En la actualidad se sabe que el fruto del capulín contiene principalmente una gran cantidad de compuestos con actividad antioxidante, entre ellos compuestos fenólicos, flavonoides, taninos y antocianinas (Ibarra-Alvarado *et al.*,

2009; Ordaz-Galindo *et al.*, 1999; Luna-Vázquez *et al.*, 2013), y a través de numerosos estudios se ha corroborado la relación directa que hay entre el contenido en compuestos fenólicos de plantas alimenticias como el capulín, y la capacidad de este tipo de compuestos para prevenir enfermedades degenerativas como el cáncer, la diabetes, los padecimientos cardiovasculares y la obesidad (Kris-Etherton *et al.*, 2002; Chin-Lin *et al.*, 2008; Oomah *et al.*, 2010). De manera

particular, se ha establecido que su actividad antioxidante, la cual ejercen a través del secuestro y la formación de quelatos con metales capturando los excesos de radicales libres, es la principal responsable de sus efectos farmacológicos preventivos (Soobrattee, 2005).

Además de su empleo medicinal, el fruto del capulín se consume fresco, seco o en preparaciones como mermeladas (Martínez, 1991).

INTERACCIÓN ENTRE RADICALES LIBRES Y ANTIOXIDANTES

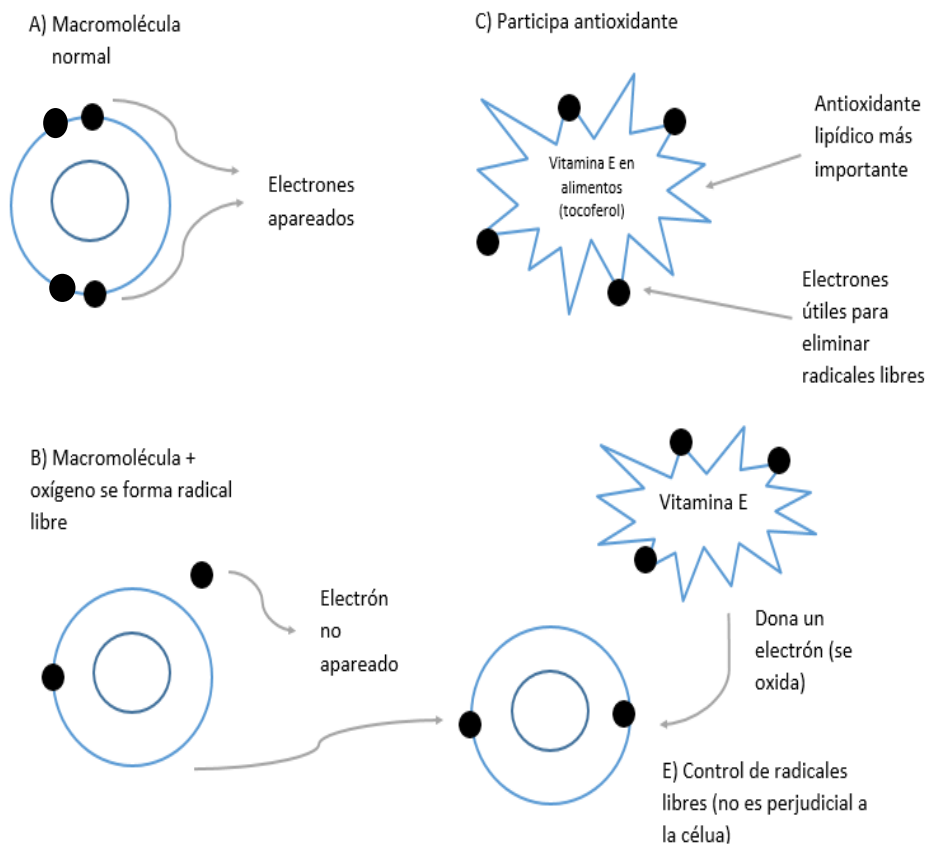


Figura 1. Representación didáctica de la producción y estabilización de un radical libre.

Fuente: Modificado de Coronado-H. *et. al.*, 2015.

En este artículo se discutirán las diversas propiedades benéficas del capulín, principalmente la actividad antioxidante, así como su aplicación biotecnológica.

