

TAIWANOFUNGUS CAMPHORATUS **UN HONGO MEDICINAL ENDÉMICO DE TAIWÁN**

C. ILLANA-ESTEBAN

Dpto. Ciencias de la Vida (Botánica), Facultad de Ciencias,
Universidad de Alcalá, E-28871 Alcalá de Henares, Madrid.
carlos.illana@uah.es

Summary. ILLANA-ESTEBAN, C. (2014). *Taiwanofungus camphoratus* a medicinal endemic mushroom of Taiwan. *Bol. Soc. Micol. Madrid* 38: 215-221.

Taiwanofungus camphoratus is a polyporaceous fungus and has been used in Taiwan traditionally due to its medical properties. A review of previously published literature about this fungus is made, dealing with its ethnomycological, nutritional, pharmacological and medical aspects.

Key words: *niu-chang-chih*, medicinal fungi, *Polyporaceae*.

Resumen. ILLANA-ESTEBAN, C. (2014). *Taiwanofungus camphoratus* un hongo medicinal endémico de Taiwán. *Bol. Soc. Micol. Madrid* 38: 215-221.

Taiwanofungus camphoratus es un hongo poliporáceo usado en Taiwán tradicionalmente por sus propiedades medicinales. Se hace una revisión de lo publicado con anterioridad sobre este hongo en la literatura, en relación a aspectos etnomicológicos, nutricionales, farmacológicos y médicos.

Palabras clave: hongos medicinales, *niu-chang-chih*, *Polyporaceae*.

INTRODUCCIÓN

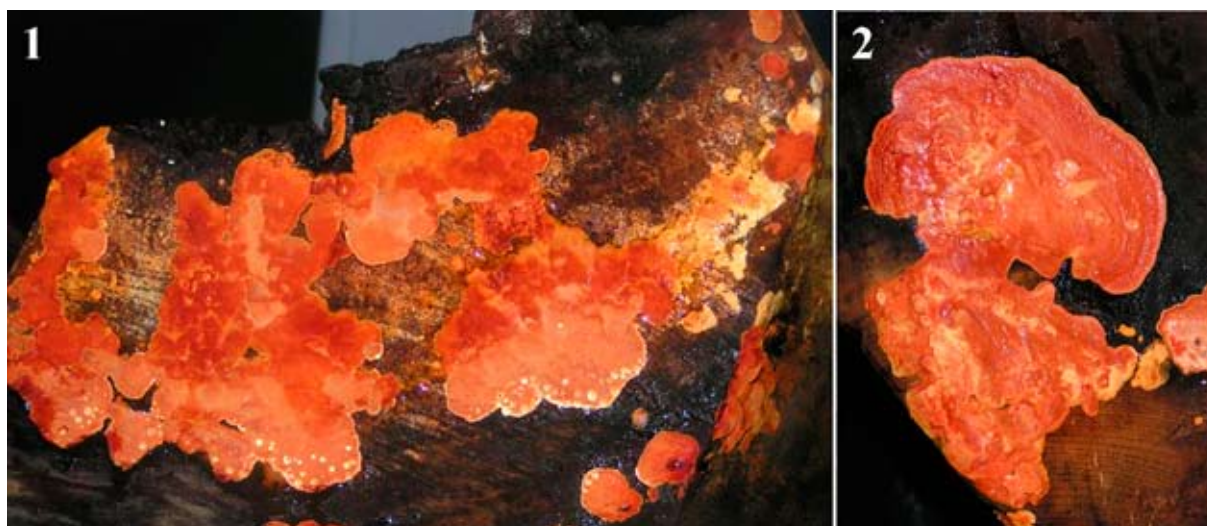
Taiwanofungus camphoratus es un hongo parásito que crece en la cavidad interna del árbol *Cinnamomum kanehirae* Hayata, perteneciente a la familia *Laureaceae*. *C. kanehirae* es un árbol endémico de la isla de Taiwán que vive entre los 450-2000 m en las sierras de Taoyuan, Miaoli, Nantou, Kaohsiung, Hualien y Taitung. Los basidiocarpos de *T. camphoratus* son recogidos manualmente de junio a octubre y en Taiwán se consideran como un “regalo del cielo” (GEETHANGILI & TZENG, 2011).

