



Characterization of five species of *Pleurotus* grown in four culture media

Caracterización de cinco especies de *Pleurotus* crecidas en cuatro medios de cultivo

Ma de Lourdes Acosta-Urdapilleta ^{1,2*}, Maura Téllez-Téllez ², Elba Villegas ³, Arturo Estrada ⁴, Gerardo Díaz-Godínez ⁴.

¹Doctorado en Ciencias Biológicas, Centro Tlaxcala de Biología de la Conducta, Universidad Autónoma de Tlaxcala.

²Lab. de Micología, Centro Investigaciones en Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca Mor. México.

³Lab. de Estructura-Función e Ingeniería de Proteínas, Centro de Investigación en Biotecnología, UAEM.

⁴Centro Investigación en Ciencias Biológicas, UATx.

*e-mail: urdapilleta@yahoo.com

Received: 30 November 2015/ Revised final: 20 February 2016/ Accepted: 18 March 2016

ABSTRACT

Mexico is pioneer in Latin America for the cultivation of mushrooms of *Pleurotus* genus and presently is the second most cultivated mushrooms in our country. In this work the growth in Petri dishes of nine strains of five species of *Pleurotus* (*P. ostreatus*, *P. eryngii*, *P. pulmonarius*, *P. citrinopileatus* and *P. djamor* var. *roseus*) were characterized. The criteria evaluated were: morphological characteristics of mycelium (color, texture and type of mycelium), growth rate and biomass. The culture media were: agar with whole wheat flour, potato dextrose agar, potato dextrose agar added with wheat straw extract and potato dextrose agar added with rice straw extract. Each species showed different morphological characteristics of mycelium depending on the culture medium on which they grew up. The texture was cottony, followed woolly and velvety. The coloration presented by the strains was from white, yellow, pink and orange tone. The strains showed higher growth rate on agar with whole wheat flour for *P. ostreatus* (HEMIM-127 and 126), the values were 0.215 mm/h and 0.142 mm/h respectively. The higher biomass values were for *P. djamor* var. *roseus* (HEMIM- 121) grown in agar with whole wheat flour and for *P. eryngii* (HEMIM-130) on potato dextrose agar reaching 0.133 and 0.022 g/Petri dish, respectively. The culture medium is important in characterizing the strains.

Keywords: Culture, growth rate, mycelium, mushroom, Petri dish, *Pleurotus* genus

RESUMEN

México es pionero en América Latina para el cultivo de hongos del género *Pleurotus* y en la actualidad es el segundo hongo más cultivado en nuestro país. En este trabajo se caracterizó el crecimiento en cajas de Petri de nueve cepas de cinco especies del género *Pleurotus* (*P. ostreatus*, *P. eryngii*, *P. pulmonarius*, *P. citrinopileatus* and *P. djamor* var. *roseus*). Los criterios evaluados fueron: características morfológicas del micelio (color, textura y tipo de micelio), tasa de crecimiento y la biomasa. Los medios de cultivo fueron: agar con harina integral de trigo, agar de dextrosa y papa, agar de dextrosa y papa adicionado con extracto de paja de trigo y agar de dextrosa y papa adicionado con extracto de paja de arroz. Cada especie mostró diferentes características morfológicas de micelio dependiendo del medio de cultivo en el que crecieron. La textura fue algodonosa, lanosa y aterciopelada. La coloración varió de blanco, amarillento, rosado y con tonalidades naranjas. Las cepas presentaron valores más altos de velocidad de crecimiento sobre agar con harina integral de trigo, para *P. ostreatus* (HEMIM-127 y 126) los valores fueron 0.215 mm/h y 0.142 mm/h, respectivamente. La mayor cantidad de biomasa fue para *P. djamor* var. *roseus* (HEMIM-121) en agar con harina integral de trigo y para *P. eryngii* (HEMIM-130) en agar de dextrosa y papa, alcanzando 0.133 y de 0.022 g/caja Petri. El medio de cultivo es importante en la caracterización de las cepas.