Radicales Libres y Antioxidantes

Los radicales libres son moléculas con uno o dos electrones desapareados en sus orbitales atómicos o moleculares (Halliwell & Gutteridge, 1999), así que se genera una inestabilidad química y una reactividad elevada. Estos radicales buscan ganar estabilidad apareando sus electrones

por medio de una reacción con una molécula vecina que está cerca y al hacerlo provocan que esta misma molécula se convierta en un radical libre nuevo, haciendo que inicie una reacción en cadena (Figura 1, Zamora, 2007). Esta reacción puede iniciar con la peroxidación de lípidos, la cual ocasiona desestabilización y desintegración de membranas, y también puede afectar otros componentes celulares, proteínas y hasta el ADN (Halliwell *et al.*, 1995).

Las especies reactivas de oxígeno (ROS, por sus siglas en inglés) son los radicales libres de mayor importancia generados en los seres vivos (Miller *et al.*, 1990). También pueden ser producidos por estímulos ambientales que incluyen agentes quimioterapéuticos, citoquinas, hipertemia, factores de crecimiento y radiación electromagnética como rayos gama que pueden partir a la molécula de agua y generar radicales hidroxilos (Finkel & Holbrook, 2000; Betteridge, 2000). Si los ROS se encuentran en altas concentraciones pueden dañar

biomacromoléculas, especialmente al ADN, que da como resultado daño oxidativo que es el primer paso para la mutagénesis, la carcinogénesis y el envejecimiento (Valko *et al.*, 2006; Valko *et al.*, 2007).

En la revisión de Valko *et al.* (2007), se muestran los aspectos de las funciones que llevan a cabo los radicales libres cuando los sistemas celulares los mantienen a raya. Algunas de las funciones fisiológicas realizadas a través de rutas de señalización son a) producción redox regulada por NO, b) producción de ROS por oxidasa NAD(P)H y por cambios en la concentración de oxígeno, c) regulación redox de la adhesión celular y respuesta inmune y d) apoptosis inducida por ROS y otros mecanismos.

El estrés oxidativo causado por las altas concentraciones de radicales libres ha sido relacionado con varias condiciones patológicas incluyendo enfermedades cardiovasculares, cáncer, trastornos neurológicos, diabetes, isquemia y otras, así como envejecimiento (Dalle-Donne *et al.*,

2006; Dhalla *et al.*, 2000; Jenner, 2003; Sayre, 2001). Para tratar con los radicales libres o las ROS (que poseen oxígeno), el cuerpo está equipado con sistemas de defensa integrados por enzimas y antioxidantes (Kaur & Kapoor, 2001); estos últimos se pueden definir de manera sencilla como unas sustancias que se oponen a la oxidación o inhiben las reacciones estimuladas por el oxígeno, en otras palabras, detienen la reacción en cadena producida por las ROS (Rodríguez de León, 2011). Los antioxidantes pueden

Sin embargo, las propiedades antioxidantes no sólo deben estudiarse por sus interacciones químico-biológicas, sino también porque el estudio de su función en el deterioro oxidativo que afecta a los alimentos es importante. Estas sustancias se utilizan en la industria alimentaria adicionándolas a las grasas u otros productos para retrasar los procesos de oxidación previniendo así el comienzo de la rancidez oxidativa (Coronado *et al.*, 2015).

Estrés Oxidativo

ser proteicos, principalmente enzimas, y no proteicos; el primer grupo incluye superóxido dismutasa (SOD), glutatión peroxidasa (GPx) y catalasa (CAT), los cuales pueden actuar en el espacio intracelular. El segundo grupo está representado por el ácido ascórbico (vitamina C), α -tocoferol (vitamina E), glutatión (GSH), carotenoides, flavonoides y otros compuestos orgánicos que actúan en el espacio extracelular (Kaur & Kapoor, 2001; Zamora, 2007).

