

INTERÉS MEDICINAL DEL “CHAGA” (*INONOTUS OBLIQUUS*)

C. ILLANA-ESTEBAN

Departamento de Biología Vegetal, Facultad de Ciencias, Universidad de Alcalá,
E-28871 Alcalá de Henares, Madrid.
carlos.illana@uah.es

Summary. ILLANA-ESTEBAN, C. (2011). Medicinal interest of “chaga” (*Inonotus obliquus*). *Bol. Soc. Micol. Madrid* 35: 175-185.

Inonotus obliquus is a polyporaceous fungus and has been used in the East due to its medical properties for thousands of years. A review of previously published literature about this fungus is made, dealing with its ethnomycological, nutritional, pharmacological and medical aspects.

Key words: *Hymenochaetaceae*, medicinal fungi.

Resumen. ILLANA-ESTEBAN, C. (2011). Interés medicinal del “chaga” (*Inonotus obliquus*). *Bol. Soc. Micol. Madrid* 35: 175-185.

Inonotus obliquus es un hongo poliporáceo usado en países del Este de Europa por sus propiedades medicinales desde hace cientos de años. 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: *Hymenochaetaceae*, hongos medicinales.

INTRODUCCIÓN

Existen muchos hongos macromicetes pertenecientes a la división *Basidiomycota* que contienen metabolitos secundarios biológicamente activos de interés medicinal (WASSER, 2002; LINDEQUIST & al., 2005; PELÁEZ & al., 2006; ZHANG & al., 2007). Recientemente se ha hecho una revisión de los metabolitos bioactivos presentes en los hongos poliporáceos *s. lato* que tienen propiedades farmacológicas (antimicrobiales, antivirales, inmunomoduladoras, citotóxicas, anti-diabéticas, etc.) (ZJAWIONY, 2004).

En este artículo se hace una revisión del hongo conocido popularmente como chaga, que se corresponde con la especie *Inonotus obliquus*, en

relación a su biología, composición bioquímica y actividad farmacológica. Este hongo es un parásito que tiene importancia forestal al causar la podredumbre de los troncos de abedul (*Betula* spp.) en los bosques del norte de Europa (ZABEL, 1976) y que ha sido consumido tradicionalmente en algunas zonas de Europa en forma de té o tintura.

MEDICINA TRADICIONAL

Las tinturas de chaga elaboradas con vodka fueron preparaciones muy populares en los países del este de Europa desde los siglos XVI y XVII, usadas como remedios contra las úlceras gástricas y duodenales y varios tipos de gastri-

tis, así como para curar el cáncer de estómago, de pulmón y de otros órganos (KAHLOS, 1994; SHASHKINA & *al.*, 2006). Según cuenta una antigua leyenda el duque ruso Vladimir Monomakh (siglo XI) se curó un cáncer labial tomando chaga (SHASHKINA & *al.*, 2006).

En Rusia, Polonia y la mayoría de los países bálticos se usó a partir del siglo XVI de modo tradicional, para el tratamiento del cáncer gastrointestinal, enfermedades cardiovasculares y la diabetes (CUI & *al.*, 2005). Al oeste de Siberia se tomó para eliminar los parásitos intestinales y para curar la tuberculosis, dolencias estomacales y enfermedades del hígado y del corazón (CUI & *al.*, 2005). También ha sido consumido en Finlandia con fines similares (PEGLER, 2001).

El pueblo Ainu del norte de Japón ha preparado y bebido una infusión de *Inonotus obliquus* para tratar el dolor de estómago. El hongo pulverizado también era usado por los Ainu en una ceremonia, que consistía en fumarlo en pipa e inhalar el humo, haciendo circular la pipa entre todos los participantes (KOYAMA & *al.*, 2008).

El escritor ruso Aleksandr Solzhenitsyn describe su uso en Rusia en la novela "El Pabellón del Cáncer", en la que los personajes bebían una infusión hecha con chaga. En el capítulo XI se puede leer "Para economizar el dinero del té, los campesinos de aquel distrito cocían en su lugar la chaga, llamada de otro modo el hongo del abedul (...). ¿No será con esa misma chaga con la que a lo largo de siglos venían curándose el cáncer los campesinos rusos sin ellos saberlo?" (SOLZHENITSYN, 1971).

Los Ostyak, una tribu de Siberia occidental (actualmente se llaman Khanti), usaban el chaga para dárselo en la piel en las partes afectadas por el reuma, según recogió en el siglo XVIII el botánico alemán Peter Simon Pallas (DUNN, 1973).

Hoy en día su uso como hongo medicinal sigue siendo frecuente en Rusia, Polonia y Bielorrusia (SHASHKINA & *al.*, 2006). En las regiones donde su consumo en forma de infusión está extendido, las estadísticas disponibles muestran una baja incidencia de cáncer comparado con otras zonas (SHASHKINA & *al.*, 2006). El té de chaga es usado actualmente para mejorar la salud: reduce

la presión arterial y se emplea en el tratamiento de la periodontitis, eczemas, dermatitis y soriasis (SHASHKINA & *al.*, 2006). Como decocción es especialmente popular entre cazadores y guardabosques, pues alivia el hambre y disminuye la fatiga (SHASHKINA & *al.*, 2006). Inhalaciones de chaga junto a otras hierbas reduce inflamaciones en la nasofaringe y facilita la respiración (SHASHKINA & *al.*, 2006).

El chaga se ha usado en la crianza de animales, pues añadiéndole al alimento de los cerdos se estimula el crecimiento de los lechones y se favorece que estos engorden (SHASHKINA & *al.*, 2006). Se ha recomendado añadir tintura de chaga en vegetales enlatados y zumos (SHASHKINA & *al.*, 2006).

