

Determinación de las características productivas de cepas mexicanas silvestres de *Agaricus bisporus*, para su potencial uso comercial

Dulce Salmones¹, Hugo Ballesteros Hernández²
Ramón Zulueta², Gerardo Mata¹

¹Red de Manejo Biotecnológico de Recursos, Instituto de Ecología, A.C., carretera antigua a Coatepec 351, El Haya, Xalapa, Ver.

²Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Veracruzana, Xalapa, Ver.

Determination of productivity characteristics of Mexican wild *Agaricus bisporus* strains, for potential commercial use

Abstract. Six wild strains of *Agaricus bisporus* were cultivated in order to determine their productivity characteristics for a potential commercial exploitation. The spawn was prepared in sorghum seeds and mushroom productivity was determined on commercial compost samples weighing 4 kg (moistened weight) inoculated with each of the strains. Primordia began to appear on the 42 to 47th after spawning and 4 flushes were obtained between 70 to 96 days of culturing. Fruiting bodies with pileus diameters of 5 to 10 cm and cream to light brown color were mostly harvested. Biological efficiencies (BE) ranged from 40.3 to 95% and production rates (PR) from 0.47 to 1.13%. IE-747 and IE-708 strains presented the highest BEs (95 and 90.3%) and PRs (1.1 and 1.13%).

Key words: mushrooms, Mexico, germoplasm, biological efficiency, production rate

Resumen: Se cultivaron seis cepas silvestres de *Agaricus bisporus* con la finalidad de determinar las características productivas de los hongos para un potencial aprovechamiento comercial. El inóculo se preparó en semillas de sorgo y la productividad se determinó en muestras de compost comercial (4 kg) inoculado con cada una de las cepas. Los primordios se presentaron entre los 42 a 47 días después de la siembra y 4 cosechas se obtuvieron en ciclos de cultivo de 70 hasta 96 días. Mayoritariamente se cosecharon fructificaciones con pileos de 5 a 10 cm de diám., de color crema a café claro. Las eficiencias biológicas (EB) fluctuaron entre 40.3 y 95% y las tasas de producción (TP) de 0.47 a 1.13%. Las cepas IE-747 e IE-708 presentaron las más altas EBs (95 y 90.3%) y TPs (1.1 y 1.13%).

Palabras clave: champiñón, México, germoplasma, eficiencia biológica, tasa de producción

Received 11 July 2012; accepted 13 December 2012.

Recibido 11 de julio 2012; aceptado 13 de diciembre 2012.

Introducción

Hoy en día, el cultivo comercial de hongos comestibles representa una agroindustria de gran importancia socioeconómica, ya que no sólo provee un alimento de

aceptable valor nutrimental y medicinal para consumo humano, sino también representa una industria generadora de empleos. En China, principal productor de hongos cultivados en el mundo, 25 millones de personas están involucradas en esta actividad (Li, 2012), mientras que en México se calcula que 25000 empleos directos e indirectos podrían haberse generado en los últimos años como resultado de la producción

*Autor para correspondencia: Dulce Salmones
dulce.salmones@inecol.edu.mx*

e industrialización de estos organismos (Martínez-Carrera *et al.*, 2007).

Agaricus bisporus (Lange) Imbach, conocido popularmente como champiñón, es la especie más cultivada a nivel mundial, con una producción estimada en 2009, cercana a los 4 millones de toneladas (Sonnenberg *et al.*, 2011). Nuestro país aporta alrededor de 40000 toneladas de este volumen, con un valor económico de 200 millones de dólares, lo que lo ubica como el mayor productor en América Latina y décimo sexto a nivel mundial (Martínez-Carrera *et al.*, 2007). Tan sólo de 1995 al 2006, la producción nacional de champiñón se incrementó un 36%, a pesar de que en ese periodo se tuvo la fuerte presión de producto chino importado, estimado en 7000 t anuales (Lahmann y Rinker, 2004; Lahmann, 2007).

A la fecha, las empresas nacionales dedicadas a la producción de este hongo sustentan su actividad productiva en cepas comerciales de origen extranjero (Mata y Savoie, 2007). La mayoría de las plantas comerciales obtienen el inóculo o semilla de empresas trasnacionales de prestigio, ya que sólo algunos corporativos cuentan con laboratorios equipados para producir su micelio. Las empresas que no cuentan con instalaciones especializadas para la elaboración de semilla, dependen de la variabilidad genética disponible en las empresas proveedoras.