Taiwanofungus camphoratus ha sido usado en medicina tradicional en Taiwán para prevenir o tratar numerosas enfermedades (hepáticas,

gástricas, tumorales y para controlar la hipertensión) y para aliviar las consecuencias del cansancio o el consumo de alcohol. Es conocido como *niu-chang-chih* ó niu zhang zhi (*niu-chang* es el nombre chino de *Cinnamomum kanehirae* y *chih* hace referencia a su parecido con los basidiocarpos del hongo *Ganoderma*). La población taiwanesa también le menciona popularmente como *niu-chang-ku* (*ku* en chino quiere decir seta) o simplemente como *chang-chih* ó *chang-ku* (WU & al., 1997).

TAXONOMÍA Y NOMENCLATURA

Taiwanofungus camphoratus es un hongo basidiomicete que pertenece a la familia



Figs. 1-2. Basidiocarpos de *Taiwanofungus camphoratus* (imagenes procedentes de Asian Nova Bio-Tech Co.).

Polyporaceae. Se describió por primera vez a partir de una muestra recolectada sobre madera del árbol del alcanfor [*Cinnamomum camphora* (L.) Presl.] en Taiwán. La especie se incluyó originalmente en el género *Ganoderma* como *G. comphoratum* Zang & Su (ZANG & SU, 1990).

Pocos años después, otros investigadores informaron sobre la existencia de un hongo poliporáceo, cuyos basidiocarpos eran también recogidos de modo tradicional por la población de Taiwán, debido a su valor medicinal. Su hábitat era el interior de los troncos huecos del árbol endémico *Cinnamomum kanehirae* Hay. El hongo fue reconocido como una especie próxima al género *Antrodia* que aún no había sido descrita, y se propuso nombrarla como *A. cinnamomea* T.T. Chang & W.N. Chou (CHANG & CHOU, 1995).

En una revisión posterior del material tipo de *Ganoderma comphoratum* se apreció que las muestras recogidas estaban contaminadas, con esporas de otras especies pertenecientes al género *Ganoderma*. Esto provocó errores en la interpretación de la especie y por tanto en la descripción original. La contaminación esporal hallada en el tipo de *G. comphoratum* se debió a que éste se había guardado en una bolsa junto a otra especie de *Ganoderma*. En la descripción original también se identificó erróneamente el

árbol sobre el que crecía el hongo, ya que se dice que éste es *Cinnamomum camphora* (L.) Presl. (de ahí el nombre específico propuesto), pero se comprobó más tarde que en realidad el nombre del árbol correspondía a *C. kanehirae* Hay (WU & *al.*, 1997). Por último, tras estudiar los tipos de *G. comphoratum* y *Antrodia cinnamomea* se concluyó que correspondían al mismo taxon y se propuso la nueva combinación: *Antrodia camphorata* (M. Zang & C.H. Su) Sheng H. Wu, Ryvardeen & T.T. Chang (WU & *al.*, 1997).

Años más tarde nuevos estudios morfológicos y moleculares de *Antrodia camphorata* demostraron que la especie estaba taxonómicamente mejor ubicada en un nuevo género: *Taiwanofungus* (WU & *al.*, 2004). Análisis filogenéticos posteriores confirmaron que efectivamente *Taiwanofungus* es un género diferente a *Antrodia* (CHIU, 2007; YU & *al.*, 2010; ORTIZ-SANTANA & *al.*, 2013). Sin embargo, a pesar de estos argumentos algún autor (JONG, 2012) sigue defendiendo el uso del nombre *Antrodia cinnamomea* T.T. Chang & W.N. Chou.

La situación nomenclatural del hongo se resume así (WU & *al.* 2012):

Taiwanofungus camphoratus (M. Zang & C.H. Su) Sheng H. Wu, Z.H. Yu, Y.C. Dai & C.H. Su. *Fung. Sci.* 19: 110 (2004). Figs. 1-2

≡ *Ganoderma camphoratum* M. Zang & C.H. Su, *Acta Bot. Yunnan.* 12: 395 (1990).

= *Antrodia cinnamomea* T.T. Chang & W.N. Chou, *Mycol. Res.* 99: 756 (1995).

