

3.4 *AGARICUS SUBRUFESCENS* UN HONGO COMESTIBLE Y MEDICINAL DE GRAN POTENCIAL EN MÉXICO

Gerardo Mata*, Jean Michel Savoie**

*Instituto de Ecología, A.C. Carretera Antigua a Coatepec No. 351, El Haya, Xalapa 91070, Veracruz México.

**INRA, Bordeaux, BP 81 Villenave d'Ornon Cedex, Francia
gerardo.mata@inecol.edu.mx

RESUMEN

Agaricus subrufescens (= *A. blazei*) es un hongo comestible y medicinal que actualmente es considerado como un “hongo gourmet”. Durante la década de 1970 se colectaron ejemplares en Brasil y se les consideró como pertenecientes a la especie *A. blazei*. Según reportes obtenidos de algunos nativos del área, se consideraba que quienes consumían regularmente este hongo presentaban una baja incidencia de algunas enfermedades típicamente presentes en adultos. Este fenómeno motivó la realización de diversas investigaciones con cepas obtenidas de Brasil que confirmaron que este hongo activa significativamente el sistema inmune. *A. subrufescens* se comercializa actualmente con varios nombres, entre los que se incluyen cogumelo de vida, himematsutake, agarico de sol real y hongo almendra. Uno de los principales atractivos del cultivo de *A. subrufescens* es su capacidad para crecer en temperaturas relativamente altas, lo cual potenciaría diferentes zonas de México para su cultivo. Se presenta un análisis actual sobre su biología y se discute sobre la posibilidad de implementar su cultivo en México.

Palabras clave: *Agaricus brasiliensis*, *A. blazei*, cogumelo de vida, hongo almendra, hongo del sol, himematsutake, hongos nutraceuticos.

INTRODUCCIÓN

La salud y la sustentabilidad se han convertido definitivamente en una estrategia actual de la agricultura ya que un creciente número de consumidores demandan productos saludables. La competencia entre la producción de alimento para consumo humano y animal, la producción de biocombustibles, fibras etc., ejercen una enorme presión sobre los recursos agrícolas que comienzan a verse afectados además por el cambio climático, los largos períodos de sequía y la pérdida de la biodiversidad. Por otra parte las industrias que producen suplementos alimenticios saludables y cosméticos, están en busca de nuevos recursos provenientes de la agricultura orgánica que puedan ser incorporados como nuevos productos.

Los hongos llamados “gourmet” (por sus propiedades tanto nutritivas como medicinales) pueden contribuir al desarrollo de una nueva cultura dirigida a las demandas del consumidor que exige cada vez más productos orgánicos. El uso de los hongos por el hombre se remonta hasta los tiempos del paleolítico (Peintner *et al.* 1998). Los hongos se han consumido no sólo como parte de la dieta normal sino también como alimentos especiales debido a su sabor y delicado aroma. Actualmente el consumo de hongos con propiedades terapéuticas crece día con día y la oferta de los productos obtenidos a partir de estos organismos es cada vez mayor. Algunos de los más importantes hongos comestibles y medicinales consumidos en la actualidad son miembros del género *Agaricus*, el cual agrupa a hongos saprófitos que actúan como descomponedores secundarios del humus de los bosques y prados. Una vez que se ha entendido el valor de reciclar los residuos a través de la utilización de hongos conocidos como “gourmet”, se generan nuevas oportunidades económicas que son consideradas como

ambientalmente positivas. El objetivo de este trabajo es dar a conocer información básica sobre el hongo comestible y medicinal *Agaricus subrufescens*, una especie de gran potencial para su cultivo en México.