Hasta hace algunos años, no se tenía conocimiento de que *Agaricus bisporus* creciera en forma natural en México (Mata *et al.*, 2011), pero a partir de los estudios realizados por Martínez-Carrera *et al.* (2001) y Mata *et al.* (2002), se lograron aislar y cultivar cepas silvestres de *Agaricus*. Posteriormente, Mata y Rodríguez Estrada (2005) realizaron ensayos para la preservación de germoplasma colectado y Hernández Hernández (2007) evaluó diversas formulaciones para la preparación del inóculo de cepas nativas de *A. bisporus*. En todos estos trabajos se destaca la potencialidad de los recursos genéticos silvestres de *Agaricus* y la

factibilidad de adaptar las técnicas de cultivo ya establecidas, por lo que el objetivo del presente estudio fue determinar las características morfológicas y productivas de cepas silvestres mexicanas de *A. bisporus*, con la finalidad de identificar germoplasma para su potencial introducción en la industria nacional.

Materiales y métodos

Se evaluaron seis cepas de *A. bisporus* depositadas en el Cepario de Hongos del Instituto de Ecología, A.C. y registradas como IE-623, IE-673, IE-708, IE-744, IE-746 y IE-747. Las cepas fueron aisladas de especímenes colectados en la región de Cuapixtla, en el Estado de Tlaxcala, en una zona de cultivo de papa combinada con plantaciones de *Cupressus* sp. Las cepas se mantienen en un medio de cultivo de agar-compost, preparado con 2% de agar bacteriológico y 1% de glucosa (Bioxon), disueltos en una solución de agua destilada y extracto de compost (1:4 v/v) (Mata y Rodríguez Estrada, 2005).

El inóculo fue elaborado con semillas de sorgo estériles suplementados con carbonato y sulfato de calcio al 0.25% (1:1 p/p) (Mata y Savoie, 2007). Los granos se colocaron en bolsas de polietileno para su esterilización a 121°C/1 h. La semilla estéril fue inoculada con micelio de *A. bisporus* previamente cultivado en el medio de agar-compost. El inóculo fue incubado a 26 °C y en oscuridad total, para favorecer la colonización del micelio sobre las semillas. Para la obtención de las fructificaciones se utilizó como sustrato un compost comercial proporcionado por la empresa Riojal, S. A. de C.V., establecida en el municipio de Las Vigas de Ramírez, Ver. El compost empleado fue preparado con paja de trigo (65%), pollinaza (25%), bagazo de caña de azúcar (9%) y urea (1%), como fuentes principales de carbono y nitrógeno.

La siembra consistió en mezclar de manera

homogénea el inóculo de *A. bisporus* y el compost en contenedores de plástico hasta alcanzar 4 kg de mezcla, con un porcentaje de inoculación del 5% (p/p). Al finalizar la siembra y con la finalidad de evitar contacto directo con posibles contaminantes presentes en el ambiente, las muestras fueron cubiertas con material plástico transparente. Se prepararon 10 réplicas por cada cepa. Las muestras fueron incubadas en un área oscura, manteniendo una temperatura ambiental de 26 ± 2 °C. Dos días después, se hicieron pequeñas perforaciones a la cubierta plástica para favorecer el intercambio gaseoso.

Una vez que las cepas colonizaron el compost, la cubierta plástica fue retirada y a cada muestra se le aplicó 2.5 kg de tierra de cobertura (turba y piedra caliza) formando una capa uniforme sobre la superficie de aproximadamente 4 cm de espesor. Este material también fue proporcionado por la compañía Riojal, S.A. de C.V. Las muestras se mantuvieron en el área de incubación hasta que los micelios crecieron sobre la tierra de cobertura, entonces se procedió a inducir la formación de los primordios con la disminución gradual de la temperatura ambiental hasta alcanzar 20 °C. Posteriormente, las muestras se trasladaron al área de producción, con las condiciones ambientales adecuadas para culminar sus ciclos de cultivo.