≡ *A. camphorata* (M. Zang & C.H. Su) Sheng H. Wu, Ryvarden & T.T. Chang, *Bot. Bull. Acad. Sin.* 38: 273 (1997).

Taiwanofungus salmoneus (T.T. Chang & W.N. Chou) Sheng H. Wu, Z.H. Yu, Y.C. Dai & C.H. Su (= *Antrodia salmonea* T.T. Chang & W.N. Chou) es otra especie que vive en troncos huecos de una conífera también endémica de Taiwán, a 2000-2500 m de altitud (*Cunninghamia konishii* Hay.).

DESCRIPCIÓN

Los basidiocarpos de *Taiwanofungus camphoratus* son perennes, resupinados a efuso reflejos, pileados, elongados a semicirculares, leñosos. Sabor amargo. Superficie del basidiocarpo ondulada. Himenio formado por poros angulares (4-6 poros por mm), de color canela cuando son jóvenes, luego naranja rojizo o naranja pardo, oscureciéndose al envejecer. Tubos de más de 4 cm de largo. Contexto muy delgado o ausente, concoloro con la superficie himenial. Sistema de hifas dimítico, hifas generativas abundantes de 2-3,5 µm de ancho, con fíbulas; hifas esqueléticas hialinas a pardo claro, débilmente amiloides. Basidios 12-14 x 3-5 µm, claviformes, tetraspóricos, con una fíbula basal. Basidiosporas 3,5-5 x 1,5-2 µm, cilíndricas, hialinas, lisas, dextrinoides. En cultivo puro el micelio produce artroconidios y clamidósporas (CHANG & CHOU, 2004).

El hábitat de *Taiwanofungus camphoratus* es exclusivamente el interior de los troncos huecos de *Cinnamomum kanehirai*.

ETNOMEDICINA

El consumo de *Taiwanofungus camphoratus* como hongo medicinal tiene una larga tradición en Taiwán. Se ha usado popularmente para tratar los tendones y músculos dañados y también para aliviar problemas respiratorios, fiebre y dolor de cabeza (AO & al., 2009).

En 1773 el doctor de Medicina China Tradicional Wu-Sha encontró que los nativos de Taiwán masticaban los cuerpos fructíferos, o bien los preparaban en decocción, para tratar el cansancio o la resaca producida tras haber tomado mucho alcohol. Basándose en las experiencias locales, el Dr. Wu también comenzó a usar *Taiwanofungus camphoratus* para tratar otras enfermedades (AO & al., 2009). En la medicina tradicional china, el cuerpo fructífero del *niu-changchih* se considera un potente hepatoprotector.

Tras años de uso en la medicina tradicional taiwanesa se piensa que *Taiwanofungus camphoratus* es un hongo con un gran potencial para tratar enfermedades. Existe una gran demanda por el hongo. Actualmente se puede obtener a partir de la recolección en el campo o bien procedente de cultivo.

La especie *Taiwanofungus salmoneus* popularmente conocida como *shiang-shan-chih*, se piensa que tiene propiedades medicinales similares a *T. camphoratus* (CHANG & CHOU, 2004). Recientemente se ha demostrado “in vitro” su capacidad antibacteriana y antiinflamatoria (CHIANG & al., 2013).

COMPOSICIÓN

La composición de metabolitos secundarios de *Taiwanofungus camphoratus* ha sido ampliamente estudiada, especialmente en los cuerpos fructíferos. Se han identificado más de 80 compuestos, predominando los terpenoides. Otros son benzenoides, lignanos, benzoquinonas, tocoferoles y derivados del ácido maleico y succínico, además de polisacáridos. Entre los polisacáridos obtenidos del hongo se ha patentado una mezcla de galactosa, glucosa, fucosa, manosa y galactosamina con enlaces α-D-(1-6), que es conocida como camphoratan® (www.simpsonbiotech.com). También se detectaron esteroides y ácidos grasos (AO & al., 2009; GEETHANGILI & TZENG, 2011).