El estrés oxidativo se define como una perturbación en el equilibrio entre la producción de ROS y las defensas antioxidantes, la cual puede ocasionar daño en los tejidos (Halliwell, 1994). En la revisión de Finkel y Holbrook (2000) sobresale la relación existente entre estrés oxidativo, envejecimiento y esperanza de vida. Además de su papel en procesos de envejecimiento, el estrés oxidativo está relacionado con una variedad de condiciones que afectan la salud humana como enfermedades inflamatorias (artritis y vasculitis),

enfermedades isquémicas (enfermedades del corazón, isquemia intestinal, ataques al miocardio), hemocromatosis, síndrome de inmunodeficiencia adquirida, enfisema, trasplante de órganos, úlceras gástricas, hipertensión y preclamsia, trastornos neurológicos (Alzheimer, Parkinson, distrofia muscular), alcoholismo, enfermedades relacionadas con el consumo de tabaco y muchas otras (Lobo *et al.*, 2010).

Mecanismo de Defensa por Antioxidantes

Las reacciones de oxidación son esenciales en los procesos metabólicos celulares, pero involucran la transferencia de electrones que producen radicales libres (Mayor, 2010). Para contrarrestar el efecto nocivo de los radicales libres, los organismos aerobios cuentan con sistemas de defensa antioxidante que están compuestos por moléculas, enzimas y sequestradores químicos que, al estar presentes en concentraciones bajas con respecto al sustrato oxidable, retrasan o previenen

la oxidación de éste de manera significativa. Se puede considerar como sustrato oxidable casi cualquier molécula orgánica o inorgánica que se encuentra en las células vivas como proteínas, lípidos, hidratos de carbono y moléculas de ADN (Sánchez-Valle *et al.*, 2013; Venereo-Gutiérrez, 2002). El papel del antioxidante es de sacrificio de su propia integridad molecular para evitar alteraciones de sustratos oxidables funcionalmente vitales o más importantes debido a la afinidad que tienen para interactuar con un radical libre (Mayor-Oxilia, 2010; Venereo-Gutiérrez, 2002). Al colisionar con el radical libre, el antioxidante de manera general cede un electrón oxidándose y transformándose en un radical libre débil no tóxico. Sin embargo, no todos los antioxidantes actúan directamente de la misma manera, por ejemplo, los antioxidantes enzimáticos aceleran reacciones químicas que utilizan sustratos que reaccionan con los radicales libres (Mayor-Oxilia, 2010).

Presencia del Capulín (*Prunus* sp.) en México

El capulín es un árbol caducifolio que mide entre 5 y 15 m de alto (Sistema Nacional de Información Forestal, 1951; Rodríguez-de-León, 2011). Sus hojas de color verde son anchas en la punta y lustrosas y tienen bordes aserrados. Este árbol tiene flores agrupadas en racimos alargados y son de color blanco (UNAM, 2009). Los frutos son redondeados de color negro rojizo en la madurez, sabor agridulce y ligeramente astringente, contienen una sola semilla, pertenecen a la misma familia de la cereza y brindan excelentes beneficios para la salud (Figura 2) (Sistema Nacional de Información Forestal, 1951; Rodríguez-de-León, 2011; Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, 2017).

Actualmente, México produce más de 227 toneladas de capulín con los estados de México, Puebla y Veracruz encabezando la lista, quienes en conjunto aportan 87% de la producción nacional, es decir, 199.8 toneladas en total (Voces del Periodista, 2017).

Es originario de América del Norte, habita en climas cálidos, semicálidos, semisecos y templados desde los 1000 a los 3900 m snm. Está asociado a una diversidad de ecosistemas como bosques tropicales caducifolio y subcaducifolio, matorral xerófilo, bosque espinoso, bosque mesófilo de montaña y bosques de encino, pino y mixto de pino-encino (UNAM, 2009).

En el territorio mexicano *Prunus serotina* se encuentra en las regiones montañosas con una altitud mínima de 2500 m. Se localiza en los estados de Coahuila, Chiapas, Chihuahua, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, México, Puebla, Oaxaca, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas y Veracruz (Rodríguez-de-León, 2011).

Antioxidantes en el Capulín

Las fuentes exógenas de antioxidantes, particularmente las frutas y los vegetales, contienen niveles significativos de componentes biológicamente activos que proporcionan beneficios a la salud

basados en la nutrición básica (Valko et al. 2007) teniendo en cuenta las cantidades recomendadas: 20-26 mg/día. Deben considerarse que el contenido de antioxidantes puede cambiar con respecto a la fruta o verdura si ésta ha sido tratada y contiene otros componentes (Parea et al., 2009; Cunningham et al., 2005),

además de su biodisponibilidad (Quiñones et al., 2012). Por otro lado, se ha considerado que el tratamiento térmico disminuye la cantidad de antioxidantes, pero se ha demostrado que algunos productos de la reacción de Maillard tienen propiedades antioxidantes (Kaur & Kapoor, 2001).