Los basidiomas cosechados fueron pesados para determinar la eficiencia biológica (EB= peso fresco de los hongos cosechados/peso seco del sustrato empleado, expresado en porcentaje) y tasa de producción (TP= EB/días de cultivo) de cada cepa. Los índices de productividad obtenidos fueron analizados estadísticamente mediante un diseño completamente al azar para cada uno de los tratamientos probados y sometidos a una análisis de varianza (ANOVA), para posteriormente aplicar la prueba de comparación de medias de rangos múltiples de Tukey con un nivel de significancia de $p = 0.05$, con el programa Statistica versión 8 para Windows.

En cuanto al tamaño de púleos, los hongos cosechados fueron clasificados en dos grupos: G1, basidiomas con púleos menores a 5 cm de diámetro y G2, basidiomas entre 5 y 9.9 cm de diámetro (Gaitán-Hernández y Salmones, 2008). Adicionalmente se tomaron datos de las coloraciones de los púleos desarrollados. Todos los hongos fueron cosechados de acuerdo al criterio de tamaño aceptado comercialmente (antes de que el púleo se expanda y se separe el velo para liberar las esporas).

Resultados y discusión

El periodo de incubación del inóculo fue homogéneo en todas las cepas, 28 días en promedio, aunque las cepas IE-743 IE-744 e IE-790 se caracterizaron por presentar micelios más densos cubriendo los granos de sorgo. Los tiempos requeridos para la colonización de los micelios sobre el compost mostraron poca variabilidad entre las cepas, requiriéndose 29 ± 1 días de incubación, mientras que la invasión sobre la tierra de cobertura se observó entre los 11 a 14 días posteriores a su aplicación, las cepas presentaron ciclos de cultivo entre 70 a 96 días, considerados a partir del día de siembra sobre el compost, en los cuáles se evaluaron cuatro cosechas. Los primeros primordios se presentaron entre los 2 a 5 días de iniciado el proceso de inducción en el área de producción (Tabla 1). Las fructificaciones presentaron su tiempo óptimo de corte una semana después de la aparición de los primordios. Estos parámetros de incubación son mayores a los citados por Pardo *et al.* (2004), quienes al cultivar cepas comerciales de *A. bisporus* con diferentes tierras de cobertura consideraron 14 días para el periodo de colonización, 38-42.1 días para la obtención de la primera cosecha y ciclos de cultivo de 80 días.

El peso total de basidiomas obtenidos por cada cepa

durante las cuatro cosechas fluctuó desde 534.1 ± 153 hasta 1182.1 ± 113 g, siendo las primeras las más abundantes (Figura 1), ya que representaron entre el 80 (IE-623) hasta el 91% (IE-708) de la producción total. Con excepción de la cepa IE-746, cuya segunda cosecha representó un mayor porcentaje que la primera, en el resto de las cepas las cantidades de fructificaciones colectadas fueron decreciendo en los cortes posteriores. Este comportamiento coincide con las cepas comerciales en uso, ya que la mayoría de los cultivadores sólo aprovechan las tres primeras cosechas y entonces dan por concluido el ciclo (Royse, 2007).

Los porcentajes de eficiencias biológicas alcanzados variaron entre 40.3 ± 11.6 (IE-744) y 95.0 ± 9.1 (IE-747) (Tabla 1), valores equiparables a los obtenidos por Mamiro y Royse (2008) y Sánchez *et al.* (2002), pero menores a las alcanzadas por Bechara *et al.* (2005) y Gea *et al.* (2012), quienes registraron EBs superiores al 100% con cepas comerciales

cultivadas en mezclas de materiales composteados y no composteados. La prueba de rangos múltiples de Tukey aplicado a las medias de producción determinó que la EB promedio de la IE-747 fue estadísticamente diferente al resto de hongos evaluados, aunque muy cercana a las EBs de las cepas IE-708 e IE-673. En cuanto a las tasas de producción registradas, los valores medios fluctuaron entre 0.47 ± 0.14 y 1.13 ± 0.16 %. Las cepas IE-708 e IE-747 alcanzaron los promedios más altos, resultados significativamente diferentes al resto de germoplasmas cultivados (Tabla 1).