AGARICUS SUBRUFESCENS, UN HONGO GOURMET

Agaricus subrufescens Peck (= *A. blazei* Murrill) originario de Brasil, es un hongo cultivado que actualmente es utilizado y estudiado por sus propiedades medicinales y terapéuticas (Mizuno *et al.* 1990, Wasser *et al.* 2002, Lee *et al.* 2003, Takimoto *et al.* 2004, Kobayashi *et al.* 2005, Angeli *et al.* 2006, Amazonas 2007). Algunos campesinos de Piedade (interior del Estado de Sao Paulo, en Brasil) reportaron que el hongo fue enviado a Japón en la década de los 60's con fines de estudiar sus propiedades medicinales (de Mendonça *et al.* 2005) ya que se consideraba que quienes consumían regularmente el hongo presentaban una baja incidencia de algunas enfermedades típicas de adultos. Este fenómeno motivó la realización de diversas investigaciones con cepas obtenidas de Brasil que confirmaron que este hongo activa significativamente el sistema inmune. A partir de la obtención de muestras de Brasil, los micólogos japoneses fueron pioneros en el cultivo de esta especie en los 1970's y de su acreditación para colocarla a la vanguardia. Su principal mercado es Japón, donde tiene una excelente reputación como uno de los más caros de todos los hongos medicinales y comestibles (de Mendonça *et al.* 2005). En la última década, el hongo ha sido estudiado como un nuevo alimento funcional en Japón, Corea, China y Taiwán. Se ha convertido en el centro de una industria de 500 millones de euros en Japón desde 1995. El cultivo comercial en América del Norte acaba de iniciar y es muy escaso en Europa, pero las plantas productoras se están construyendo en respuesta a la demanda. Actualmente *A. subrufescens* se considera como uno de los hongos en la categoría más alta de los llamados hongos gourmet y medicinales. Dadas las características de esta importante especie, se espera un aumento significativo en su demanda en los próximos años, tanto en Europa como en Norte América, tanto para su uso como hongo gourmet como en la industria farmacéutica y cosmética. Con el fin de mostrar el creciente interés científico sobre el conocimiento de esta importante especie, se realizó una consulta de los artículos publicados (ISI Web of Science) sobre *A. blazei* a partir de 1989. Es interesante resaltar que más de 60% de los 271 artículos encontrados sobre este hongo, fueron publicados durante los últimos 5 años, los equipos de investigación científica de Asia y Brasil producen 90% de esta literatura. Del total de los trabajos, sólo 6 artículos fueron clasificados con la palabra "micología", mientras que biotecnología, farmacología, medicina y ciencias de los alimentos fueron las principales áreas. Por su parte el área de la toxicología representa 9%. Todos los trabajos se realizaron con cepas comerciales disponibles en el mercado y sólo un escaso número de autores investigaron acerca de la variabilidad de las propiedades que dependen del genotipo y la plasticidad de las condiciones de cultivo. En las únicas tres publicaciones recientes sobre la variabilidad genética de las cepas de uso comercial de *A. blazei* (Fukuda *et al.* 2003, Mahmud *et al.* 2007, Tomizawa *et al.* 2007), se estudiaron solo entre 8 y 9 cepas de las cuales entre 6 y 8 fueron consideradas aisladas del mismo origen o clones.

NOMENCLATURA, BIOLOGÍA Y GENÉTICA DE *A. SUBRUFESCENS*

Agaricus subrufescens (= *A. blazei*) fue descrito por el botánico estadounidense Charles Horton Peck en 1893. Esta especie se cultivó para consumo humano en los Estados Unidos a finales del siglo XIX y principios del XX. Sin embargo, después fue reemplazada por el champiñón (*A. bisporus*) (Kerrigan 2005). Actualmente *A. subrufescens* se comercializa con varios nombres, entre los que se incluyen ABM (abreviatura en inglés de *A. blazei* mushroom), cogumelo de vida, himematsutake, hongo del sol real y hongo almendra.