Palabras clave: biomasa, caja Petri, caracterización, *Pleurotus*, velocidad de crecimiento.

1. INTRODUCCIÓN

La producción de hongos comestibles es una actividad biotecnológica que está ha tenido gran auge debido a la aceptación de las especies de hongos cultivables, como es el caso del género *Pleurotus*, que es el segundo hongo más cultivado en México, en América Latina México fue pionero en el cultivo de este género, dicha actividad inició en los años 70, desde entonces el interés por su propagación y consumo ha ido en aumento (Martínez-Carrera *et al.*, 2000). Dentro del género *Pleurotus* se encuentran diferentes especies aromáticas, se ha reportado que presenta importancia nutricional y culinaria, debido a que son ricos en proteínas, fibra, vitaminas y minerales (Reis *et al.*, 2012). Se ha reportado que el género *Pleurotus* presenta entre 20-27% de proteína (Chang & Miles, 2004). Además de su valor nutricional, estos hongos producen biomoléculas importantes, que incluyen polisacáridos, lectinas, proteínas, enzimas, ácidos orgánicos, y glicoproteínas con una serie de actividades biológicas tales como antioxidante (Gregori *et al.*, 2007), antitumoral (Lindequist *et al.*, 2005), antiviral (Ng & Wang 2004), entre otras. Sobal *et al.* (2007) trabajó con hongos medicinales y comestibles de regiones templadas y tropicales en México, incluyendo cepas comerciales y silvestres del género *Pleurotus* reportan datos sobre la gran variabilidad en las características del micelio tanto morfológicas cualitativas como cuantitativas (velocidad de crecimiento, biomasa micelial, azúcar residual y pH) donde enfatizan que los estudios caracterización y conservación de los recursos genéticos de hongos (cepas) se ha convertido en una estrategia fundamental para el desarrollo de nuevas cepas, como fuente en la biosíntesis de productos y genes que se pueden utilizar en ingeniería genética. Clark & Anderson (2004) postularon que el rápido crecimiento de

cepas monospóricas, tienen mejor colonización capacidad de fructificación y de producción de esporas, en comparación con cepas más lentas. Guadarrama-Mendoza *et al.* (2014) estudiaron las características morfológicas del micelio y la tasa de crecimiento de cepas de *Pleurotus* spp. de Oaxaca, reportando variaciones notables en la formación de neohaplontes y que la tasa de crecimiento del micelio de cepas híbridas es directamente dependiente de la morfología micelial del neohaplonte, sugieren que las características morfológicas de los neohaplontes se pueden utilizar como un parámetro de selección para definir los pares de neohaplontes para la obtención de cepas dicarióticas más productivas. Salmones *et al.* (1997) sugieren que las cepas con una alta velocidad de crecimiento micelial favorecen el periodo de incubación en planta piloto, la formación y desarrollo de primordios y la reducción del ciclo de cultivo. Los autores concluyen que estas variables están directamente relacionadas entre sí y mencionan además que este tipo de estudios pueden servir como estrategia de selección de cepas. Por lo que el objetivo de este trabajo fue caracterizar el crecimiento de cinco diferentes especies de *Pleurotus* en cuatro medios de cultivo en caja Petri.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Material biológico

Se trabajó con nueve cepas de cinco especies del género *Pleurotus* las cuales están depositadas en el cepario del Herbario Micológico de Morelos de la Universidad Autónoma del estado de Morelos HEMIM-UAEM: *P. pulmonarius* (Fr.) Quelet (HEMIM-129), *P. eryngii* (DC.) Quél 1872 (HEMIM-128 y 130), *P. citrinopileatus* Singer (HEMIM-132), *P. djamor* var. *roseus* Corner (HEMIM-104 y 121) y *P. ostreatus* (Fr.) P. Kumm (HEMIM-50, 126 y 127).