Referente al tamaño de los diámetros de píleos desarrollados por las diferentes cepas, se obtuvieron mayoritariamente fructificaciones del grupo 1, que representaron entre el 85(IE-623) al 94%(IE-747) de la producción total, y en menor proporción hongos del grupo 2, que correspondieron entre 6 (IE-747) al 15% (IE-623) (Figura 2). Estos valores son equiparables al promedio de 33.3 mm de

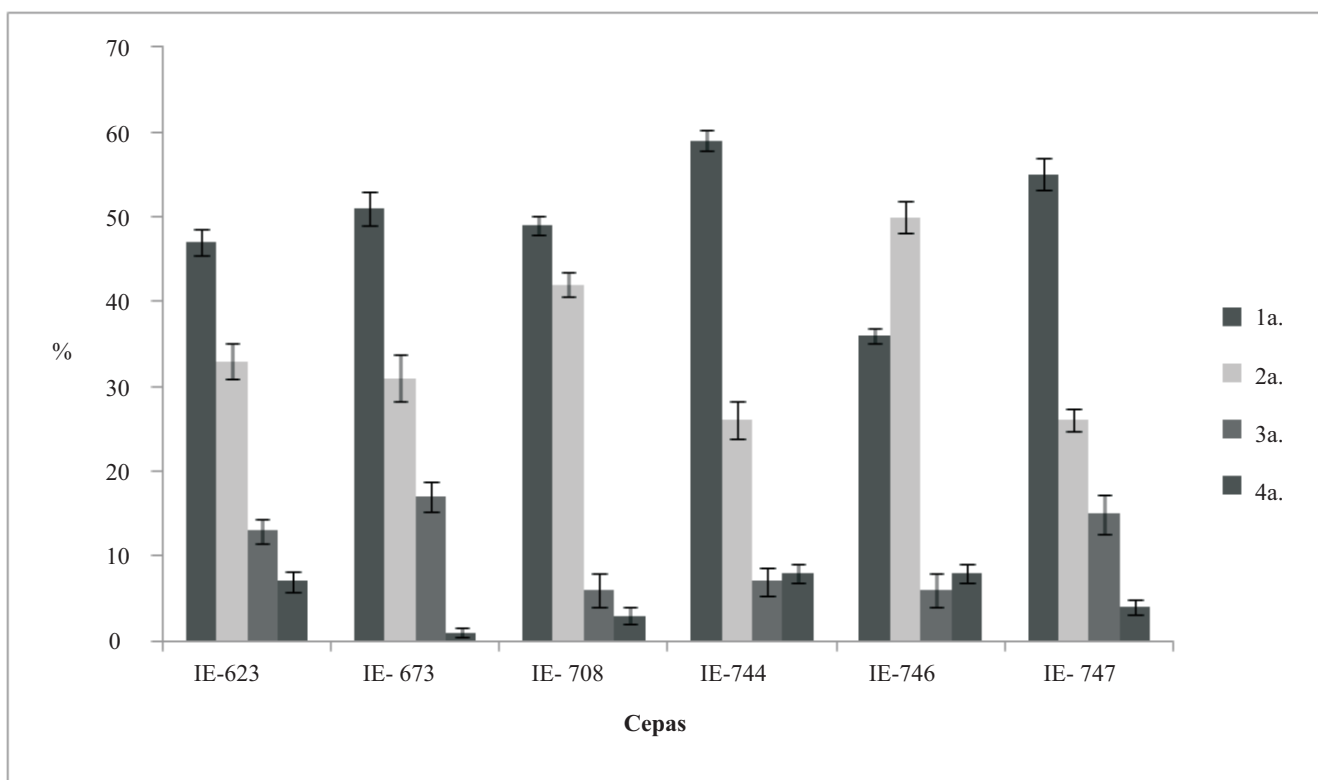


Figura 1. Peso promedio de las fructificaciones de *A. bisporus* obtenidas durante las cuatro cosechas evaluadas, expresado en porcentaje.