Figura 2. Capulín. Imagen obtenida de <https://www.gob.mx/sagarpa/articulos/el-capulin-cerezo-nacional>

En la literatura se ha reportado que las hojas, las flores y los frutos del árbol de capulín contienen compuestos fenólicos que le confieren grandes propiedades antioxidantes. Algunos de

estos compuestos son antocianina, ácido clorogénico, quercetina, epicatequina y pentósidos de quercetina (Hurtado, 2014; Martínez-Valverde, 2000), así como flavonoides y

taninos (Jimenez, *et al.*, 2011). Estos compuestos tienen efectos positivos en el tratamiento y la prevención de enfermedades como obesidad, cáncer y enfermedades cardiovasculares y neurodegenerativas (Luna-Vázquez *et al.*, 2013; Hurtado & Pérez, 2014; Chávez-Meza, 2014; Rodríguez-de-León, 2011).

Además, se ha reportado la presencia de antocianinas en la cáscara de la fruta del capulín como el 3-glucósido de cianidina y el 3-rutinósido de cianidina (Ordaz-Galindo *et al.*, 1999), que han demostrado ser inhibidores efectivos de oxígeno reactivo y otros radicales (Han *et al.*, 2006; Lachman *et al.*, 2009).

El capulín ha demostrado tener un contenido mayor de antioxidantes, proteínas, carbohidratos y minerales en comparación con la ciruela y las uvas (Luna-Vázquez *et al.*, 2013).

La Biotecnología del Capulín

En el área de la salud, uno de los usos primordiales de los antioxidantes es la prevención de enfermedades

(Rani, 2017). Con respecto al cáncer, se han llevado a cabo estudios de ciertos fitoquímicos como los polifenoles derivados del té verde que intervienen en una etapa en el desarrollo de células tumorales, lo que ocasiona una disminución del riesgo de desarrollar ciertos tipos de cáncer de los tractos digestivo y respiratorio (Surh, 2003). Estos resultados pueden ser constatados con los compuestos fenólicos presentes en el capulín para la generación de suplementos o quimiopreventivos.

Además, se ha encontrado que extractos de las hojas del capulín, como hiperósido, prunina y ácido ursólico, presentan un efecto vasodilatador (Ibarra-Alvarado *et al.*, 2009) que puede ser ocupado como una alternativa a los medicamentos comercializados en la actualidad.

La actividad antioxidante de los compuestos fenólicos es de interés desde los puntos de vista tecnológico y nutricional; desde el punto de vista tecnológico estos compuestos pueden ser utilizados como aditivos

antioxidantes naturales para evitar los aditivos sintéticos y el papel de la biotecnología es importante para obtener dichos compuestos para que se usen con tales propósitos (Martínez-Valverde, 2000). También pueden ser empleados como pigmentos en alimentos puesto que son colorantes naturales rojos y como ejemplo están las antocianinas que han ganado gran importancia en este aspecto (Hurtado, 2013).

Además, se sabe que la actividad antioxidante generalmente está relacionada con la actividad antimicrobiana y el control biológico (Escribano-Bailon *et al.*, 2004). Por esta razón, se han realizado estudios como los de Jimenez *et al.*, (2011), donde se observó que los extractos de capulín tienen actividad antimicrobiana contra diversos tipos de bacterias como *Proteus mirabilis*, *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli*, *Pseudomona aeruginosa* y *Staphylococcus aureus*. Puesto que los extractos de esta fruta tienen efectos antioxidantes y antimicrobianos, tales

extractos pueden ser utilizados como aditivos en alimentos funcionales.

Por otro lado, se ha observado un aumento de estudios que evalúan los efectos de los antioxidantes incorporados a productos cosméticos como cremas tópicas, lociones y bloqueadores solares, debido a que algunos compuestos fenólicos han demostrado proteger contra daños producidos por radiación ultravioleta, especialmente daños al ADN y la supresión inmune (Matsui *et al.*, 2009). Asimismo, los antioxidantes pueden servir como conservadores en productos de belleza al reducir la oxidación de los principios activos para así evitar la degradación de los ingredientes naturales (In *et al.*, 2003).