No existen muchos estudios que muestren diferencias en la composición y eficacia terapéutica entre los basidiocarpos de *Taiwanofungus camphoratus* recolectados en el campo de los

obtenidos a partir de cultivo. Es probable que existan variaciones en la composición debidas a distintas condiciones de cultivo (AO & *al.*, 2009). En un experimento se comparó la presencia de 10 compuestos en basidiocarpos recolectados en el campo sobre *Cinnamomum kanehirai* y en basidiocarpos obtenidos a partir de cultivo, siendo coincidentes en ambos casos. También se analizó la composición del micelio recogido de la naturaleza y del obtenido en cultivo, y se comprobó que faltaban en ambos casos 5 esteroides (ergostanos) que sí aparecen en los basidiocarpos. Estos resultados demostrarían que la presencia de ergostanos está relacionada con la formación de basidiocarpos (CHANG & *al.*, 2011). Los triterpenoides presentes en los basidiocarpos también se pueden obtener en cultivo sumergido (HE & *al.*, 2012), si bien no todos (CHANG & WANG, 2005).

PROPIEDADES FARMACOLÓGICAS

Un total de 150 patentes relacionadas con *Taiwanofungus camphoratus* se han registrado hasta junio de 2012. La mayoría de ellas están relacionadas con los componentes medicinales del hongo y su extracción, y se han desarrollado por investigadores taiwaneses, debido a lo exclusivo del hábitat del hongo (CHEN & *al.*, 2013).

Efecto anticancerígeno: Tanto los cuerpos fructíferos como el micelio de *Taiwanofungus camphoratus* tienen actividad anticancerígena para varios tipos de tumores tanto *in vitro* como *in vivo*.

Distintos estudios han demostrado que la actividad antiproliferativa que tiene el hongo está relacionada con la detención del ciclo celular, la inducción de la apoptosis, la inhibición de la angiogénesis y la estimulación de la respuesta inmune (AO & *al.*, 2009). Se recomienda el uso de *Taiwanofungus camphoratus* como coadyuvante en terapias contra el cáncer (CHEN & *al.*, 2007).

A partir de la fermentación del micelio de *Taiwanofungus camphoratus* se ha obtenido un derivado de una ubiquinona, -el antroquinonol®- con actividad citotóxica (LEE & *al.*, 2007). Se ha comprobado tanto *in vitro* como *in vivo* el efecto

anticancerígeno del antroquinonol® en distintos tipos de células humanas, ya que induce la apoptosis, además de la muerte celular por autofagia y acelera la senescencia celular (YU & *al.*, 2012). En Taiwán y Estados Unidos actualmente se están realizando ensayos clínicos en la fase II para tratar el cáncer de pulmón y de colón y la leucemia. Si los ensayos clínicos continúan con éxito se espera que en el año 2017 se pueda comercializar el antroquinonol® con el nombre comercial de Hocena® (www.goldenbiotech.com).

Se ha demostrado que los triterpenoides presentes en *Taiwanofungus camphoratus* también son potenciales agentes anticancerígenos (PETRONELLI & *al.*, 2009; LEE & *al.*, 2012).

Actividad hepatoprotectora: El *niuchangchih* se ha consumido de modo tradicional para curar el malestar causado por la ingesta excesiva de alcohol. Se ha demostrado que el consumo de los basidiocarpos y micelio de *Taiwanofungus camphoratus* posee actividad protectora contra la hepatotoxicidad que provoca el consumo excesivo de alcohol y contra la hepatitis (AO & *al.*, 2009). Un experimento realizado *in vitro* con células humanas demostró que el antroquinonol® es un potente protector de la actividad del hígado, ya que reduce el daño que provoca el alcohol (KUMAR & *al.*, 2011). Cinco derivados del ácido maleico y succínico con actividad anti-hepatitis, se han aislado de los basidiocarpos y se han patentado con el nombre de Hepasim® (AO & *al.*, 2009).

El consumo de *Taiwanofungus camphoratus* previene y mejora las enfermedades hepáticas: inhibe el virus de la hepatitis B, mejora la fibrosis del hígado e inhibe el crecimiento celular de células cancerosas en el hígado (parando el ciclo celular e induciendo la apoptosis). El efecto protector se produce a través de diferentes mecanismos: eliminación de radicales libres responsables del daño celular, aumento de la actividad enzimática con efecto antioxidante, inhibición de los mediadores que producen la inflamación e inducción de la regeneración de las células hepáticas (AO & *al.*, 2009).