NOMENCLATURA

Chaga es el nombre vulgar que tiene el hongo *Inonotus obliquus* (Ach. ex Pers.) Pilát, que pertenece a la familia *Hymenochaetaceae*, orden *Hymenochaetales*, división *Basidiomycota* (CANON & KIRK, 2007). En algunas publicaciones asiáticas se refieren a él usando los sinónimos *Fuscoporia obliqua* (Ach. ex Pers.) Aoshima y *Phaeoporus obliquus* (Ach. ex Pers.) J. Schröt. (HOBBS, 1995; ICHIMURA & *al.* 1998; HE & *al.*, 2001, 2002; KOYAMA & *al.*, 2006, 2008).

Aunque el nombre popular más extendido es el de chaga, epíteto que deriva del idioma Komi-Permyak que emplean los nativos de una zona de las Urales rusos (LEE & *al.*, 2008), también es conocido por distintos nombres vulgares que cambian según la zona: black birch fungus, birch lip, black birch touchwood, birch mushroom, cinder conk, clinker polypore, crooked schillerporling, malalon mushroom, charga, tchaga, tsyr, chagi, tschagapilz, kofukisaruno-koshikake, kabanoanatake (PEGLER, 2001; KUKULYANSKAYA & *al.*, 2002; SHASHKINA & *al.*, 2006; TAJI & *al.*, 2007; ZHONG & *al.*, 2009).

¿QUE ES EL CHAGA?

"Y no es exactamente el hongo del abedul, sino el cáncer del abedul. Si recuerdas, sabrás que los abedules añosos tienen unas ..., unas

excrecencias, unos tumores deformes, como pequeñas cordilleras, que son negras en la superficie y castaño oscuras en el interior” (SOLZHENITSYN, 1971).

Inonotus obliquus es un hongo parásito que ataca a muchas especies de árboles caducifolios, principalmente el abedul (*Betula* spp.). La infección comienza a partir de las esporas que se han producido en los basidiocarpos y que son dispersadas por el aire. Cuando éstas llegan hasta árboles que tienen daños en el tronco (con heridas, ramas rotas o daños por heladas), germinan en el interior y desarrollan un micelio que penetra en la madera y la destruye. La pudrición pertenece al grupo de pudriciones blancas (se descompone principalmente la lignina y en menor medida la celulosa, produciéndose una decoloración de la madera que toma un color amarillento (Fig. 4). A consecuencia de la infección, los anillos de crecimiento del xilema secundario se separan fácilmente unos de otros y los radios medulares se destruyen y se llenan de micelio (SMITH & al. 1992; SHASHKINA & al., 2006).

Al cuarto año de haberse producido la infección del hongo el micelio rompe la corteza y se forman unas estructuras negras como el carbón, agrietadas y duras, que crecen lentamente. Estas formaciones que aparecen tras varios años de parasitismo del hongo, son perennes y pueden alcanzar 0,5-1,5 m largo y 10-15 cm. de grosor, llegando a pesar hasta 5 Kg. de peso. La forma puede ser redondeada o extenderse a lo largo de la corteza y en el mismo punto se pueden formar de 1 a 3. Esta excrecencia es productora de clamidósporas que ayudan a propagar la infección. Los tumores así formados sobre la corteza del abedul son denominados cabezas estériles (en castellano), forme imparfaite (en francés) o sterile conk, black sterile conk o sterile form (en inglés), y es a lo que se denomina chaga. Cuando son pequeñas se aprecian bien por su color negro o pardo oscuro que contrasta con el blanco de la corteza del árbol y cuando son grandes se ven incluso desde lejos (CERNY, 1979; BREITENBACH & KRÄNZLIN, 1986; SHASHKINA & al., 2006; LEE & al., 2008)(Figs. 1-2).

El hongo invade y destruye la albura de la madera, formándose cavidades irregulares negruz-