Durante la década de 1970 se colectaron ejemplares en Brasil y se les consideró como una nueva especie: *A. blazei*. Sin embargo, Wasser *et al.* (2002) rechazaron el nombre de *A. blazei* y llamaron a los hongos prove-

nientes de Brasil *Agaricus brasiliensis*. Kerrigan (2005) rechazó esta nomenclatura basándose en pruebas de fertilidad realizadas entre varias cepas. Las muestras de *A. blazei* y *A. brasiliensis* fueron genéticamente similares e interfértiles con cepas de una población estadounidense de *A. subrufescens* y otra europea de cepas que se habían denominado como *A. rufotegulis* y que había sido cultivada de manera experimental en Francia (Brian *et al.* 1981). En virtud de que *A. subrufescens* es el nombre más antiguo, tiene prioridad taxonómica. La reconstrucción filogenética de cada una de las secciones del género *Agaricus*, basada en el análisis de los ITS1+2, se inició en 2003 y actualmente se tienen avances significativos (Kerrigan *et al.* 2006, 2008). Se han colectado ejemplares de *Agaricus* en distintos países (Francia continental e islas francesas del Caribe, Grecia, España, Italia, Bélgica, Portugal, Rusia, México, EUA y Brasil) lo que ha permitido aumentar, en las secciones estudiadas, el número de especies conocidas en aproximadamente 30% (Callac y Guinberteau 2005). *A. subrufescens* pertenece a la sección Arvenses y aunque no se ha confirmado su presencia en México, es posible que la especie se encuentre silvestre en regiones subtropicales. La cooperación franco-mexicana ha generado resultados interesantes en esta área, además de corroborar la presencia de poblaciones silvestres de *A. bisporus* (Mata *et al.* 2002), se han descrito dos nuevas especies de este importante género: *A. tollocanensis* (Callac y Mata 2005) y *A. tlaxcalensis* (Kerrigan *et al.* 2008). La obtención de cepas silvestres mexicanas será de mucha utilidad para los estudios filogenéticos de *A. subrufescens*.

Recientemente se ha obtenido una cepa híbrida como resultado de la cruce de germoplasma proveniente de Brasil y cultivado comercialmente en Japón con una cepa aislada de California, EUA (Kerrigan 2005). Esta cepa híbrida presenta fructificación temprana, hongos de buen tamaño y apariencia y alta productividad (Kerrigan y Wach 2008). La segregación de alelos durante la esporulación, ha demostrado que en los núcleos de las esporas se presenta meiosis, recombinación y partición nuclear, lo que produce tanto esporas heterocarióticas como homocarióticas, mientras que otras pueden ser homoalélicas. Se concluye entonces que *A. subrufescens* tiene un ciclo de vida anfítalico. Sin embargo, este esquema no está presente en todas las condiciones de cultivo y se sospecha que pueden coexistir diferentes ciclos de vida. Esta peculiar característica, presente también en *A. bisporus*, ha permitido el desarrollo de estrategias para realizar programas de entrecruzamiento utilizando el fenómeno Buller, para la obtención de nuevos híbridos con características cualitativas interesantes (Callac *et al.* 2006, 2008).

ECOLOGÍA DEL DESARROLLO Y AGRONOMÍA

El cultivo de *A. subrufescens* bajo condiciones ambientales controladas puede producir entre 4 y 5 cosechas (espaciadas de 3 a 5 días) en un ciclo de cultivo de aproximadamente 100 días después de la siembra, con una producción de entre 16 y 28 Kg de hongos frescos por cada 100 Kg de sustrato (de Andrade *et al.* 2007, Figura 1). Los sustratos de cultivo utilizados reciben un tratamiento de compostaje y muchas de las técnicas de cultivo de *A. subrufescens* se han derivado de las utilizadas en el cultivo del champiñón, *A. bisporus*. A pesar de que *A. subrufescens* se cultiva de manera comercial, se conoce muy poco sobre el sistema ligninolítico de este hongo (Ullrich *et al.* 2005). Se requiere investigar acerca de las enzimas producidas durante el ciclo de cultivo así como de sus propiedades bioquímicas con el fin de determinar la capacidad de degradación de esta especie. Uno de los principales atractivos del cultivo de *A. subrufescens* es su capacidad para crecer en temperaturas relativamente altas, lo cual potenciaría diferentes zonas de México para la introducción de esta especie. La temperatura óptima para el crecimiento micelial de *A. subrufescens* es de 25-28°C, mientras que la fructificación se desarrolla entre 22 y 25°C. Muchas de sus plagas y enfermedades son compartidas con *A. bisporus* (de Andrade *et al.* 2007).