2.2. Medios de cultivo evaluados

Se prepararon cuatro medios de cultivo: a) agar con harina integral de trigo (HIT), b) agar con dextrosa y papa (PDA), c) PDA con extracto de paja de trigo (PDA/T) y d) PDA con extracto de paja de arroz (PDA/A). Las infusiones de paja de trigo y paja de arroz se prepararon con 100 g/L de paja picada y hervida durante 20 min, cada extracto se filtró y se ajustó el volumen perdido. Las placas de agar inoculadas (en cajas Petri de 60 x 15 mm) se incubaron a 24°C.

2.3. Características miciliares evaluadas

Se registró la textura, densidad (abundante, regular o escasa), color y tipo de micelio (aéreo o rastreiro) de cada cepa evaluada a los 20 días de cultivo (Sobal *et al.*, 2007).

2.4. Velocidad de crecimiento micelial

La velocidad de crecimiento micelial (Vc) se evaluó cada 24 h midiendo el radio de la colonia a partir del inóculo (4 mm) colocado en la parte central de la caja Petri hasta su total colonización (Sánchez, 2001).

2.5. Biomasa micelial

Se cuantificó a los 14 días de crecimiento, el agar con micelio de cada caja Petri se calentó en horno de microondas con 100 mL de agua, la biomasa (mg/caja Petri) se separó del medio fundido mediante filtración y se secó a 60°C hasta obtener el peso constante (Sánchez & Viniegra-González 1996).

3. RESULTADOS

3.1. Caracterización morfológica de las cepas evaluadas

3.1.1. Coloración

En la Fig. 1 se muestran las cepas de *P. ostreatus* (HEMIM-50, 126 y 127) crecidas en los cuatro medio de cultivo, mostrando micelio de color blanco. Las cepas de *P. eryngii* (HEMIM-128 y 130) mostraron coloración similar a las cepas de antes mencionadas. La cepa de *P. pulmonarius* (HEMIM-129) y la cepa de *P. citrinopileatus* (HEMIM-132) presentaron tonos crema independientemente del medio utilizado, la cepa de *P. djamor* var. *roseus* (HEMIM-104) mostró variación en su coloración según el medio de cultivo utilizado siendo crema sobre PDA y PDA/T, blanco con tonos rosas en HIT y crema con tonos rosas sobre PDA/A (Fig. 2). Sin embargo, la cepa *P. djamor* var. *roseus* (HEMIM-121) fue blanca en los cuatro medios evaluados.



Fig. 1. Coloración del micelio de las cepas de *P. ostreatus* en los diferentes medios de cultivo.

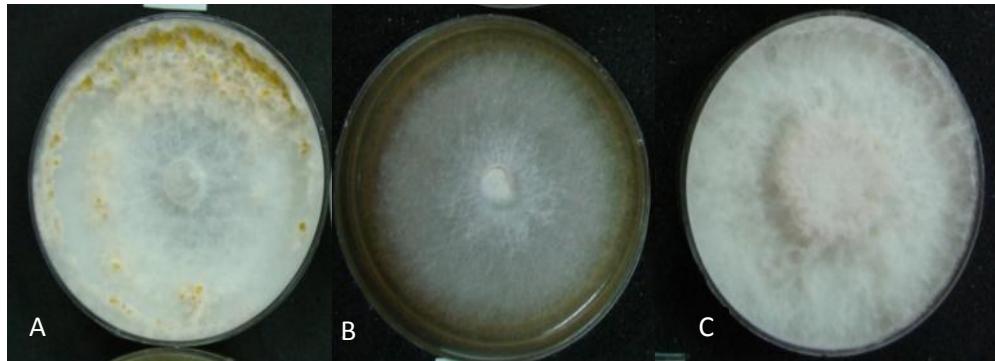


Fig. 2. Coloración del micelio de *P. pulmonarius* con tonos cremas (A), *P. citrinopileatus* con tonos cremas (B) y *P. djamor* var. *roseus* con tonos rosas (C).