Otros Usos del Capulín

Además de su poder antioxidante, el capulín tiene diversos usos como (Sistema Nacional de Información Forestal, 1951; Rodríguez-de-León, 2011):

- Madera para combustible y construcción rural.

- Frutos como complemento alimenticio. Se come crudo o en conserva (mermeladas) y bebidas frescas. En los mercados suelen estar presentes en tamales.
- Fruto en la elaboración de bebidas alcohólicas por medio de fermentación.
- Semilla para la fabricación de jabones y pinturas debido a su contenido de aceite semisecante (30-40%).
- Medicinal; corteza y hojas (en infusión) que se usan como

expectorante, estimulante, febrífugo, antipasmódico, tónico, sedante y antidiarreico.

El capulín es uno de los frutos con mayor contenido de vitaminas A, B y C, es rico en minerales, contiene importantes porciones de ácido cítrico, málico y cianhídrico y es un alimento de fácil digestión y casi total asimilación (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, 2017).

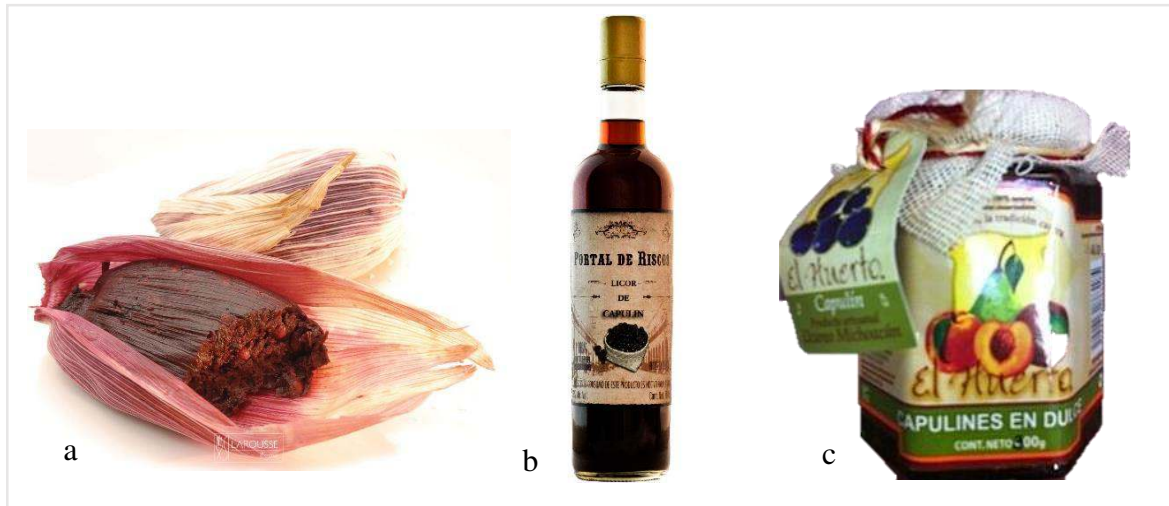


Figura 3. Productos elaborados a partir de capulín: a) tamal de capulín, b) licor de capulín, c) mermelada de capulín. Imágenes tomadas de <https://www.laroussecocina.mx/receta/tamales-de-capulin-0>, <http://vinoselgallito.com/producto/licor-de-capulin-portal-de-riscos-750-ml/>, http://www.dulcesregionales.com.mx/index.php?id_product=723&controller=product, respectivamente.

CONCLUSIÓN

El capulín (*Prunus sp.*), un fruto ampliamente conocido en México, se usa principalmente de manera tradicional en diferentes presentaciones como bebidas, mermeladas e infusiones o se consume simplemente de manera natural. Debido a la presencia de compuestos fenólicos tanto en las hojas como en el

fruto, se han estudiado las posibles aplicaciones biotecnológicas en la industria alimentaria, cosmética y farmacéutica como fuente de antioxidantes, conservadores y compuestos antimicrobianos. Sin embargo, la investigación y la información de este extraordinario fruto son insuficientes hasta el momento.