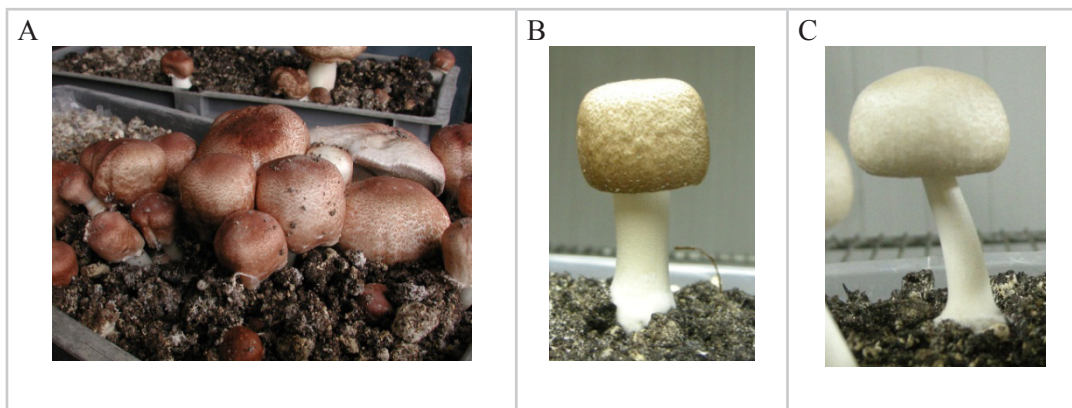


Figura 1. Cultivo experimental de *Agaricus subrufescens* en compost. A) Ejemplares en diferente estado de maduración, B) variedad típica, C) variedad atípica.

Las cepas que se cultivan están circulando a través de colecciones privadas y en lo general no son de fácil acceso. La mayoría de las cepas provienen de Brasil y se han perfeccionado en los laboratorios japoneses y chinos. *A. subrufescens* puede crecer en zonas con temperatura cálida, lo que lo convierte en un candidato ideal para el cultivo al aire libre en las regiones subtropicales durante los meses más cálidos. Bajo condiciones controladas también se puede cultivar en regiones templadas del mundo.

PERSPECTIVAS

El cultivo de *A. subrufescens* en México puede ser exitoso en virtud de que se trata de un hongo nutracéutico que además podría servir como fuente de bioproductos. El cultivo de este hongo valorizará el uso de algunos materiales lignocelulósicos que son abundantes en nuestro país. Será necesario realizar investigaciones que contemplen la evaluación de sustratos apropiados para producir un compost adecuado con la estructura y nutrientes apropiados para el desarrollo del hongo. El bagazo de caña que podría ser un buen elemento para iniciar la experimentación dada su riqueza nutritiva y abundancia en el territorio nacional. Se requiere sin embargo, profundizar en el conocimiento de la biología de esta especie con un enfoque multidisciplinario, lo que permitirá utilizar la variabilidad intraespecífica de las cepas existentes con el fin obtener los productos que demanda el mercado.

El cuello de botella para el desarrollo a mayor escala de la tecnología para el cultivo de diversas especies de *Agaricus* se debe a la carencia de conocimiento en tres aspectos fundamentales de la biología de la mayor parte de las especies de interés potencial: 1) ciclo de vida y genética, 2) factores y mecanismos responsables de la inducción de la fructificación y el desarrollo del cuerpo fructífero y 3) producción y composición de metabolitos y propiedades toxicológicas y farmacéuticas. Estos tres puntos se deben estudiar teniendo en cuenta la variabilidad intraespecífica para garantizar la calidad de los hongos que serán producidos y para poder vislumbrar el mejoramiento genético de las cepas que se destinarán al cultivo comercial. En este sentido es primordial la obtención de cepas adaptadas a los sustratos potenciales de cultivo existentes en el país, a los distintos tipos de manejo a que sean sometidas así como a las condiciones climáticas de las regiones subtropicales. Si bien la presencia de *A. subrufescens* no se ha confirmado en México, las condiciones climáticas y biológicas permiten suponer que esta especie crece silvestre en el país. Por tal motivo es fundamental realizar un programa intenso de prospecciones con el fin de aislar el mayor número posible de cepas. Con un banco de germoplasma nacional se deberá iniciar un programa de hibridación y selección de nuevas cepas que deberán ser sometidas a una serie de estudios que incluyan pruebas piloto de producción a escala semi-comercial para evaluar su capacidad de adaptación a los sustratos y condiciones locales. Esta especie podría llegar a convertirse en una muy buena opción para el cultivo en zonas con temperatura relativamente altas, de ser así una buena parte del territorio nacional podría ser considerada como una opción para la instalación de plantas productoras, esta situación podría