La cepas *P. citrinopileatus* y *P. djamor* var. *roseus*, después de 14 días de cultivo presentaron cambios en su coloración; *P. citrinopileatus* (HEMIM-132) mostró tonalidades amarillas sobre todo en el borde de la caja Petri (Fig. 3A) y *P. djamor* var. *roseus* (HEMIM-104) pigmentó rosa en el medio de cultivo HIT y se pudo observar por la parte inferior de la caja Petri (Fig. 3B). *P. ostreatus* y *P. pulmonarius* presentaron tonos amarillentos sobre todo en la periferia al madurar.

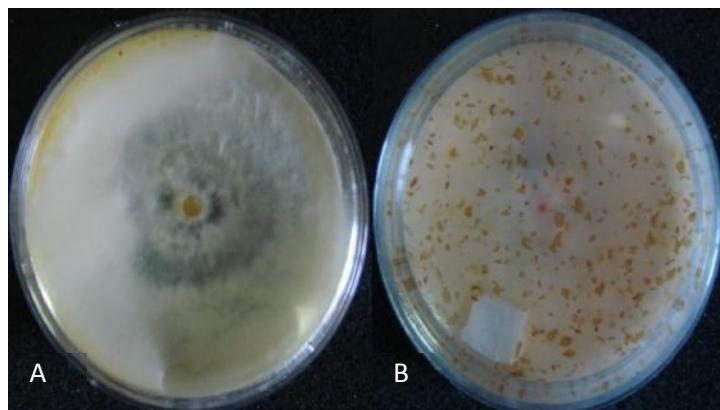


Fig. 3. Cambio de coloración del micelio. A) Tonos amarillos de *P. citrinopileatus*. B) Tonalidades rosas de *P. djamor* var. *roseus*

3.1.2. Tipo de micelio

El micelio de siete cepas del género *Pleurotus* fue aéreo (Fig. 4A) independientemente del medio de cultivo utilizado. La cepa de *P. djamor* var. *roseus* (HEMIM-104), presentó micelio rastretero (Fig. 4B). La cepa de *P. citrinopileatus* (HEMIM-132) presentó micelio rastretero en los cuatro medios utilizados (HIT, PDA, PDA/T y PDA/A).

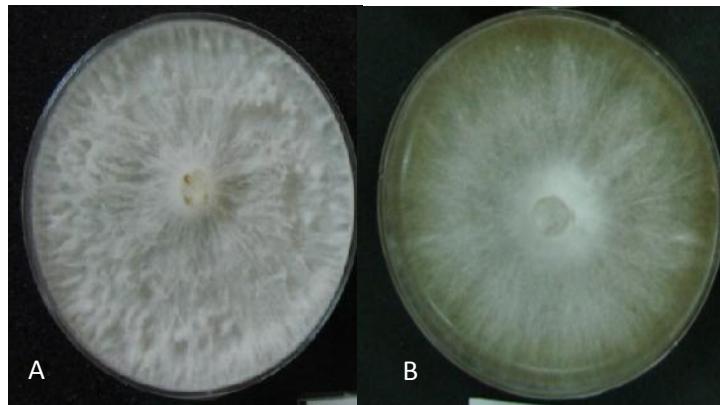


Fig. 4. Micelio de tipo aéreo (A) y rastrero (B) del género *Pleurotus*.

3.1.3. Textura micelial

Las cepas de *Pleurotus* spp. presentaron tres texturas (algodonosa, aterciopelada y lanosa) y dos combinaciones de estas texturas (algodonosa/lanosa y algodonosa/aterciopelada). La textura más común fue la algodonosa, seguida de la aterciopelada y la combinación de textura más común fue la algodonosa/lanosa. Las cepas de *P. citrinopileatus* (HEMIM-132) y *P. ostreatus* (HEMIM-50) presentaron textura aterciopelada y algodonosa respectivamente. La mayoría de las cepas de *Pleurotus* spp. sobre medio de cultivo HIT, desarrollaron textura algodonosa, a excepción de la cepa de *P. djamor* var. *roseus* (HEMIM-104) y *P. citrinopileatus* con textura lanosa y aterciopelada respectivamente en el medio PDA, la mayoría de las cepas presentaron textura aterciopelada y textura algodonosa cuando crecieron sobre PDA/T y PDA/A. Se observó la ausencia de agregaciones hifales que la mayoría de las cepas, a excepción de *P. ostreatus* (HEMIM-126) que mostró de manera abundante esta característica (Fig. 5A) sobre todo en medio de cultivo HIT y PDA. *P. eryngii* (HEMIM-130) mostró agregaciones hifales en el medio PDA/T y PDA/A. La apariencia del micelio fue observada después de los 14 días de cultivo, *P. djamor* var. *roseus* (HEMIM-104 y 121), formó una red que se desarrolló sobre PDA, PDA/T y PDA/A (Fig. 5B). *P. citrinopileatus* formó zonas concéntricas de crecimiento sobre PDA/A.