Captura de Imágenes

Coronado-H., M., Vega y León, S., Gutiérrez, R., Vázquez, M. y Radilla, C. (2015). Interacción entre radicales libres y antioxidantes. [Figura]. Recuperado el 8 de octubre

de 2017 de http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182015000200014

El Huerto. (2017). Mermelada de capulines en dulce. [Figura]. Recuperado el 16 de noviembre de 2017 de <http://vinoselgallito.com/producto/licor-de-capulin-portal-de-riscos-750-ml/>

Gironella, A. (2017). Tamales de capulín. [Figura]. Recuperado el 16 de noviembre de 2017 de <https://www.laroussecocina.mx/receta/tamales-de-capulin-0>

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (2017). Capulín. [Figura]. Recuperado el 2 de octubre de 2017 de <https://www.gob.mx/sagarpa/articulos/el-capulin-cerezo-nacional>

Vinos El Gallito. (2017). Licor de capulín. [Figura]. Recuperado el 16 de noviembre de 2017 de <http://vinoselgallito.com/producto/licor-de-capulin-portal-de-riscos-750-ml/>

Referencias

Argueta, A. Monografías de plantas medicinales. En: Atlas de las Plantas de la Medicina Tradicional Mexicana. Instituto Nacional Indigenista: México, México, 1994; Volumen 1, pp. 319-320.

Betteridge, D. J. (2000). What is oxidative stress? *Metabolism: Clinical and Experimental*, 49 (2 Suppl. 1), 3-8. [https://doi.org/10.1016/S0026-0495\(00\)80077-3](https://doi.org/10.1016/S0026-0495(00)80077-3)

Chávez-Meza, A. K. (2014). Efecto del secado por convección sobre la actividad farmacológica del fruto de *Prunus serótina* para estandarizar la elaboración de una forma farmacéutica y desarrollo de un método analítico para las pruebas de control de calidad (Tesis de maestría). Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro.

Chin-Lin, H. and Gow-Chin, Y. (2008). Phenolic compounds: evidence for inhibitory effects against obesity and their underlying molecular signaling mechanisms. *Molecular Nutrition & Food Research*, 52, 53-61.

Coronado-H., M., Vega y León, S., Gutiérrez, R., Vázquez, M. y Radilla, C. (2015). Antioxidantes: perspectiva actual para la salud humana. *Revista Chilena de Nutrición*, 42 (2), 206-212. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182015000200014>

Cunningham, D. G., Vannozzi, S. A., Turk, R., Roderick, R., O'Shea, E. y Brilliant, K. (2005). Constituyentes fitoquímicos del arándano americano (*Vaccinium macrocarpon*) y sus beneficios para la salud. *Revista de Fitoterapia*, 5 (1), 5-16. Recuperado de <http://www.heilpflanzen-info.com/revista/pdf/05-16> RDF 5.1 ARANDANO.pdf

Dalle-Donne, I., Rossi, R., Colombo, R., Giustarini, D., and Milzani, A. (2006). Biomarkers of oxidative damage in human disease. *Clin. Chem.*, 52, 601-623.

Dhalla, N. S., Temsah, R. M., and Netticadan, T. (2000). Role of oxidative stress in cardiovascular diseases. *J. Hypertens.*, 18, 655-673.

Dos Santos Silva, D. B., Da silva, L. E., Crispim, B. do A., Oliveira Vaini, J., Barufatti Grisolia, A. y Pires de Oliveira, K. M. (2012). Biotecnología aplicada a la alimentación y la salud humana. *Revista Chilena de Nutrición*, 39 (3), 94-98. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182012000300014>

Escribano-Bailon, M. T., Santos-Buelga, C., and Rivas-Gonzalo, J. (2004). Anthocyanins in cereals. *Journal of Chromatography*, 1054, 129-141. DOI: 10.1016/j.chroma.2004.08.152

Finkel, T. and Holbrook, N. J. (2000). Oxidants, oxidative stress and the biology of ageing. *Nature*, 408 (6809), 239-247. <https://doi.org/10.1038/35041687>

Halliwel, B. and Gutteridge, J. M. C. (1999). Free radicals in biology and medicine (3rd ed.). Oxford University Press.