servir como detonador para el surgimiento de plantas productoras a gran escala de hongos tropicales en México, lo que hasta la fecha ha sido muy limitado o prácticamente inexistente.

Tomando en cuenta el incremento en la demanda de los consumidores de alimentos saludables, se debe establecer una estrategia que permita posicionar rápidamente, en el mercado mexicano, a *A. subrufescens* como una especie que aporta beneficios a la salud. En virtud de que existe ya un mercado para la venta del champiñón, la producción de *A. subrufescens* podría aprovechar estos mismos canales para comercializar el producto a través de una campaña publicitaria bien diseñada. La experiencia obtenida con *A. subrufescens* sería de gran importancia, ya que es posible que en poco tiempo otras especies de hongos medicinales estén disponibles en el mercado nacional.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Instituto de Ecología AC de Xalapa, México y al INRA de Bordeaux, Francia el apoyo otorgado para realizar sus investigaciones. Este trabajo forma parte del proyecto “Biology of the gourmet and medicinal mushroom *Agaricus subrufescens*, development of its cultivation and of new products of therapeutic interest or for diseases prevention” que desarrollan los autores en el marco de la cooperación bilateral entre el CONACYT de México y la ANR de Francia.

REFERENCIAS

- Amazonas MAL de A (2007) Champignon do Brasil (*Agaricus brasiliensis*): Nutrition, Health, Market Demands and Regulatory Concerns. <http://www.mushworld.com/medicine/> (1 sur 19) 09/05/2007 09:00:32
- Angeli JP, Ribeiro LR, Gonzaga ML, Soares Sde A, Ricardo MP, Tsuboy MS, Stidl R, Knasmueller S, Linhares RE, Mantovani MS (2006) Protective effects of beta-glucan extracted from *Agaricus brasiliensis* against chemically induced DNA damage in human lymphocytes. *Cell. Biol. Toxicol.* 22:285-91.
- Brian C, Pirobe L, Guinberteau J (1981) Amélioration de différentes espèces de champignons comestibles. *Mush. Sci.* 11(2):715-723.
- Callac P, Guinberteau J (2005) Morphological and molecular characterization of two novel species of *Agaricus* section *Xanthodermatei*. *Mycologia* 97: 416-424.
- Callac P, Imbernon M, Savoie JM (2008) Outcrossing via the Buller phenomenon in a substrate simultaneously inoculated with spores and mycelium of *Agaricus bisporus* creates variability for agronomic traits. En: Lelley JI, Buswell JA (eds) *Proceedings of the Sixth International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products*. pp 113-119. GAMU, Krefeld, Germany.
- Callac P, Mata G (2005) *Agaricus tollocanensis*, une nouvelle espèce de la section *Xanthodermatei* trouvée au Mexique. *Doc. Mycol.* 33 (132): 31-35.
- Callac P, Spataro C, Caille A, Imbernon M, (2006) Evidence for outcrossing via the Buller phenomenon in a substrate simultaneously inoculated with spores and mycelium of *Agaricus bisporus*. *Appl. Environ. Microbiol.* 72:2366-2372.
- de Andrade MCN, Kopytowski J, Minhoni MTDA (2007) Productivity, biological efficiency, and number of *Agaricus blazei* mushrooms grown in compost in the presence of *Trichoderma* sp. and *Chaetomium olivacearum* contaminants. *Brazilian J. Microbiol.* 38: 243-247.
- Fukuda M, Ohno S, Kato M (2003) Genetic variation in cultivated strains of *Agaricus blazei*. *Mycoscience* 44:431-436.
- Kerrigan RW (2005) *Agaricus subrufescens*, a cultivated edible and medicinal mushroom, and its synonyms *Mycologia* 97: 12-24.
- Kerrigan RW, Callac P, Guinberteau J, Challen M, Parra LA (2006) *Agaricus* section *Xanthodermatei*: a phylogenetic reconstruction with commentary on taxa. *Mycologia* 97:1292-1315.
- Kerrigan RW, Callac P, Parra LA (2008) New and rare taxa in *Agaricus* section *Bivelares* (*Duploannulati*). *Mycologia* 100: 876-892.