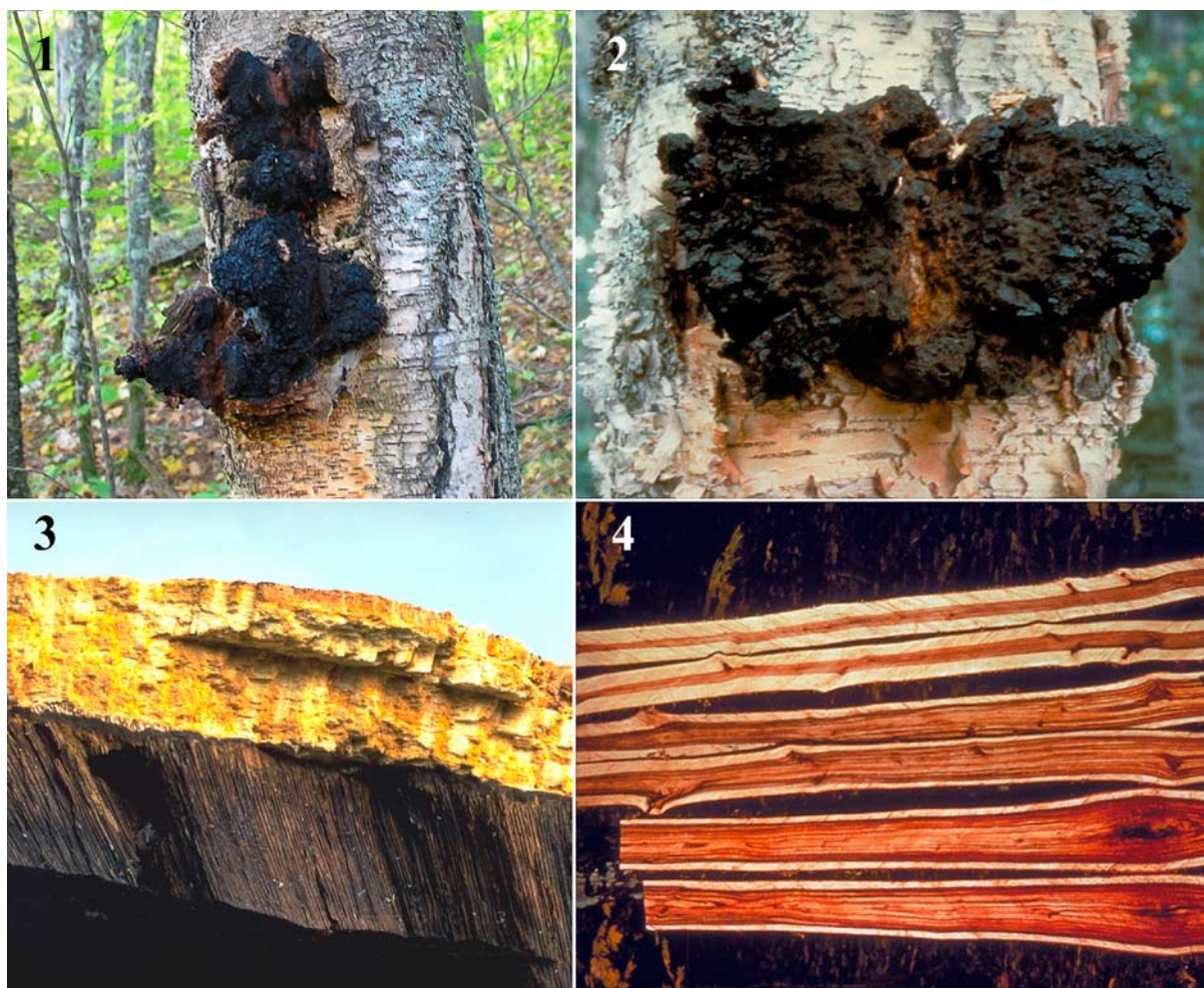
cas que debilitan al árbol, el cuál acaba muriendo. Los basidiocarpos se forman únicamente sobre árboles moribundos o que han muerto recientemente, bajo la corteza o capas de madera externas más dañadas. Debido a la presión que ejercen sobre la corteza, la rompen y los basidiocarpos entran en contacto con el exterior, es entonces cuando se forman nuevas esporas que reinician el ciclo (SMITH & al. 1992; SHASHKINA & al., 2006).

Los basidiocarpos son anuales y se producen en verano, son resupinados, pudiendo ser anchamente efusos. Son duros y quebradizos cuando están secos, pudiéndose separar fácilmente del árbol. Los poros de la superficie son de color pardo rojizo al principio, volviéndose rojizo oscuro; son circulares, con gruesos disepimientos que se vuelven finos y lacerados, hay unos 6-8 poros por mm. El contexto (subículo) es de hasta 3 mm. de grosor, pero usualmente menor a 1 mm., amarillento a marrón, ligeramente zonado. La capa de los túbulos es amarillenta-marrón, de un espesor de 2-3 mm. y se disponen oblicuamente (RYVARDEN & GILBERTSON, 1993; RYVARDEN, 2005)(Fig. 3).

El sistema hifal es monomítico y las hifas de color pardo marrón en KOH, ramificadas y con septos simples. El himenio está formado por basidios tetraspóricos, que producen basidiósporas elipsoidales a ovoides y setas dispersas, de subuladas a ventricosas (RYVARDEN & GILBERTSON, 1993).

Los basidiocarpos duran poco porque son comidos rápidamente por los insectos y son raros de encontrar, aunque en zonas donde se ha producido una infección pueden ser numerosos. Se piensa que los insectos podrían intervenir en la dispersión de las esporas (RYVARDEN & GILBERTSON, 1993; RYVARDEN, 2005).

Inonotus obliquus es una especie común en abedules (*Betula*) y hayas (*Fagus*) que también puede aparecer sobre árboles de los géneros *Acer*, *Alnus*, *Fraxinus*, *Ostrya*, *Populus*, *Quercus* y *Sorbus*. Se encuentra distribuido en abedulares boreales y circumboreales y en hayedos de montañas meridionales. Se conoce en Europa (Gran Bretaña, Polonia, Finlandia, Noruega), Asia (Rusia, Ucrania, Siberia, China, Japón, Corea) y Nortea-



Figs. 1-2. Tumores que forma *Inonotus obliquus* (Ach. ex Pers.) Pilát al parasitar al género *Betula*, denominados popularmente como “chaga”. Fig. 3. Basidiocarpio de *Inonotus obliquus*. Fig. 4. Pudrición que ocasiona *Inonotus obliquus* sobre ramas de *Betula*. (Fotografías cortesía de Forestry Images).

mérica (RYVARDEN & GILBERTSON, 1993; KAHLOS, 1994; RYVARDEN, 2005; ZHONG & *al.*, 2009). No conocemos ninguna cita de *Inonotus obliquus* en nuestro país, en cambio aparecen otros parásitos del abedul como *Piptoporus betulinus* y *Phellinus igniarius*.

FORMA DE CONSUMO

“(…) explicándoles además la manera de secar la chaga para no privarla por completo de jugo, cómo triturarla, con qué agua hervirla, cómo hacer la infusión, cómo filtrarla y qué cantidad se debía tomar (...). También había

que establecer la temperatura exacta a que debía prepararse la infusión, la dosis precisa y si debía hervirse o no; los vasos que se necesitaría beber (...). Hace referencia a unos llamados proveedores, gentes emprendedoras sencillamente, que recogen la chaga, la secan y la envían contra reembolso. Pero cobran caro, quince rublos el kilo, y al mes se necesitan seis kilos” (SOLZHENITSYN, 1971).