Actividad antivírica: Los polisacáridos y otros compuestos presentes en los basidiocarpos y el micelio de *Taiwanofungus camphoratus* po-

seen actividad contra el virus de la hepatitis B *in vivo* e *in vitro* (AO & *al.*, 2009).

Otros efectos observados *in vitro* son: nefroprotectivo, neuroprotector, antihiperlipidémico, actividad antiinflamatoria, antihipertensiva, antigenotóxica y antimicrobial (AO & *al.*, 2009; GEETHANGILI & TZENG, 2011; LEVIN & *al.*, 2012; YUE & *al.*, 2012).

RECOLECCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN

Los basidiocarpos de *Taiwanofungus camphoratus* recogidos en la naturaleza se cotizan a 15.000 \$/kg (WU & *al.*, 1997). Se dice de él que es uno de los hongos más caros del mundo, ya que puede alcanzar en el mercado hasta 55.000 \$/kg en peso seco (www.etradeasia.com).

En la naturaleza los cuerpos fructíferos crecen lentamente. La alta demanda está provocando que para recolectar más fácilmente el hongo, algunas personas talen el árbol sobre el que crece. Esta situación amenaza seriamente a *Cinnamomum kanehirae*, por lo que las autoridades han actuado y el árbol actualmente se encuentra protegi-

do (CHANG & WANG, 2005). Anteriormente la madera de *C. kanehirae* era apreciada por su alta calidad y ha sido empleada de modo tradicional en Taiwán para fabricar muebles (WU & *al.*, 1997). Recientemente se ha comentado la aparición de una nueva amenaza para el árbol del que se obtiene el *niuchangchih*. Se trata de un hongo parásito esclerotiniáceo -*Hinomyces moricola* (I. Hino) Narumi & Y. Harada-, que crece sobre las hojas de *Cinnamomum kanehirae*. Este hongo ha provocado severas defoliaciones en plantas leñosas y anuales de Estados Unidos y Japón (FU & LIN, 2012).

Para satisfacer su comercio se ha logrado el cultivo en laboratorio de los basidiocarpos, bien sobre un sustrato o en cultivo sumergido, técnica ésta más empleada a gran escala (CHANG & WANG, 2005; LIN & *al.*, 2006; AO & *al.*, 2009). El cultivo *in vitro* de *Taiwanofungus camphoratus* se ve acelerado por la adición de aceite de alcanfor, lo que podría explicar la especificidad del hongo por *Cinnamomum kanehirae* (LIN & *al.*, 2006).

Comercialmente *Taiwanofungus camphora-*



Fig. 3. Distintas presentaciones con las que se comercializa *Taiwanofungus camphoratus*.

tus está disponible en forma de cápsulas, pastillas, polvo o bebidas (incluso existe un licor). Algunas compañías que lo cultivan y producen son: Well-Shine Biotech., Inmune AC Essence, Golden Biotech., Myconutri, Simpson Biotech, Taiwan Leader Biotech Corp., etc. Productos comerciales fabricados a partir de extractos de micelio o basidiocarpos de *Taiwanofungus camphoratus* son: Ruby Mushroom®, Vitalsail® (un frasco de 500 cápsulas alcanza un precio de 740 \$), Rasle® o Zsaino® (Fig. 3).

En folletos comerciales se compara el contenido en terpenoides de *Antrodia camphorata* con *Ganoderma lucidum*, siendo mayor en el primer caso (más de 200 en AC frente a 20-30 en GL).

Taiwanofungus camphoratus forma parte junto a otros hongos medicinales, de la composición de productos complementarios para la alimentación de los caballos: Dermal Matrix® (regenera y protege la piel), Joint Matrix® (protege las articulaciones, tendones y ligamentos), Performance Matrix® (mejora el suministro de oxígeno) y Equident Matrix® (protege los dientes y las encías) y Hoof Matrix® y LamiPro® (estimula la circulación sanguínea y el crecimiento del casco). Todos ellos son producidos y comercializados en Alemania (www.better4horses.com). Igualmente en Estados Unidos se vende una mezcla de varios hongos medicinales (entre ellos *Taiwanofungus camphoratus*) recomendado para mejorar la salud y el aspecto de mascotas -perros y gatos- (www.mushroommatrix.com).

