

Evaluación de la producción de cuerpos fructíferos de cepas guatemaltecas del hongo comestible *Rukoxil Tunay Che'* (*Agrocybe cylindracea* (DC.) Maire.) en diferentes sustratos

María del Carmen Bran, Roberto Cáceres, Natalia Gurriarán, Osberth Morales, Roberto Flores

Escuela de Química Biológica, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia,
Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

*Autor al que se dirige la correspondencia: mdcbran@yahoo.com

Recibido: 04 de septiembre 2014 / Aceptado: 08 de Octubre 2014 / Disponible en línea: 24 de noviembre 2014

Resumen

En el presente estudio se determinó la producción de cuerpos fructíferos de cinco cepas nativas de *Agrocybe cylindracea* sobre tres sustratos y dos tratamientos térmicos, a través del porcentaje de eficiencia biológica y la medición del diámetro de los píleos. Se encontró que el mayor porcentaje de eficiencia biológica de las cepas en los sustratos evaluados fue 115.84 %, que correspondió al sustrato constituido por 29% paja de trigo mas 1% de harina de soya pasteurizado y obtenido por la cepa 58.01, la cual también produjo las mayores eficiencias biológicas en todos los sustratos evaluados. Al confrontar el porcentaje de eficiencia biológica en los diferentes sustratos, todas las cepas presentaron valores altos en el sustrato compuesto por 28% de paja de trigo, 1% harina de soya y CaCO₃. Con respecto al diámetro de los cuerpos fructíferos, las cepas 58.01, 59.01, 60.01 y 638.08 produjeron píleos menores de 2 cm, entre 2-4 cm y mayores a 4.0 cm en los diferentes sustratos y tratamientos, excepto la cepa 59.01 que en el sustrato formulado con 29% de paja de trigo y 1% de harina de soya, solo produjo cuerpos fructíferos con píleos menores a 2 cm y entre 2-4 cm. En el análisis proximal de los basidiomas de las cepas evaluadas se obtuvo un alto porcentaje de proteínas, fibra cruda y carbohidratos, así como bajo porcentaje de grasas. Se recomienda que en futuras investigaciones o transferencia de tecnología a comunidades o entidades interesadas en el cultivo de este hongo, utilizar paja de trigo suplementada con harina de soya y como regulador de pH CaCO₃, ya que en dicho sustrato se obtuvieron los mayores porcentajes de eficiencia biológica para la producción de cuerpos fructíferos de *A. cylindracea*.

Palabras claves: Hongos comestibles, sustratos, cuerpo fructífero, eficiencia biológica, tratamiento térmico.

Abstract

This study determined the production of fruiting bodies of five native strains of *Agrocybe cylindracea* over three different substrates and two heat treatments, by the biological efficiency percentage and the measurement of diameters of pileus. The major percentage of biological efficiency found from the strains in the evaluated substrates was 115.84%, and corresponded to the substrate formulated by 29% of wheat straw and 1% of pasteurized soy flour, and obtained from the strain 58.01, which also produced the major biological efficiencies in all of the evaluated substrates. When confronting the percentage of biological efficiency in the different substrates, all the strains presented high values in the substrate comprising 28% of wheat straw, 1% of soy flour and CaCO₃. In relation to the diameter of the fruiting bodies, the strains 58.01, 59.01, 60.01 and 638.08 produced pileus less than 2 cm, between 2-4 cm and greater than 4 cm in the different substrates and treatments, excepting the strain 59.01 which in the substrate formulated with 29% of wheat straw and 1% of soy flour, only produced fruiting bodies with pileus less than 2 cm and between 2-4 cm. In the chemical proximate analysis of the fruiting bodies of the tested strains, a high percentage of proteins, crude fiber and carbohydrates was obtained, and also a low percentage of fats. For future research or when transferring the technology to communities interested in mushroom cultivation, the utilization of wheat straw supplemented with soy flour and as a regulator of pH CaCO₃ is recommended, as in this substrate the highest percentages of biological efficiency for the production of fruiting bodies of *A. cylindracea* where obtained.