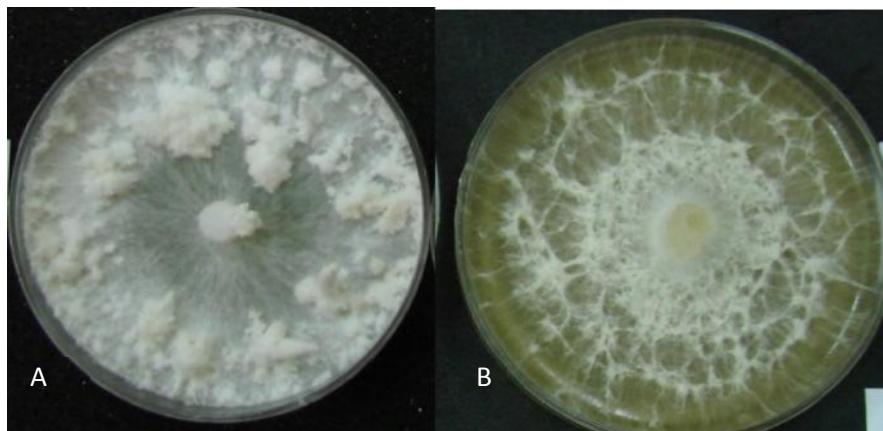


Fig. 5. Apariencia del micelio de algunas cepas de *Pleurotus*. A) agregaciones hifales y B) red en *P. djamor* var. *roseus*.

3.1.4. Morfología del crecimiento micelial periférico

En general las cepas de *Pleurotus* spp. evaluadas presentaron crecimiento periférico (borde del micelio) regular e irregular y dependió del medio de cultivo utilizado (Fig. 6A y 6B). En ocho cepas el crecimiento del borde del micelio fue irregular sobre PDA y presentaron borde regular en el resto de los medios, a excepción de la cepa de *P. djamor* var. *roseus* (HEMIM-104) que presentó además borde irregular sobre PDA/T y PDA/A.

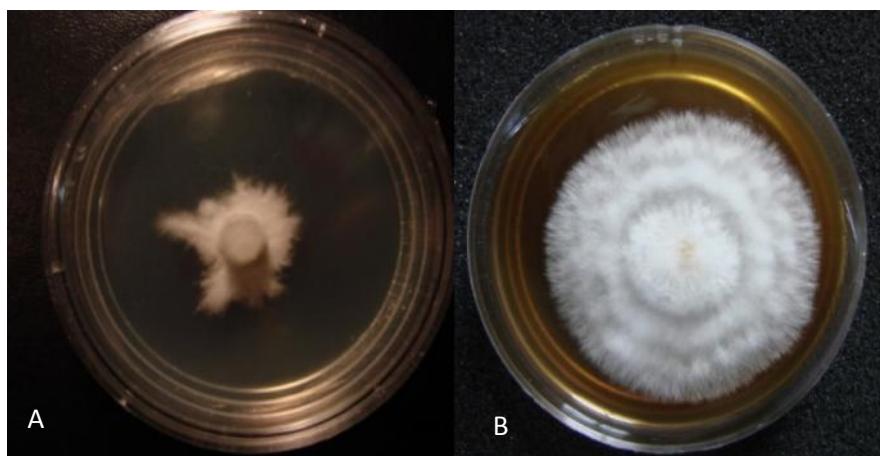


Fig. 6. Crecimiento micelial periférico irregular de *P. eryngii* (A) y regular de *P. ostreatus* (B).