Tabla 1. Parámetros de producción obtenidos de las cepas de *A. bisporus* en estudio

Cepas	Ciclos de cultivo			Índices de productividad		
	Aparición primordios (días)	1 ^a . cosecha (días)	4 ^a . cosecha (días)	Peso fresco total de hongos (g)	Eficiencia biológica (%)	Tasa de producción (%)
IE-623	45	51-52	77-96	948.0±125.9b	76.2±10.1 bc	0.89±0.12bc
IE-673	42	49-51	70-96	1028.7±218.6ab	82.7±17.5 abc	1.03±0.22ab
IE-708	42	49-50	70-96	1124.2±160.5ab	90.3±12.9 ab	1.13±0.16 a
IE-744	47	51-52	80-90	534.1±153.6c	40.3±11.6 d	0.47±0.14d
IE-746	45	49-51	80-88	909.0±221.3b	68.5±16.7 c	0.82±0.20c
IE-747	45	50-51	77-94	1182.1±113a	95.0±9.1 a	1.11±0.10 ^a

Medias que no tengan al menos una letra en común, son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba de rangos múltiples de Tukey ($p=0.05$)

Tabla 2. Características morfológicas de las fructificaciones presentadas por las cepas de *A. bisporus* cultivadas

Cepas	Características morfológicas
IE-673, IE-708, IE-746, IE-747	Pileos de 19-57 mm de Ø, de color crema con restos fibrilosos formando escamas de color café rojizas en el centro y amarillentas o con tonos rosáceos en el margen. Estípite blanco.
IE-744	Pileos de 28-54 mm de Ø, color café claro con restos fibrilosos formando escamas de color café claro a rojizas sobre la superficie. Estípite blanco.
IE-623	Pileos de 23-61 mm de Ø, de color crema con escamas de color café claro dispuestas radialmente sobre la superficie convexa. Estípite blanco.

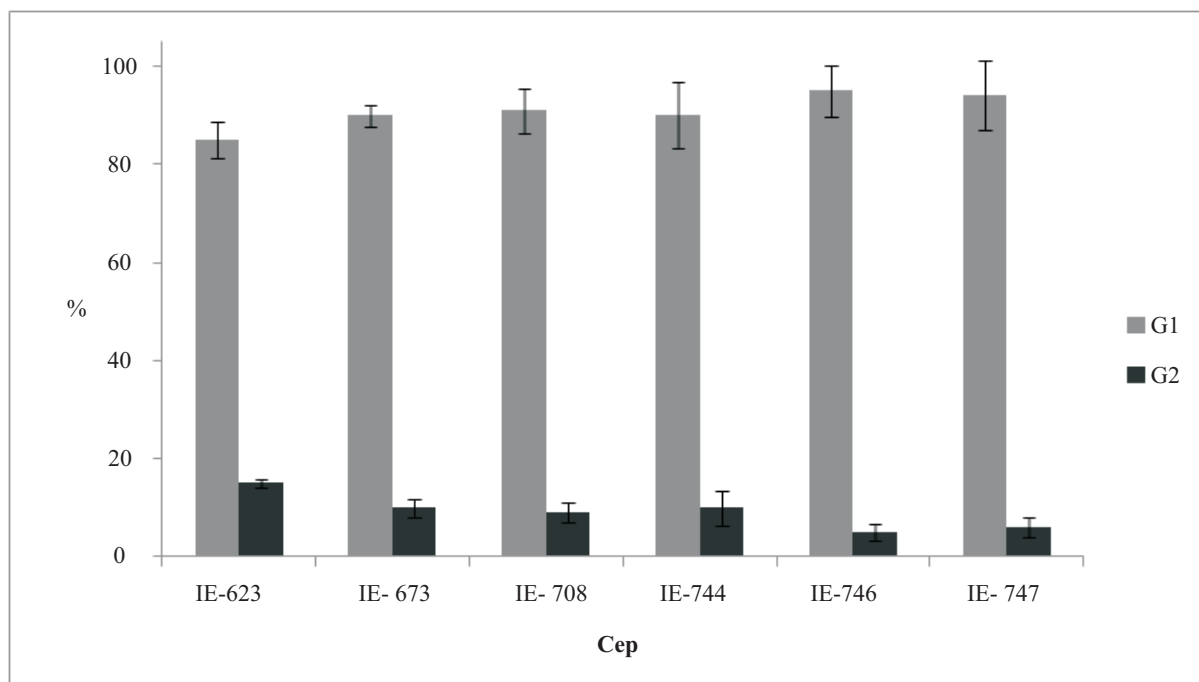


Figura 2. Patrón de producción de basidiomas desarrollados por las cepas silvestres de *A. bisporus*, agrupados de acuerdo al tamaño de pileo alcanzado. G1: < 5 cm; G2: 5 a 9.9 cm de diám.

diámetro registrado por Pardo *et al.* (2008) en cultivos comerciales de cepas españolas y que consideraron corresponde a una clase de tamaño aceptable para su comercialización. Sin embargo y tomando en cuenta que los resultados del presente estudio son preliminares, será conveniente evaluar la incorporación de suplementos orgánicos e inorgánicos existentes en el mercado, que permitan incrementar la calidad de los hongos producidos por las cepas silvestres.