Keywords: Edible mushrooms, fruiting bodies, substrates, biological efficiency, heat treatment.



Introducción

Desde hace muchos siglos, los hongos comestibles silvestres han jugado un importante papel en la alimentación humana. Datos recientes demuestran que la producción comercial de hongos comestibles frescos es una actividad industrial de rápido crecimiento y representa cerca de 5×10^6 toneladas por año. Durante el período de 1995 a 2005, la producción mundial de hongos se incrementó en un 35.9% y el monto económico global se ha estimado en más de 9.8 billones de dólares por año, tan solo para el cultivo de *Agaricus*, *Lentinula*, *Pleurotus*, *Volvariella*, *Flammulina*, *Tremella*, entre otros (Kües & Liu, 2000).

En la actualidad, algunos estudios se han centrado en la búsqueda de nuevas especies de hongos comestibles silvestres factibles de ser cultivadas (Omarini, Lechner & Albertó, 2009; Lechner & Albertó, 2011). *Agrocybe cylindracea* (DC.) Maire. (*Cyclocybe cylindracea* (DC.) Vizzini & Angelini) conocida anteriormente como *A. aegerita*, es una especie comestible silvestre que se cuenta entre las más apreciadas en el occidente de Guatemala y además por ser un hongo capaz de degradar sustratos lignocelulósicos, posee gran potencial de ser cultivada sobre diversos desechos agrícolas y forestales que se generan en el país.

La Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC) ha financiado estudios que documentan su uso tradicional (Bran, Morales, Cáceres y Flores, 2003a, 2003b; Morales, Bran y Cáceres, 2010), el aislamiento de varias cepas nativas a nivel de laboratorio, la evaluación del crecimiento micelial en diferentes medios de cultivo y temperaturas y la producción de inóculo en diferentes granos de cereales (Bran, Morales, Flores, Cáceres y Gurriarán, 2009). Sin embargo, se hace necesario realizar estudios que evalúen la producción de cuerpos fructíferos en condiciones artesanales, en diferentes sustratos y tratamientos térmicos. Por tal razón, en este estudio se estableció la mejor cepa, sustrato y tratamiento térmico para la producción de cuerpos fructíferos de *A. cylindracea*, para posteriormente utilizar los datos en la transferencia tecnológica a comunidades campesinas.

Materiales y métodos

Cepas de *A. cylindracea*

Las cepas utilizadas fueron aisladas de especímenes silvestres encontrados entre el 2001 al 2008.

Las cepas se encuentran depositadas en el Cepario de Hongos Saprobios y Micorrícicos del Departamento de Microbiología, Escuela de Química Biológica; Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Los códigos y procedencia de las cinco cepas evaluadas son: 58.01, 59.01, 60.01 (San Antonio Sacatepéquez, San Marcos), 112.02 y 638.08 (Tecpán, Chimaltenango).

Revitalización y producción de biomasa de las cepas

Las cepas se sembraron en Agar Papa Dextrosa (PDA) y se incubaron a 18°C por dos semanas. Posteriormente se resembraron en Agar Extracto de Malta (AEM) y se incubaron a 18°C durante tres semanas.

Producción de inóculo

El inóculo se preparó utilizando granos de trigo según lo recomendado por Quimio & Chang (1990) y Bran et al. (2009). Los granos se hidrataron por 24 h hasta alcanzar aproximadamente el 80% de humedad. Luego se sometieron a un proceso de cocción durante 20 min. Se dejó enfriar y posteriormente se colocaron 200 g de trigo húmedo más CaCO_3 (1% p/p) como regulador de pH, en bolsas de polipapel. Las bolsas con los granos se esterilizaron 1 h a 121°C y 1.0 kg/cm² de presión. Posterior a este tratamiento se dejaron enfriar. Después cada bolsa se inoculó con cinco fragmentos de un tamaño aproximado de 1 cm² que contenía AEM y micelio de la cepa respectiva. Luego se incubaron a 26°C hasta que se observó la colonización completa de los granos de trigo con el micelio.