Halliwel, B., Murcia, M.A., Chirico, S., and Auroma, O. I. (1995). Free radicals and antioxidants in food and in vivo: what do they do and how do they work? *Critical Review in Food Science and Nutrition*, 35, 7-20.

Han, K. H., Sekikawa, M., Shimada, K., Hashimoto, M., Noda, T., Tanaka, H., and Fukushima, M. (2006). Anthocyanin-rich purple potato flake extract has antioxidant capacity and improves antioxidant potential in rats. *British Journal of Nutrition*, 96, 1125-1133. <https://doi.org/10.1017/BJN20061928>

Hurtado, N. H. y Pérez, M. (2014). Identificación, estabilidad y actividad antioxidante de las antocianinas aisladas de la cáscara del fruto de Capulí (*Prunus serotina* spp. capuli (Cav) Mc. Vaug Cav). *Información Tecnológica*, 25 (4), 131-140. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642014000400015>

Ibarra-Alvarado, C., Rojas, A., Luna, F., Rojas, J. I., Rivero-Cruz, B., and Rivero-Cruz, J. F. (2009). Vasorelaxant constituents of the leaves of *Prunus serotina* “capulín”. *Revista Latinoamericana de Química*, 37 (2), 164-173.

Illanes, A. (2015). Alimentos funcionales y biotecnología. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 17 (1), 5-8. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v17n1.50997>

In: D., Quality, T. H. E., Party, W., Cpmp, T. T. O., Consultation, R. F. O. R. and Comments, D. F. O. R. (2003). (Cpmp) Note for Guidance on Excipients , Antioxidants and Antimicrobial Preservatives in the Dossier for Application for Marketing Authorisation of a Note for Guidance on Excipients, Antioxidants and Antimicrobial Preservatives in the Dossier. *Reproduction*, (February), 0-9.

Jimenez, M., Castillo, I., Azuara, E., and Beristain, C. I. (2011). Antioxidant and antimicrobial activity of capulin (*Prunus serotina subsp. capuli*) extracts. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 10 (1), 29-37.

Kaur, C. and Kapoor, H. C. (2001). Review Antioxidants in fruits and vegetables ± the millennium's health, 703-725.

Kris-Etherton, P. M., Hecker, K. D., Bonanome, A., Coval, S. M., Binkoski, A. E., Hilpert, K. F., Etherton, T. D. (2002). Bioactive compounds in foods: Their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. *American Journal of Medicine*, 113 (9B): 71S-88S.

Lachman, J., Hamouz, K., Šulc, M., Orsák, M., Pivec, V., Hejtmánková, A., Dvořák, P., and Čepl J. (2009). Cultivar differences of total anthocyanins and anthocyanidins in red and purple-fleshed potatoes and their relation to antioxidant activity. *Food Chemistry*, 114, 836-843. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.10.029>

Lobo, V., Patil, A., Phatak, A., and Chandra, N. (2010). Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. *Pharmacognosy Reviews*. <https://doi.org/10.4103/0973-7847.70902>

Luna-Vázquez, F. J., Ibarra-Alvarado, C., Rojas-Molina, A., Rojas-Molina, J. I., Yahia, E. M., Rivera-Pastrana, D. M., Zavala-Sánchez, M. Á. (2013). Nutraceutical value of black cherry *Prunus serotina* ehrh. Fruits: Antioxidant and antihypertensive properties. *Molecules*, 18 (12), 14597-14612. <https://doi.org/10.3390/molecules181214597>

Martínez, M. Plantas cuyas propiedades están comprobadas científicamente. En: *Plantas Medicinales de México*. Editorial Botas: México, México, 1991; Volumen 1, pp. 61-62.

Martínez-Valverde, I., Periago, M. J. y Ros, G. (2000). Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 50 (1), 5-18.

Matsui, M. S., Hsia, A., Miller, J. D., Hanneman, K., Scull, H., Cooper, K. D., and Baron, E. (2009). Non-Sunscreen Photoprotection: Antioxidants Add Value to a Sunscreen. *Journal of Investigative Dermatology Symposium Proceedings*, 14 (1), 56-59. <https://doi.org/10.1038/jidsymp.2009.14>

Mayor-Oxilia, R. (2010). Estrés Oxidativo y Sistema de Defensa Antioxidante. *Inst. Med. Trop.*, 5 (2), 23-29. Recuperado de <http://www.imt.edu.py/admin/uploads/Documento/v5n2a05.pdf>

McVaugh, R. A revision of the North American black cherries (*Prunus serotina* Ehrh) and relatives. *Brittonia* 1951, 7, 279-315.