Es importante señalar que en mucha de la bibliografía consultada y en las páginas Web de Internet donde se comenta o se vende el chaga, se confunde la fase estéril del hongo, que forma estructuras oscuras, agrietadas, duras y gruesas

sobre el árbol -que son las que tienen las propiedades medicinales- con el basidiocarpo. El basidiocarpo de *Inonotus obliquus* es resupinado y no alcanza 1 cm. de espesor. Esta confusión es patente en las revistas médicas y químicas consultadas, y cuándo en ellas se menciona al basidiocarpo, consideramos que en realidad se hace referencia a la fase estéril (cabezas estériles, forme imparfaite o sterile conk). Igualmente, para referirse al chaga algunas publicaciones (sobre todo asiáticas) usan erróneamente el término “sclerotium”.

La calidad del chaga depende de su correcta recolección y almacenamiento. El material debe recogerse siempre fresco y de árboles vivos. El chaga obtenido de árboles viejos o muertos es de peor calidad y tiene menores propiedades farmacológicas. Así mismo, debe evitarse la recolección de chaga en las cercanías de autopistas y áreas industriales, ya que puede acumular metales pesados (SHASHKINA & al., 2006).

Para preparar el té de chaga se introducen aproximadamente tres gramos del hongo en dos litros de agua y se deja hervir durante unos minutos. El líquido resultante se deja enfriar y se puede almacenar en el frigorífico. Se suelen beber 100 ml antes de cada comida. El líquido es de color pardo oscuro y no tiene sabor (SAAR, 1991; PEGLER, 2001; KOYAMA & al., 2008). Se ha demostrado que el consumo del chaga no es tóxico, ni tiene efectos secundarios (SHASHKINA & al., 2006; SONG & al., 2008).

En la antigüedad en Siberia el chaga se ha usado para hacer jabón. Para ello el hongo es quemado lentamente -igual que se hace para preparar el carbón vegetal-, se introduce en un cubo con agua caliente y se remueve hasta que el hongo se deshace. El agua oscura que se produce tiene una gran capacidad limpiadora y desinfectante. Este “jabón de chaga” era utilizado para lavarse las manos, los pies e incluso el cuerpo entero. Parece ser que las mujeres usaban el “jabón de chaga” para lavarse tras la menstruación y lavar a los niños recién nacidos y que el emplearlo les protegía de las enfermedades (SAAR, 1991). Las cenizas resultado de quemar el chaga también han sido usadas como tabaco (DUNN, 1973; SAAR, 1991).

COMPOSICIÓN

La composición del chaga es la siguiente (SHASHKINA & al., 2006; KOYAMA & al., 2008):

- Agua 13.2%
- Proteínas 2.4%
- Lípidos 2.4%
- Cenizas 12-15% (50% K₂O)
- Carbohidratos 71.9% (lignina 32.6%, betaglu-
canos 12%)

Contiene 15 aminoácidos predominantemente glicina, ácido aspártico y glutámico (SHASHKINA & al., 2006). El selenio, un compuesto que es abundante en otros hongos -*Albatrellus pes-caprae*, *Boletus edulis* (FALANDYSZ, 2008)- solamente se ha encontrado en cantidades muy pequeñas (SHASHKINA & al., 2006).

La composición en triterpenos depende del lugar donde crezca el hongo y de las condiciones ambientales. Los más abundantes son el lanosterol e inotodiol (KOYAMA & al., 2008), aunque en cultivos miceliares es el ergosterol el que presenta una mayor concentración (ZHENG & al., 2007). También se han extraído a bajas concentraciones ergosterol, fungisterol y ácido trameténico (KAHLOS, 1994; KOYAMA & al., 2008) y otros terpenos (HE & al., 2000, 2001; YUSOO & al., 2002, NAKATA & al., 2007, 2009; SHIN & al. 2001; TAJI & al., 2007, 2008; ZHONG & al., 2009).

De la fase estéril de *Inonotus obliquus* se ha obtenido betulina, que se puede convertir fácilmente en ácido betulínico, un compuesto farmacológicamente más activo (YIN & al., 2008). Se ha detectado la presencia de melanina en el micelio del hongo (BABITSKAYA & al., 2000).

Se han encontrado otros componentes bioactivos: ácido agarícico, ácido siríngico, ácido vanillico y glicirrizina (KOYAMA & al., 2008).

ACCIÓN FARMACOLÓGICA

“(…) arrancar la chaga, desmenuzarla, cocerla al fuego de la hoguera, beberla y curarse como lo haría cualquier animal” (SOLZHENITSYN, 1971).

El chaga pertenece al grupo de las sustancias naturales conocidas como adaptógenos que proporcionan al cuerpo nutrientes especiales que ayudan al cuerpo para adaptarse a condiciones de stress.

Efecto antitumoral

Desde hace tiempo se conoce que los polisacáridos presentes en los hongos actúan como inhibidores del crecimiento de tumores y moduladores de la respuesta inmune. Hongos basidiomicetos como *Ganoderma lucidum*, *Grifola frondosa*, *Lentinula edodes*, *Poria cocos*, *Schizophyllum commune* y *Trametes versicolor*, poseen β -glucanos con capacidad antitumoral e inmunomoduladora (SMITH, 2002).

El chaga se ha consumido tradicionalmente para prevenir el cáncer, siendo más efectivo cuando se toma en las primeras fases de desarrollo de las enfermedades tumorales (KAHLOS, 1994). En 1955 fue reconocido por la "Russian Medical Research Council" para el tratamiento de tumores, especialmente gástricos y de pulmones (PEGLER, 2001).

Distintos extractos acuosos obtenidos del chaga han sido añadidos a cultivos de células humanas cancerígenas comprobando su actividad antimetabólica (BURCZYK & al., 1996; RZYMOWSKA, 1998) y su efecto inhibidor sobre el crecimiento celular, por tener un efecto citotóxico (CHA & al., 2004) o por inducción de la apoptosis (CHEN & al., 2007; YOUN & al., 2009).