Además están disponibles en el mercado productos de cosmética como jabones y geles para baño, acondicionadores y cremas para cuidar la piel.

Se estima que el comercio de *niuchangchih* puede mover anualmente en Taiwán cerca de 250 millones de dólares y a nivel mundial más de 2,5 billones.

BIBLIOGRAFÍA

- AO, Z.H., Z.H. XU, Z.M. LU, H.Y. XU, X.M. ZHANG & W.F. DOU (2009). Niuchangchih (*Antrodia camphorata*) and its potential in treating liver diseases. *J. Ethnopharmacol.* 121: 194-212.
- CHANG, T.T. & W.N. CHOU (1995). *Antrodia cinnamomea* sp. nov. on *Cinnamomum kanehirai* in Taiwan. *Mycol. Res.* 99(6): 756-758.
- CHANG, T.T. & W.N. CHOU (2004). *Antrodia cinnamomea* reconsidered and *A. salmonea* sp. nov. on *Cunninghamia konishii* in Taiwan. *Bot. Bull. Acad. Sin.* 45: 347-352.
- CHANG, T.T. & W.R. WANG (2005). Basidiomatal formation of *Antrodia cinnamomea* on artificial agar media. *Bot. Bull. Acad. Sin.* 46: 151-154.
- CHANG, T.T., W.R. WANG & C.J. CHOU (2011). Differentiation of mycelia and basidiomes of *Antrodia cinnamomea* using certain chemical components. *Taiwan J. For. Sci.* 26(2): 125-33.
- CHEN, K.C., C.C. PENG, R.Y. PENG, C.H. SU, H.S. CHIANG, J.H. YAN & H.LI HSIU MEI (2007). Unique formosan mushroom *Antrodia camphorata* differentially inhibits androgen-responsive LNCaP and -Independent PC-3 prostate cancer cells. *Nutrition and Cancer* 57: 111-121.
- CHEN, Y.F., W.L. LU, WU M.D. & G.F. YUAN (2013). Analysis of taiwan patents for the medicinal mushroom "niu-chang-chih". *Recent Pat. Food Nutr. Agric.* 5(1): 62-69.
- CHERNG, I.H., D.P. WU & H.C. CHIANG (1995). Triterpenoids from *Antrodia cinnamomea*. *Phytochemistry* 41(1): 263-267.
- CHIANG, S.S., L.T. WANG, S.Y. CHEN & J.L. MAU (2013). Antibacterial and anti-inflammatory activities of mycelia of a Medicinal Mushroom from Taiwan, *Taiwanofungus salmoneus* (Higher Basidiomycetes). *Int. J. Med. Mushr.* 15(1): 39-47.
- CHIU, H.H. (2007). Phylogenetic analysis of *Antrodia* species and *Antrodia camphorata* inferred from internal transcribed spacer region. *Antonie van Leeuwenhoek* 91: 267-276.
- FU, C.H. & F.Y. LIN (2012). First report of zonate leaf spot of *Cinnamomum kanehirae* caused by *Hinomyces moricola* in Taiwan. *Pl. Dis.* 96(8): 1226-1227.
- GEETHANGILI, M. & Y.M. TZENG (2011). Review of pharmacological effects of *Antrodia camphorata* and its bioactive compounds. *Evid. Based Complement. Alternat.*