3.2. Velocidad de crecimiento micelial

Las cepas crecieron más rápido en el medio HIT, los valores oscilaron entre 0.215 mm/h y 0.142 mm/h para las cepas de *P. ostreatus* (HEMIM-127 y 126) respectivamente (Tabla 1), seguidos de los medios PDA/A con valores de 0.195 mm/h y 0.045 mm/h, correspondientes a *P. ostreatus* (HEMIM-127) y *P. citrinopileatus* (HEMIM-132), sobre PDA/T se obtuvieron valores de Vc de entre 0.182 mm/h y 0.91 mm/h para *P. ostreatus* (HEMIM-127 y 126) respectivamente y en PDA la Vc varió entre 0.162 mm/h y 0.044 mm/h correspondientes a *P. pulmonarius* (HEMIM-129) y *P. eryngii* (HEMIM-130). Es importante señalar que la cepa de *P. ostreatus* (HEMIM-127) presentó los valores de Vc más altos en tres de los cuatro medios evaluados.

Tabla 1. Velocidad de crecimiento (mm/h) de las cepas evaluadas de *Pleurotus* spp.

CLAVE Y ESPECIE	HIT*	PDA*	PDA/T*	PDA/A*
<i>P. ostreatus</i>				
50	0.184 ± 0.001	0.146 ± 0.000	0.159 ± 0.005	0.132 ± 0.001
126	0.142 ± 0.009	0.091 ± 0.025	0.091 ± 0.025	0.112 ± 0.010
127	0.215 ± 0.012	0.109 ± 0.016	0.182 ± 0.016	0.195 ± 0.017
<i>P. eryngii</i>				
128	0.166 ± 0.009	0.124 ± 0.006	0.144 ± 0.007	0.122 ± 0.060
130	0.143 ± 0.004	0.044 ± 0.006	0.135 ± 0.011	0.117 ± 0.013
<i>P. pulmonarius</i>				
129	0.177 ± 0.001	0.162 ± 0.036	0.137 ± 0.003	0.177 ± 0.004
<i>P. citrinopileatus</i>				
132	0.145 ± 0.001	0.055 ± 0.005	0.135 ± 0.011	0.045 ± 0.002
<i>P. djamor</i> var. <i>roseus</i>				
104	0.173 ± 0.001	0.108 ± 0.020	0.096 ± 0.005	0.121 ± 0.019
121	0.186 ± 0.006	0.087 ± 0.003	0.154 ± 0.010	0.143 ± 0.009

*= Media de tres repeticiones

3.3. Biomasa micelial

La cantidad de biomasa micelial varió dependiendo de la cepa y el medio de cultivo utilizado. La cepa de *P. ostreatus* (HEMIM-50) fue la que presentó el valor más alto de biomasa (Tabla 2) en el medio PDA/A (0.150 g/caja Petri) el valor más bajo de biomasa sobre PDA/A lo presentó *P. eringii* (HEMIM-128) con 0.27 g/caja Petri. Los valores de biomasa para el medio HIT variaron de 0.133 g/caja Petri correspondiente *P. djamor* var. *roseus* (HEMIM-121) a 0.084 g/caja Petri para *P. eringii* (HEMIM-128). Sobre PDA/T los valores oscilaron de 0.129 g/caja Petri a 0.23 g/caja Petri para *P. ostreatus* (HEMIM-50) y *P. pulmonarius* (HEMIM-129) respectivamente. En PDA las cepas evaluadas presentaron valores de 0.106 g/caja Petri a 0.22 g/caja Petri correspondientes a *P. ostreatus* (HEMIM-50) y *P. eryngii* (HEMIM-130). Cabe destacar que *P. ostreatus* (HEMIM-50) obtuvo los valores más altos de biomasa micelial en tres de los cuatro medios evaluados.