A partir de micelio de *Inonotus obliquus* se han extraído endopolisacáridos que han demostrado tener efecto antitumoral e inmunomodulador sobre linfocitos B y macrófagos de ratón (KIM, 2005, 2006; SONG & al., 2008; YOUN & al., 2008).

La capacidad anticancerígena también está presente en los triterpenos y esteroides y ha sido probada in vitro en células de ratas y humanas (KAHLOS, 1994) e in vivo en ratones (NAKATA & al., 2007; TAJI & al., 2008). El compuesto con mayor efecto antitumoral es el inotodiol (KAHLOS, 1994; NAKATA & al., 2007), con el cuál se ha visto que inhibe la proliferación de células de ratones con leucemia, induciendo a la apoptosis por activación de las enzimas caspasas (NOMURA & al., 2008). Igualmente, se ha

demostrado que un extracto de chaga disuelto en agua caliente tiene actividad antitumoral contra las células HT-29 de cáncer colorectal al inducirles la apoptosis (LEE & al., 2009).

En todos los experimentos realizados se han usado extractos del hongo que eran disueltos en agua o en algún solvente orgánico (como etanol o metanol). Un reciente experimento que demostró la eficacia de *Inonotus obliquus* como anticancerígeno, se realizó suministrando polvo seco muy fino procedente de chaga deshidratado en la comida de ratones a los que se indujo melanomas. Al final del experimento se vió que la tasa de supervivencia era mucho mayor en los ratones alimentados con pienso con chaga que en los que se alimentaron con pienso estándar (KIM & al., 2009).

Efecto antioxidante

Se ha demostrado in vitro la capacidad antioxidante de *Inonotus obliquus* sobre el DNA de linfocitos humanos que fueron tratados con un extracto obtenido a partir de chaga natural y de micelio (PARK & al., 2004, 2005). Posteriormente se evaluó en un cultivo de células humanas de la epidermis, una mezcla de polifenoles y de polisacáridos solubles en agua, obtenida de extractos del hongo (CUI & al., 2005). La capacidad antioxidante parece que se debe a los triterpenoides y esteroides (lanosterol, inotodiol, ácido trametenólico y ergosterol peróxido) los cuales poseen radicales libres (CUI & al., 2005).

Estudios más recientes han encontrado que distintos componentes fenólicos (LEE & al., 2007; NAKAJIMA & al., 2007; ZHENG & al., 2008, 2009; LIANG & al., 2009) y polisacáridos (SONG & al., 2008) presentes en *Inonotus obliquus* tienen propiedades antioxidantes.

Ya se ha mencionado la presencia de otro agente protector de la luz ultravioleta y uno de los antioxidantes más poderosos para proteger la piel de los radicales libres, como es la melanina, en cultivos miceliares de *Inonotus obliquus* (BABITSKAYA & al., 2000; KUKULYANSKAYA & al., 2002).

Otros efectos terapéuticos

El extracto acuoso de chaga ha demostrado inhibir la acción de las proteasas del virus

INTERÉS MEDICINAL DEL CHAGA (*INONOTUS OBLIQUUS*)



Fig. 5. Distintas presentaciones con las que se comercializa el “chaga”.

VIIH-1 (ICHIMURA & *al.*, 1998). También se han efectuado tests, con resultado positivo, para evaluar la actividad antiviral de extractos del hongo contra el virus humano de las gripes A y B (KAHLOS, 1996). Igualmente se le administró a ratas hipertensas y se apreció un beneficio en la función cardiovascular (KOYAMA & *al.*, 2006).

Un extracto de *Inonotus obliquus* disuelto en metanol se ha administrado a ratas comprobándose su efecto analgésico y antiinflamatorio (PARK & *al.*, 2005). Esto último se ha vuelto a comprobar recientemente in vitro (VAN & *al.*, 2009).

Se ha demostrado que extractos acuosos de chaga han tenido beneficios en poblaciones de

ratones a los que se suministró una dieta rica en grasas (SOH & *al.*, 2008). Los terpenoides y esteroides presentes en *Inonotus obliquus* han mostrado tener actividad antihiper glucémica en ratas con diabetes (SUN & *al.*, 2008; LU & *al.*, 2010).

A partir de un extracto de agua y etanol de *Inonotus obliquus* se ha obtenido un péptido que ha resultado tener un efecto positivo sobre la agregación de las plaquetas en sangre humana (HYUN & *al.*, 2006).

La betulina y especialmente el ácido betulínico presentes en el chaga tiene numerosas propiedades farmacológicas: antitumorales, antivirales, antibacterianas, antiinflamatorias y contra la malaria (ALAKURTTI & *al.* 2006).

COMERCIALIZACIÓN

La mayor parte del chaga que se comercializa proviene de China (Herb & Health Product Company, Hangzhou New Asia International Co. Ltd.), Corea (Hunchun Green Island Pharmaceutical Co., Ltd.), Rusia (por la compañía Limonnik Co.Ltd.) y Canadá (Chatham biotec Ltd.). A través de páginas de Internet se puede encontrar el extracto líquido conocido con el nombre de befunginum o simplemente extracto de chaga. También se comercializa en forma de cápsulas (ChagaBetula©) o bolsitas de té (Hunchun Green Island Pharmaceutical Co., Ltd.).(Fig. 5).

Actualmente también se usa en cosmética, bien en cremas (la crema para la cara “Plantidote Mega-Mushroom Face Cream” está fabricada con *Hypsizigus ulmarius* y chaga) o jabones (“Facial scrub gel & Mask. Chaga mushroom & Lemon”, es un jabón 99,9% natural que presenta en su composición chaga, indicado para pieles grasas; “Chaga sulfer soap” es otro jabón comercializado en Corea).