- Kerrigan RW, Wach MP (2008) *Agaricus subsrufescens* mushroom plant named 'H1X1'. US Patent USPP19, 313P3.
- Kobayashi H, Yoshida R, Kanada Y, Fukuda Y, Yagyu T, Inagaki K, Kondo T, Kurita N, Suzuki M, Kanayama N, Terao T (2005) Suppressing effects of daily oral supplementation of beta-glucan extracted from *Agaricus blazei* Murill on spontaneous and peritoneal disseminated metastasis in mouse model. *J. Cancer Res. Clin. Oncol.* 131:527-538.
- Lee YL, Kim HJ, Lee MS, Kim JM, Han JS, Hong EK, Kwon MS, Lee MJ (2003) Oral administration of *Agaricus blazei* (H1 strain) inhibited tumor growth in a sarcoma 180 inoculation model. *Exp. Anim.* 52:371-375.
- Mahmud MA, Kitaura H, Fukuda M, Yamada A (2007) AFLP analysis for examining genetic differences in cultivated strains and their single-spore isolates and for confirming successful crosses in *Agaricus blazei*. *Mycoscience* 48:297-304.
- Mata G, Rodríguez A, Callac P (2002) Aislamiento, cultivo y evaluación de una cepa mexicana silvestre de champiñón *Agaricus bisporus*, y su comparación con cepas comerciales. En: Guzmán G, Mata G (eds.) *Nanacatepec, Estudios sobre los hongos Latinoamericanos*. Universidad Veracruzana, Xalapa. Pp 500.
- Mizuno T, Hagiwara T, Nakamura T, Ito H, Shimuro K, Sumiya T, Asakura A (1990) Antitumor activity and some properties of water-soluble polysaccharides from "Himmematsutake," the fruiting of *Agaricus blazei* Murill. *Agric. Biolchem.* 54:2889-2896.
- Peintner U, Poder R, Pempel T (1998) The Ice Man's fungi. *Mycol. Res.* 102: 1153-1162.
- Takimoto H, Wakita D, Kawaguchi K, Kumazawa Y (2004) Potentiation of cytotoxic activity in naïve and tumor-bearing mice by oral administration of hot-water extracts from *Agaricus brazei* fruiting bodies. *Biol. Pharm. Bull.* 27:404-406.
- Tomizawa MM, Dias ES, de Assis LJ, Gomide PHO, dos Santos JB (2007) Genetic variability of mushroom isolates *Agaricus blazei* using markers RAPD. *Ciencia E Agrotechnologia* 31: 1242-1249.
- Ullrich R, Huong LM, Nguyen LD, Hofrichter M (2005) Laccase from the medicinal mushroom *Agaricus blazei*: production, purification and characterization. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 67: 357-363
- Wasser SP, Didukh MY, de Amazonas MAL, Nevo E, Stamets P, da Eira AF (2002) Is a widely cultivated culinary-medicinal royal sun *Agaricus* (the Himmematsutake Mushroom) indeed *Agaricus blazei* Murrill? *Int. J. Med. Mush.* 4:267-90.