Tabla 2. Biomasa micelial (g/caja Petri) de las cepas del *Pleurotus* spp.

CLAVE Y ESPECIE	HIT*	PDA*	PDA/T*	PDA/A*
50 <i>P. ostreatus</i>	0.124 ± 0.054	0.106 ± 0.030	0.129 ± 0.035	0.150 ± 0.041
126	0.089 ± 0.007	0.055 ± 0.006	0.038 ± 0.028	0.042 ± 0.005
127	0.127 ± 0.037	0.073 ± 0.011	0.046 ± 0.183	0.044 ± 0.009
128 <i>P. eryngii</i>	0.084 ± 0.515	0.048 ± 0.025	0.031 ± 0.008	0.027 ± 0.006
130	0.127 ± 0.012	0.022 ± 0.008	0.066 ± 0.018	0.073 ± 0.027

129 <i>P. pulmonarius</i>	0.106 ± 0.009	0.056 ± 0.026	0.023 ± 0.001	0.104 ± 0.017
132 <i>P. citrinopileatus</i>	0.087 ± 0.018	0.064 ± 0.459	0.047 ± 0.021	0.081 ± 0.021
104 <i>P. djamor</i> var. <i>roseus</i>	0.132 ± 0.071	0.029 ± 0.129	0.042 ± 0.007	0.081 ± 0.021
121	0.133 ± 0.033	0.056 ± 0.070	0.094 ± 0.019	0.136 ± 0.044

*= Media de tres repeticiones

4. DISCUSIONES

La coloración blanca del micelio de *P. ostreatus* fue reportada anteriormente por Acosta-Urdapilleta *et al.* (1988) y Sobal *et al.* (2007), sin embargo Navarro *et al.* (1996) al estudiar seis cepas de *P. ostreatus* reportaron presencia de coloración blanca, amarilla y con tonos salmón. Estos resultados concuerdan parcialmente con Sobal *et al.* (2007) quienes estudiaron cepas de *P. ostreatus* y *P. pulmonarius* sobre PDA con coloración blanca y cepa de *P. djamor* var. *roseus* con micelio blanco y tonos rosas. El micelio aéreo reportado en este trabajo coincide con autores como Acosta-Urdapilleta *et al.* (1988), Navarro *et al.* (1996) y Sobal *et al.* (2007) quienes han reportado previamente micelio aéreo en cepas de *P. ostreatus* sobre PDA. Sobal *et al.* (2007) reportaron en *P. ostreatus* creciendo en PDA textura algodonosa y en *P. djamor* var. *roseus* texturas aterciopelada y algodonosa. Con respecto al borde del micelio presentó principalmente un crecimiento irregular, solo algunas cepas tuvieron bordes regulares, los resultados de este trabajo de investigación coinciden con el autor antes mencionado Nuhu *et al.* (2011) estudiaron el crecimiento micelial de cepas comerciales de *P. eryngii* y reportaron 0.325 mm/h de Vc sobre PDA, valor más alto que el reportado para las cepas de *P. eryngii* (HEMIM-128 y 130) estudiadas en este trabajo. Sobal *et al.* (2007) reportaron velocidades de crecimiento para cepas de *P. djamor* de 0.052 mm/h y de 0.145 mm/h para *P. pulmonarius*, datos que concuerdan con los obtenidos en este trabajo. Algunos autores mencionan que la Vc se ve influenciada por los medios de cultivo (Martínez-Carrera 1984; Sobal *et al.*, 1989; Hernández-Ibarra *et al.*, 1995). El medio de cultivo empleado es uno de los factores que influyen en la caracterización eficiente de las cepas a evaluar, ya que depende de los nutrientes que cada uno de los medios presenta, en este trabajo el mejor medio fue la formulación de HIT, el cual es un medio que presenta como fuente de carbono glucosa y almidón, así como también proteína (gluten), por lo que es un medio enriquecido que permite el crecimiento óptimo del micelio y es de bajo costo comparado con el PDA.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Centro de Investigaciones Biológicas de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos y PRODEP por el apoyo con el proyecto UAEMOR-PTC-336.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