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer al Servicio de Acceso al Documento de la Universidad de Alcalá la localización de alguna de las fuentes bibliográficas consultadas. También quiero agradecer al Dr. J. Piqueras la lectura del manuscrito original.

BIBLIOGRAFÍA

- ALAKURTI S., T. MÄKËLA, S. KOSKIMIES & J. YLI-KAUHAULOMA (2006). Pharmacological properties of the ubiquitous natural product betulin. *Eur. J. Pharm. Sci.* 29: 1-13.
- BABITSKAYA V.G., V.V. SHCHERBA & N.V. IKONNIKOVA (2000). Melanin complex of the fungus *Inonotus obliquus*. *Appl. Biochem. Microbiol.* 36: 377-381.
- BREITENBACH J. & F. KRÄNZLIN (1986). *Champignons de Suisse. Tome 2. Champignons sans lames*. Edition Mykologia, Lucerne.
- BURCZYK J., A. GAWRON, M. SLOTWIN-SKA, B. SMETANA & K. TERMINSKA (1996). Antimitotic activity of aqueous extracts of *Inonotus obliquus*. *Boll. Chim. Farm.* 135: 306-309.
- CANNON P.F. & P.M. KIRK (2007). *Fungal families of the world*. Wallingford, Oxfordshire, UK. CAB International.
- CERNY A. (1979). *Inonotus obliquus* (Pers. ex Fr.) Pilat. *Doc. Mycol.* 10: 30-34.
- CHA J.Y., B.S. JEON, J.C. MOON, J.H. YOO & Y.S. CHO (2004). Cytotoxic effect of *Inonotus obliquus* composition in HCT-15 human colon cancer cells and AGS gastric cancer cells. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 33: 633-640.
- CHEN C.F., W. ZHENG, X. GAO, X. XIANG, D. SUN, J. WEI & C. CHU (2007). Aqueous extract of *Inonotus obliquus* (Fr.) Pilát (Hymenochaetaeae) significantly inhibits the growth of sarcoma 180 by inducing apoptosis. *Amer. J. Pharmacol. Toxicol.* 2: 10-17.
- CUI Y., D.S. KIM & K.C. PARK (2005). Antioxidant effect of *Inonotus obliquus*. *J. Ethnopharmacol.* 96: 79-85.
- DUNN E. (1973). Russian use of *Amanita muscaria*: a footnote to Wasson's Soma. *Curr. Anthropol.* 14: 488-492.
- FALANDYSZ, J. (2008). Selenium in edible mushrooms. *J. Environm. Sci. Health., C* 26: 256-299.
- HANDA N., T. YAMADA & R. TANAKA (2010). An unusual lanostane-type triterpenoid, spiroinonotsuoxodiol, and other triterpenoids from *Inonotus obliquus*. *Phytochemistry* 71: 1774-1779.
- HE J., X.Z. FENG, B. ZHAO & Y. LU (2000). Triterpenoids from *Fuscoporia obliqua*. *Chi. Chem. Lett.* 11: 45-48.
- HE J., X.Z. FENG, Y. LU & B. ZHAO (2001). Three new triterpenoids from *Fuscoporia obliqua*. *J. Asian. Nat. Prod. Res.* 3: 55-61.
- HOBBS C. (1995). *Medicinal mushrooms. An exploration of tradition, healing, & culture*. Botanica Press, Santa Cruz, California.
- HYUN K.W., S.C. JEONG, D.H. LEE, J.S. PARK & J.S. LEE (2006). Isolation and characterization of a novel platelet aggregation inhibitory peptide from the medicinal mushroom, *Inonotus obliquus*. *Peptides* 27: 1173-1178.