- Med.* (publicación electrónica). doi: 10.1093/ecam/nep108.
- HE, Y.C., K.Z. HE, Q. PU, J. LI & Z.J. ZHAO (2012). Optimization of cultivating conditions for triterpenoids production from *Antrodia cinnamomea*. *Indian J. Microbiol.* 52(4): 648-653.
- JONG, S.C. (2012). The legitimate scientific name of the valuable medicinal mushroom “niu-chang-chih” known only from Taiwan. *Micol. Apl. Int.* 24(2): 43-52.
- KUMAR, K.J., F.H. CHU, H.W. HSIEH, J.W. LIAO, J.C. LIN, J.F. SHAW & S.Y. WANG (2011). Antroquinonol from ethanolic extract of mycelium of *Antrodia cinnamomea* protects hepatic cells from ethanol-induced oxidative stress through Nrf-2 activation. *J. Ethnopharmacol.* 136(1): 168-177.
- LEE, T.H., C.K. LEE, W.L. TSOU, S.Y. LIU, M.T. KUO & W.C. WEN (2007). A new cytotoxic agent from solid-state fermented mycelium of *Antrodia camphorata*. *Pl. Med.* 73(13): 1412-1415.
- LEE, Y.P., W.C. TSAI, C.J. KO, Y.K. RAO, C.R. YANG, D.R. CHEN, M.H. YANG, C.C. YANG & Y.M. TZENG (2012). Anticancer effects of eleven triterpenoids derived from *Antrodia camphorata*. *Anticancer Res.* 32(7): 2727-2734.
- LEVIN, R.M., Y.S. JUAN, C. SCHULER, R.E. LEGGETT & A.D. LIN (2012). Medicinal properties of *Antrodia camphorata*. A review. *Curr. Topics Nutraceutical Res.* 10(1): 53-60.
- LIN, J.Y., WU T.Z. & J.C. CHOU (2006). In vitro induction of fruiting body in *Antrodia cinnamomea* -a medicinally important fungus. *Bot. Stud.* 47: 267-272.
- ORTIZ-SANTANA, B., D.L. LINDNER, O. MIETTINEN, A. JUSTO & D.S. HIBBETT (2013). A phylogenetic overview of the antrodia clade (*Basidiomycota*, *Polyporales*). *Mycologia* 105(6): 1391-1411.
- PETRONELLI, A., G. PANNITERI & U. TESTA (2009). Triterpenoids as new promising anticancer drugs. *Anticancer drugs* 20(10): 880-892.
- WU, S.H., L. RYVARDEN & T.T. CHANG (1997). *Antrodia camphorata* (“niu-chang-chih”), new combination of a medicinal fungus in Taiwan. *Bot. Bull. Acad. Sin.* 38: 273-275.
- WU, S.H., Z.H. YU, Y.C. DAI, C.T. CHEN, C.H. SU, L.C. CHEN, W.C. HSU & G.Y. HWANG (2004). *Taiwanofungus*, a polypore new genus. *Fung. Sci.* 19(3-4): 109-116.
- WU, S.H., P.M. KIRK, S.A. REDHEAD, J.A. STALPERS, Y.C. DAI, L.L. NORVELL, Z.L. YANG, L. RYVARDEN, C.H. SU, Y. LI, W.Y. ZHUANG, Y.J. YAO, C.J. CHEN, L.C. CHEN, Z.H. YU & X.C. WANG (2012). Resolution of the nomenclature for niu-chang-chih (*Taiwanofungus camphoratus*), an important medicinal polypore. *Taxon* 61(6): 1305-1310.
- YU, Z.H., S.H. WU, D.M. WANG & C.T. CHEN (2010). Phylogenetic relationships of *Antrodia* species and related taxa based on analyses of nuclear large subunit ribosomal DNA sequences. *Bot. Stud.* 51: 53-60.
- YU, C.C., P.C. CHIANG, P.H. LU, M.T. KUO, W.C. WEN, P. CHEN & J.H. GUH (2012). Antroquinonol, a nature ubiquinone derivative, induces a cross talk between apoptosis, autophagy and senescence in human pancreatic carcinoma cells. *J. Nutr. Biochem.* 23: 900-907.
- YUE, P.Y.K., Y.Y. WONG, T.Y.K. CHAN, C.K.M. LAW, Y.K. TSOI & K.S.Y. LEUNG (2012). Review of biological and pharmacological activities of the endemic taiwanese bitter medicinal mushroom, *Antrodia camphorata* (M. Zang et C.H. Su) Sh. H.Wu et al. (Higher *Basidiomycetes*). *Int. J. Med. Mushr.* 14(3): 241-256.
- ZANG, M. & C.H. SU (1990). *Ganoderma camphoratum*, a new taxon in genus *Ganoderma* from Taiwan, China. *Acta Bot. Yunnan.* 12(4): 395-396.