REFERENCIAS

- Acosta-Urdapilleta L., Bustos G. & Portugal D. 1988. Aislamiento y caracterización de cepas de *Pleurotus ostreatus* y su cultivo en residuos agroindustriales en el Estado de Morelos. Revista Mexicana de Micología 4:13-20.
- Chang S. & Miles P. 2004. Mushrooms: Cultivation, nutritional value, medicinal effect and environmental impact. CRS Press, Boca Raton. pp.451.
- Clark T. & Anderson J. 2004. Dikaryons of the basidiomycete fungus *Schizophyllum commune*: Evolution in long term culture. Genetics 167:1663-1675.
- Gregori A., Svagelj M. & Pohleven J. 2007. Cultivation techniques and medicinal properties of *Pleurotus* spp. Food Technol Biotechnol. 45:238-249.
- Hernández-Ibarra H., Sánchez-Velazquez E. & Calvo-Bado. 1995. Estudio de cinco cepas nativas de *Pleurotus* spp. de la región de Tapachula, Chiapas, México. Revista Mexicana de Micología. 11:29-38.
- Lindequist U., Timo H., Niedermeyer S. & Wolf D. 2005. The pharmacological potential of mushrooms. eCAM. 2(3):285-299.
- Martínez-Carrera D. 1984. Cultivo de *Pleurotus ostreatus* sobre desechos agrícolas. I. Obtención y caracterización de cepas nativas en diferentes medios de cultivo sólido en el laboratorio. Biótica 9: 243-248.
- Martínez-Carrera D., Larqué-Saavedra A., Aliphat M., Aguilar A., Bonilla M. & Martínez W. 2000. La biotecnología de hongos comestibles en la seguridad y soberanía alimentaria de México. Memorias II foro nacional sobre seguridad y soberanía alimentaria. 193-207.
- Navarro M., Sobal M. & Acosta-Urdapilleta L. 1996. Estudio comparativo de algunos híbridos de *Pleurotus ostreatus* en Morelos, México. Micología Neotropical Aplicada. 9:117-124.
- Ng T. & Wang H. 2004. A novel ribonuclease from fruiting bodies of the common edible mushroom *Pleurotus eryngii*. Peptides. 25:1365-1368
- Nuhu A., Ki N.Y., Jae S.L., Hae J.C., Mi J.S. & Tae S.L. 2011. Dietary effect of *Pleurotus eryngii* on biochemical function and histology in hypercholesterolemic rats. Saudi Journal of Biological Science. 18:403-409.
- Reis F., Barros L., Martins A. & Ferreira I. 2012. Chemical composition and nutritional value of the most widely appreciated cultivated mushrooms: An inter-species comparative study. Food and Chemical Toxicology. 50:191-197.
- Salmones D., Gaitán-Hernández., Pérez R. & Guzmán G. 1977. Estudios sobre el género

Pleurotus. VIII. Interacción entre crecimiento micelial y productividad. Revista Iberoamericana de Micología. 14: 173-176.

Sánchez J. E. 2001. III. “Crecimiento y fructificación”. En: La biología y el cultivo de *Pleurotus* spp. p. 49-66.

Sánchez C. & Viniegra-González G. 1996. Detection of highly productive strains of *Pleurotus ostreatus* by their tolerance to 2-deoxy-D-glucose in starch-based media. Mycological Research. 100(4): 455-461.

Sobal M., Morales P. & Martínez-Carrera D. 1989. Efecto del pH sobre el crecimiento de diversas cepas mexicanas y extranjeras de hongos comestibles en el laboratorio. Micología Neotropical Aplicada. 2: 19-39.

Sobal M., Martínez-Carrera D., Morales P. & Roussos S. 2007. Classical characterization of mushroom genetic resources from temperate and tropical regions of Mexico. Micología Aplicada Internacional. 19(1): 15-23.