En cuanto a la coloración de los pileos, ésta varió de color crema a café claro, en la mayoría de los casos con restos fibrilosos formando escamas de color amarillento a café rojizo (Tabla 2, Figura 3). Al menos una de las cepas estudiadas, la IE-623, mostró características de color y tamaño que pudieran compararla a las cepas de hongos oscuros tipo Crimini y Portobello, que de acuerdo a las tendencias actuales de comercialización, se han vuelto muy populares entre los consumidores (Royse, 2007).

Conclusiones

Los parámetros de productividad de las cepas silvestres resultaron prometedores, especialmente los correspondientes a las cepas IE-747, IE-708, IE-673 e IE-623, pero los resultados hasta ahora alcanzados son preliminares y se requiere mayor experimentación que permita optimizar el sistema de cultivo, para que su rendimiento sea competitivo ante las cepas comerciales. Los estudios posteriores también deberán estar enfocados a determinar si el germoplasma nativo, adaptado a desarrollarse bajo las condiciones ambientales locales, presenta una mejor resistencia al ataque de plagas y enfermedades comunes en las producciones industriales.

Finalmente, por la importancia comercial de la especie a nivel mundial y el poco conocimiento que se tiene de su diversidad genética en México, se recomienda continuar



Figura 3. Cepa silvestre de *A. bisporus* (IE-623) creciendo en compost.

los estudios de colecta y selección de especímenes silvestres, que permitan identificar material genético con características productivas y competitivas acordes a las necesidades del sector productivo nacional. Por otra parte, será necesario desarrollar un programa de trabajo encaminado a la obtención de nuevas cepas mejoradas a partir del germoplasma mexicano y que tengan posibilidades reales de incorporarse a la producción comercial nacional.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Ing. Juan Carlos Sucarrats, gerente de la compañía productora de champiñones Riojal, la donación del compost y tierra de cobertura necesarios para la realización del presente estudio. A la M. en C. Rosalía Pérez y Biol. Carlos Ortega, personal técnico del INECOL, se les agradece su colaboración en diferentes actividades de laboratorio y planta experimental. Este estudio fue financiado por CONACYT-FOMIX-Gobierno del Estado de Veracruz, a través del proyecto 94242.