- ICHIMURA T., O. WATANABE & S. MARUYAMA (1998). Inhibition of HIV-1 protease by water-soluble lignin-like substance from an edible mushroom, *Fuscoporia obliqua*. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 62: 575-577.
- KAHLOS K. (1994). *Inonotus obliquus* (Chaga Fungus): in vitro culture and the production of inotodiol, sterols, and other secondary metabolites. En: Bajaj Y.P.S. (Eds.). *Biotechnol. agric. forestry* 26: 179-198.
- KAHLOS K., A. LESNAU, W. LANGE & U. LINDEQUIST (1996). Preliminary tests of antiviral activity of two *Inonotus obliquus* strains. *Fitoterapia* 67: 344-347.
- KIM Y.K., S.B. HAN, H.W. LEE, H.J. AHN, Y.D. YOON, J.K. JUNG, H.M. KIM & C.O. SHIN (2005). Immuno-stimulating effect of the endo-polysaccharide produced by submerged culture of *Inonotus obliquus*. *Life Sci.* 77: 2438-2456.
- KIM Y.K., H.W. PARK, J.H. KIM, J.Y. LEE, S.H. MOON & C.S. SHIN (2006). Anti-cancer effect and structural characterization of endo-polysaccharide from cultivated mycelia of *Inonotus obliquus*. *Life Sci.* 79: 72-80.
- KIM D.H., Y.C. TENG, Y.S. YOON, X.F. QI, H.S. JEONG, B.S. CHANG & K.J. LEE (2009). The anticancer effect of *Inonotus obliquus* Pilat (Chaga) processed by Nanomill Technology in vivo. *Korean J. Microscopy* 39: 125-132.
- KOYAMA T., A. TAKA & H. TOGASHI (2006). Cardiovascular effects produced by a traditional fungal medicine, *Fuscoporia obliqua* extract, and microvessels in the left ventricular wall of stroke-prone spontaneously hypertensive rat (SHRSP). *Clin. Hemorheol. Microcirculation* 35: 491-498.
- KOYAMA T., Y. GU & A. TAKA (2008). Fungal medicine, *Fuscoporia obliqua*, as a traditional herbal medicine: its bioactivities, in vivo testing and medicinal effects. *Asian Biomed.* 2: 459-469.
- KUKULYANSKAYA T.A., N.V. KURCHENKO, V.P. KURCHENKO & V.G. BABITSKAYA (2002). Physicochemical properties of melanins produced by the sterile form of *Inonotus obliquus* ("Chagi") in natural and cultivated fungus. *Appl. Biochem. Microbiol.* 38: 58-61.
- LEE I.K., Y.S. KIM, Y.W. JANG, J.Y. JUNG & B.S. YUN (2007). New antioxidant polyphenols from the medicinal mushroom *Inonotus obliquus*. *Bioorg Med Chem Lett.* 17: 6678-6681.
- LEE M.W., H. HUR, K.C. CHANG, T.S. LEE, K.H. KA & L. JANKOVSKY (2008). Introduction to distribution and ecology of sterile conks of *Inonotus obliquus*. *Mycobiol.* 36: 199-202.
- LEE S.H., H.S. HWANG & J.W. YUN (2009). Antitumor activity of water extract of a mushroom, *Inonotus obliquus*, against HT-29 human colon cancer cells. *Phytother. Res.* 23: 1784-1789.
- LIANG L., Z. ZHANG & H. WANG (2009). Antioxidant activities of extracts and subfractions from *Inonotus obliquus*. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 60: 175-184.
- LINDEQUIST U., T.H.J. NIEDERMEYER & W.D. JULICH (2005). The pharmacological potential of mushrooms. *Evidence-based compl. and Alt. medicine* 2: 285-299. Disponible en: <http://ecam.oxfordjournals.org/cgi/content/full/2/3/285>.
- LU X., H. CHEN, P. DONG, L. FU & X. ZHANG (2010). Phytochemical characteristics and hypoglycaemic activity of fraction from mushroom *Inonotus obliquus*. *J. Sci. Food Agric.* 90: 276-280.
- NAKAJIMA Y., Y. SATO & T. KONISHI (2007). Antioxidant small phenolic ingredients in *Inonotus obliquus* (Persoon) Pilat (Chaga). *Chem. Pharm. Bull.* 55: 1222-1226.
- NAKATA T., T. YAMADA, S. TAJI, H. OHISHI, S. WADA, H. TOKUDA, K. SAKUMA & R. TANAKA (2007). Structure determination of inonotsuoxides A and B and in vivo anti-tumor promoting activity of inotodiol from the sclerotia of *Inonotus obliquus*. *Bioorg. Med. Chem.* 15: 257-264.
- NAKATA T., S. TAJI, T. YAMADA & R. TANAKA (2009). New lanostane triterpenoids, Inonotsutriols D, and E from *Inonotus obliquus*. *Bull. Osaka Univ. Pharm. Sci.* 3: 53-64.

- NOMURA M., T. TAKAHASHI, A. UESUGI, R. TANAKA & S. KOBAYASHI (2008). Inotodiol, a lanostane triterpenoid, from *Inonotus obliquus* inhibits cell proliferation through caspase-3-dependent apoptosis. *Anticancer Res.* 28: 2691-2696.
- PARK Y.K., H.B. LEE, E.J. JEON, H.S. JUNG & M.H. KANG (2004). Chaga mushroom extract inhibits oxidative DNA damage in human lymphocytes as assessed by comet assay. *BioFactors* 21: 109-112.
- PARK Y.K., J.H. WON, Y.H. KIM, J.W. CHOI, H.J. PARK & K.T. LEE (2005). In vivo and in vitro anti-inflammatory and anti-nociceptive effects of the methanol extract of *Inonotus obliquus*. *J. Ethno-Pharmacol.* 101: 120-128.
- PARK E., K.I. JEON & B.H. BYUN (2005). Ethanol extract of *Inonotus obliquus* shows antigenotoxic effect on hydrogen peroxide induced DNA damage in human lymphocytes. *Cancer Prev. Res.* 10: 54-59.
- PEGLER, D.N. (2001). Useful fungi of the world: Amadou and Chaga. *Mycologist.* 15: 153-154.
- PELÁEZ, F., J. COLLADO & G. MORENO (2006). Metabolitos secundarios con actividad biológica en basidiomicetos recogidos en España. *Bol. Soc. Micol. Madrid* 30: 323-365.
- PILÁT, A. (1936). *Atlas des champignons de l'Europe. Tomo III. Polyporaceae I y II.* Musée National à Prague.
- RYVARDEN, L. (2005). *The genus Inonotus a synopsis. Synopsis Fungorum, 21.* Fungiflora, Oslo.
- RYVARDEN, L. & R.L. GILBERTSON (1993). *European Polypores. Part 1 Abortiporus-Lindtneria.* Fungiflora, Oslo.
- RZYMOWSKA, J. (1998). The effect of aqueous extracts from *Inonotus obliquus* on the mitotic index and enzyme activities. *Boll. Chim. Farm.* 137: 13-15.
- SAAR, M. (1991). Fungi in Khanty folk medicine. *J. Pharmacol.* 31: 175-179.
- SHASHKINA M.Y., P.N. SHASHKIN & A.V. SERGEEV (2006). Chemical and medicobiological properties of chaga (review). *Pharm. Chem. J.* 40: 560-568.
- SHIN Y., Y. TAMAI & M. TEREZAWA (2001). Chemical constituents of *Inonotus obliquus* IV. *Eur. J. For. Res.* 2: 27-30.
- SHIN Y., Y. TAMAI & M. TEREZAWA (2001). Chemical constituents of *Inonotus obliquus* II: a new triterpene, 21,24-cyclopentalanosta-3 β ,21,25-triol-8-ene from sclerotium. *J. Wood Sci.* 47: 313-316.
- SHIN Y., Y. TAMAI & M. TEREZAWA (2002). Triterpenoids, steroids, and a new sesquiterpen from *Inonotus obliquus* (Pers.:Fr.) Pilat. *Int. J. Med. Mushrooms* 4: 77-84.
- SMITH I.M., J. DUNEZ, D.H. PHILLIPS, R.A. LELLIOTT & S.A. ARCHER (1992). *Manual de enfermedades de las plantas.* Ediciones Mundi- Prensa, Madrid.
- SMITH J., N. ROWAN & R. SULLIVAN (2002). Medicinal mushrooms: their therapeutic properties and current medical usage with special emphasis on cancer treatments. University of Strathclyde. Disponible en: <http://www.psymn.net/books/Medicinal%20Mushrooms%20-%20Cancer%20treatments.pdf>
- SOH J.R., Y.J. MOON, Y.S. JEONG & Y.S. CHA (2008). Antiobesity and lipid profile improvement with *Inonotus obliquus* extract supplementation in C57BL/6J mice with high fat diet induced obesity. *The FASEB Journal* 22:702.17-702. Disponible en: http://www.fasebj.org/cgi/content/meeting_abstract/22/1_Meeting_Abstracts/702.17
- SOLZHENITSYN A. (1971). *El pabellón del Cáncer.* Ed. Aguilar.
- SONG Y, J. HUI, W. KOU, R. XIN, F. JIA, N. WANG, F. HU, H. ZHANG & H. LIU. (2008). Identification of *Inonotus obliquus* and analysis of antioxidation and antitumor activities of polysaccharides. *Curr Microbiol.* 57: 454-462.
- SUN J.E., Z.H. AO, Z.M. LU, H.Y. XU, X.M. ZHANG, W.F. DOU & Z.H. XU (2008). Antihyperglycemic and antilipidperoxidative effects of dry matter of culture broth of *Inonotus obliquus* in submerged culture on normal and alloxan-diabetes mice. *J. Ethno-Pharmacol.* 118: 7-13.
- TAJI S., T. YAMADA, I.N. YASUKO, S. WADA, Y. USAMI, K. SAKUMA & R. TANAKA (2007). Three new lanostane triterpenoids