Miller, D. M., Buettner, G. R., and Aust, S. D. (1990). Transition metals as catalysts of "autoxidation" reactions. *Free Radic. Biol. Med.*, 8, 95-108.

Oomah, B. D., Corbe, A., and Balasubramanian, P. (2010). Antioxidant and anti-inflammatory activities of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) hulls. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58, 8225-8230.

Ordaz-Galindo, A., Wesche-Ebeling, P. Wrolstad, R., Rodriguez-Saona, L., and Argáiz-Jamet, A. (1999). Purification and identification of Capulin (*Prunus serótina* Ehrh) anthocyanins. *Food Chemistry*, 65, 201-205. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(98\)00196-4](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00196-4)

Quiñones, M., Miguel, M. y Aleixandre, A. (2012). Los polifenoles, compuestos de origen natural con efectos saludables sobre el sistema cardiovascular. *Nutrición hospitalaria* (Volumen 27). Jarpyo Editores. Recuperado de

http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S021216112012000100009&lng=es&nrm=iso&tIng=es

Rodríguez-de-León, E. (2011). Determinación de la actividad antioxidante del fruto sin semilla del capulín mexicano (*Prunus serotina*) e identificación de sus fenoles marcadores mediante CLAR-EM (Tesis de grado). Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro.

Sánchez-Valle, V. y Méndez-Sánchez, N. (2013). Estrés oxidativo, antioxidantes y enfermedad. *Rev Invest Med Sur Mex*, 20 (3), 161-168. Recuperado de <http://www.medicenlinea.com.mx/pdf-revista/RMS133-AR01-PROTEGIDO.pdf>

Sayre, L. M., Smith, M. A., and Perry, G. (2001). Chemistry and bio-chemistry of oxidative stress in neurodegenerative disease. *Curr. Med. Chem.*, 8, 721-738.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (2017). El Capulín, cerezo nacional. 2 de octubre de 2017. Recuperado de SEMARNAT Sitio web: <https://www.gob.mx/sagarpa/articulos/el-capulin-cerezo-nacional>

Sistema Nacional de Información Forestal. (1951). *Prunus serotina*. 28 de septiembre de 2017. Recuperado de SEMARNAT-CONAFOR Sitio web: www.cnf.gob.mx:8090/snif/portal/libraries/phpsnif/.../UsosPDF.php?...PrunusSerotina

Soobrattee, M. A., Neergheen, V. S., Luximon-Ramma, A., Aruoma, O. I., and Bahorun, T. (2005). Phenolics as potential antioxidant therapeutic agents: mechanism and actions. *Mutation Research*, 579, 200-213.

UNAM. (2009). Capulín. 28 de septiembre de 2017. Recuperado de UNAM Sitio web:

http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/monografia.php?l=3&t=Prunus_serotina&id=7046

Valko, M., Leibfritz, D., Moncol, J., Cronin, M. T. D., Mazur, M., and Telser, J. (2007). Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology*, 39 (1), 44-84. <https://doi.org/10.1016/j.biocel.2006.07.001>

Valko, M., Rhodes, C. J., Moncol, J., Izakovic, M., and Mazur, M. (2006). Free radicals, metals and antioxidants in oxidative stress-induced cancer. *Chem. Biol. Interact.*, 160, 1-40.

Venereo-Gutiérrez, J. R. (2002). Daño oxidativo, radicales libres y antioxidantes. *Revista Cubana de Medicina Militar*, 31 (2), 126-133. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384730-0.00046-X>

Voces del periodista. (31 de agosto de 2017). Puebla y Veracruz, principales productores de capulín. Voces del periodista. Recuperado el 28 de septiembre de 2017 de <http://vocesdelperiodista.mx/destacados/estados-mexico-puebla-veracruz-principales-productores-capulin/>

Zamora S, J. D. (2007). Antioxidantes: micronutrientes en lucha por la salud. *Revista Chilena de Nutrición*, 34 (1), 17-26. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182007000100002>