Literatura citada

- Bechara, M.A., P. Heinemann, P. N. Walker, C.P. Romaine, 2005. Cultivation of *Agaricus bisporus* on a mixture of cereal grain spawn and delayed-release nutrient supplement. *Mushroom News* 53(8):6-10.
- Gaitán-Hernández, R., D. Salmones, 2008. Obtaining and characterizing *Pleurotus ostreatus* strains for commercial cultivation under warm environmental conditions. *Scientia Horticulture* 118:106-110.
- Gea, J.F., M. Santos, F. Diane, J. Tello, M.J. Navarro, 2012. Effect of spent mushroom compost tea on mycelial growth and yield of button mushroom (*Agaricus bisporus*). *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 28:2765-2769.
- Hernández Hernández, J.C., 2007. Producción de inóculo de champiñón *Agaricus bisporus* (Lange) Imbach) utilizando cepas nativas mexicanas y su comparación con cepas comerciales. Tesis de licenciatura, Universidad Veracruzana. Xalapa, 34 p.
- Lahmann, O., D.L. Rinker, 2004. Mushroom practices and production in Latin America: 1994-2002. In: Romaine, C.P., D.L. Rinker, D.J. Royse (eds.). *Science and cultivation of edible and medicinal fungi*, vol. 16. Penn State Univ., Pennsylvania, pp.681-686.
- Lahmann, O., 2007. Evolución de la industria del champiñón *Agaricus bisporus* en Latinoamérica. In: Sánchez V., J.E., D. J. Royse, H. Leal L., (eds.), *Cultivo, mercadotecnia e inocuidad alimenticia de Agaricus bisporus*. El Colegio de la Frontera Sur, México, D. F., pp. 37-48.
- Li, Y. 2012. Present, development situation and tendency of edible mushroom industry in China. In: Zhang, J., H. Wang, M. Chen, (eds.), *Mushroom Science* 18, China Agriculture Press, pp. 3-9.
- Mamiro, D.P., D.J. Royse, 2008. The influence of spawn type and strain on yield, size and mushroom solids content of *Agaricus bisporus* produced on non-composted and spent mushroom compost. *Bioresource Technology* 99(8):35-12.
- Martínez-Carrera, D., M. Bonilla, W. Martínez, M. Sobal, A. Aguilar, E. Pellicer-González, 2001. Characterisation and cultivation of wild *Agaricus* species from México. *Micología Aplicada Internacional* 13 (1): 9-24.
- Martínez-Carrera, D., P. Morales, M. Sobal, M. Bonilla, W. Martínez, 2007. La cadena de valor de los hongos comestibles de México. In: Zulueta R., R., D. Trejo A., A. Trigos L. (eds.), *El maravilloso mundo de los hongos*. Universidad Veracruzana. Xalapa, pp. 71-90.
- Mata, G., R. Medel, D. Salmones, 2011. Preliminary survey of the diversity of the genus *Agaricus* in Mexico. In: Savoie, J.M., M. Foulongme-Oriol, M. Largeau, G. Barroso (eds.), *Proceedings of the 7th International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products*. Arcachon, pp. 134-139.
- Mata, G., A.E. Rodríguez Estrada, 2005. Viability in spawn stocks of the white button mushroom, *Agaricus bisporus*, after freezing in liquid nitrogen without a cryoprotectant. *Journal Agricultural Technology* 1(1):153-162.
- Mata, G., A. Rodríguez, P. Callac, 2002. Aislamiento, cultivo y evaluación de una cepa mexicana silvestre de champiñón, *Agaricus bisporus* y su comparación con cepas comerciales. In: Guzmán, G., G. Mata (eds.), *Nanacatepec: estudios sobre los hongos latinoamericanos*. Asociación Latinoamericana de Micología, Xalapa, p. 500.
- Mata, G., J.M. Savoie, 2007. Producción de semilla y conservación de cepas de *Agaricus bisporus*. In: Sánchez, J.E., D.J. Royse, H. Leal Lara (eds.), *Cultivo, mercadotecnia e inocuidad alimenticia de Agaricus bisporus*. El Colegio de la Frontera Sur. pp. 37-48.
- Pardo, A., A.J. Juan, A. Pardo, J.E. Pardo, 2004. Assessment of different casing materials for use as peat alternative for mushroom cultivation, evaluation of quantitative and qualitative production parameters. *Spanish Journal of Agricultural Research* 2(2):267-272.
- Pardo-Giménez, A., J. E. Pardo-González, 2008. Evaluation of casing materials made from mushroom substrate and coconut fibre pith for use in production of *Agaricus bisporus* (Lange) Imbach. *Spanish Journal of Agricultural Research* 6(4):683-690.
- Royse, D.J., 2007. Consumo y producción de *Agaricus* en el mundo. In: Sánchez, J.E., D.J. Royse, H. Leal Lara (eds.), *Cultivo, mercadotecnia e inocuidad alimenticia de Agaricus bisporus*. El Colegio de la Frontera Sur, Tapachula, pp. 1-7.
- Sánchez, J.E., D.J. Royse, G. Hernandez, 2002. Development of non-composted substrate for production of *Agaricus bisporus*. In: Sanchez, J.E., G. Huerta, E. Montiel (eds.), *Proceedings of Fourth Conference of Mushroom Biology and Mushroom Products*, Universidad Autónoma de Morelos, Cuernavaca. pp. 265-270.
- Sonnenberg, A.S.M., J.J.P. Baars, P.M. Hendrickx, B. Lavrijssen, W. Gao, A. Weijn, J.J. Mes, 2011. Breeding and strains protection in the button mushroom *Agaricus bisporus*. In: Savoie, J.M., M. Foulongme-Oriol, M. Largeau, G. Barroso (eds.) *Proceeding of the 7th International Conference on Mushroom Biology and Mushrooms Products*, Arcachon. pp 7-15.