- from *Inonotus obliquus*. *Helv. Chim. Acta* 90: 2047-2057.
- TAJI S., T. YAMADA & R. TANAKA (2008). Three new lanostane triterpenoids, inonotsutriols A, B, and C, from *Inonotus obliquus*. *Helv. Chim. Acta* 91: 1513-1524.
- TAJI S., T. YAMADA, S. WADA, H. TOKUDA, K. SAKUMA & R. TANAKA (2008). Lanostane-type triterpenoids from the sclerotia of *Inonotus obliquus* possessing anti-tumor promoting activity. *Eur. J. Med. Chem.* 43: 2373-2379.
- VAN Q., B.N. NAYAK, M. REIMER, P.J.H. JONES, R.G. FULCHER & C.B. REMPEL (2009). Anti-inflammatory effect of *Inonotus obliquus*, *Polygala senega* L., and *Viburnum trilobum* in a cell screening assay. *J. Ethnopharmacol.* 125: 487-493.
- WASSER S.P. (2002). Medicinal mushrooms as a source of antitumor and immunomodulating polysaccharides. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 60: 258-274.
- YIN Y., Y. CUI & H. DING (2008). Optimization of betulin extraction process from *Inonotus obliquus* with pulsed electric fields. *Innovat. Food Sci. Emerg. Tech.* 9: 306-310.
- YOUN M.J., J.K. KIM, S.Y. PARK, Y. KIM, S.J. KIM, J.S. LEE, K.Y. CHAI, H.J. KIM, M.X. CUI, H.S. SO, K.Y. KIM & R. PARK (2008). Chaga mushroom (*Inonotus obliquus*) induces G0/G1 arrest and apoptosis in human hepatoma HepG2 cells. *World J Gastroenterol.* 28: 511-517.
- YOUN M.J., J.K. KIM, S.Y. PARK, Y. KIM, C. PARK, E.S. KIM, K.I. PARK, H.S. SO & R. PARK (2009). Potential anticancer properties of the water extract of *Inonotus obliquus* by induction of apoptosis in melanoma B16-F10 cells. *J. Ethnopharmacol.* 121: 221-228.
- ZABEL R.A. (1976). Basidiocarp development in *Inonotus obliquus* and its inhibition by stem treatments. *Forest Sci.* 22: 431-437.
- ZHANG M., S.W. CUI, P.C.K. CHEUNG & Q. WANG (2007). Antitumor polysaccharides from mushrooms: a review on their isolation process, structural characteristics and antitumor activity. *Trends Food Serv. Technol.* 18: 4-19.
- ZHENG W.F., L. TONG., X.Y. XIANG. & Q. GU. (2007). Sterol composition in field-grown and cultured mycelia of *Inonotus obliquus*. *Acta Pharm. Sinica* 42: 750-756.
- ZHENG W.F., Y.X. ZHAO, M.M. ZHANG, Z.J. YIN, C.F. CHEN & Z.W. WEI (2008). Phenolic compounds from *Inonotus obliquus* and their immune-stimulating effects. *Mycosist.* 27: 574-581.
- ZHENG W., M. ZHANG, Y. ZHAO, Y. WANG, K. MIAO & Z. WEI (2009). Accumulation of antioxidant phenolic constituents in submerged cultures of *Inonotus obliquus*. *Biores. Technol.* 100: 1327-1335.
- ZHONG X.H., K. REN, S.J. LU, S.Y. YANG & D.Z. SUN (2009). Progress of research on *Inonotus obliquus*. *Chin. J. Integr. Med.* 15: 156-160.
- ZJAWIONY J.K. (2004). Biologically active compounds from Aphyllphorales (Polypore) fungi. *J. Nat. Prod.* 67: 300-310.