Sustratos para la fructificación

Se utilizaron 3 sustratos de acuerdo con lo recomendado por Uhart y Albertó (2007, 2009) y Uhart, Piscera y Albertó (2008): Sustrato 1, 29% de paja de trigo más CaCO_3 (1% p/p) como regulador de pH. Sustrato 2, 29% de paja de trigo más harina de soya (1% p/p) como suplemento. Sustrato 3, 28% de paja de trigo más harina de soya (1% p/p) y CaCO_3 (1% p/p). A todos los sustratos se les agregó 200 ml de agua para obtener una humedad del 70%.

Tratamiento térmico de los sustratos

Se prepararon 450 unidades de 1 Kg en base húmeda de cada uno de los sustratos y se trataron por dos métodos térmicos.

Esterilización (E)

Se colocó cada uno de los sustratos en bolsas de polipropileno con un tamaño de 48.3 x 20.3 x 12.7 cm, con filtro de 3.8 x 3.8 cm, con poro de 0.2 μm y se esterilizaron por 2.5 h 121°C y 1.0 kg/cm². Este procedimiento se realizó 2 veces con el mismo sustrato.

Pasteurización (P)

Se colocó cada sustrato en bolsa de manta y se pasteurizaron por inmersión en agua caliente a 90°C durante dos h.

Al final, para cada cepa, se obtuvieron 15 repeticiones por sustrato y por método de tratamiento térmico codificados así: E1, E2 y E3 (tratados por esterilización) y P1, P2 y P3 (tratados por pasteurización), para un total de 90 unidades experimentales por cepa. Se determinó el porcentaje de humedad a una muestra aleatoria por sustrato y tratamiento térmico.

Inoculación e incubación del micelio en los sustratos

El procedimiento fue realizado de acuerdo con lo recomendado por Chang y Miles (2004) y Uhart et al. (2008). Cada unidad de producción de los respectivos sustratos, fue inoculada con 130.0 g de trigo que contenía el micelio de la respectiva cepa. Al inicio se les colocó un respiradero con gasa estéril, luego se utilizaron bolsas de polipropileno con respiradero incorporado. Posteriormente se incubaron a temperatura ambiente (22-26°C) y en oscuridad hasta que el micelio colonizó totalmente el sustrato.

Fructificación

El procedimiento se realizó de acuerdo con lo recomendado por Uhart et al. (2008). Cuando las unidades de producción de los respectivos sustratos estuvieron colonizados por el micelio de cada una de las cepas utilizadas en el presente estudio, estas fueron trasladadas a un módulo de producción cerrado y exclusivo para el

cultivo de hongos comestibles, el cual estaba iluminado con luz natural difusa y ventilación para favorecer la fructificación. Los cuerpos fructíferos obtenidos se pesaron (g) y la producción se expresó en términos de porcentaje de eficiencia biológica, que es la relación en porcentaje entre el peso fresco de los cuerpos fructíferos y el peso seco del sustrato empleado (%EB = (Peso fresco de los cuerpos fructíferos/peso seco de los sustratos) x 100). Los parámetros medioambientales fueron temperatura (22-26°C) y humedad (70-80%).

Determinación del diámetro de los píleos

Paralelamente se midió el diámetro de cada píleo (cm) y se clasificaron según el siguiente parámetro: grupo 1 (G1) menor de 2.0 cm, grupo 2 (G2) entre 2.0 y 4.0 cm y grupo 3 (G3) mayor de 4.0 cm.

Análisis químico proximal de los cuerpos fructíferos

Se realizó según la metodología propuesta por la Association of Official Agricultural Chemists (AOAC) (2000) y Bateman (1970): materia seca (AOAC 930.15), proteína cruda (AOAC 976.05), fibra cruda (AOAC 962.09), cenizas (AOAC 942.05), extracto etéreo (Bateman 9.110) y extracto libre de nitrógeno (Bateman 10.200). Este análisis fue efectuado en el Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

Análisis de la información

Se efectuaron análisis de varianza y prueba de comparaciones múltiples de Tukey ($\alpha = 0.05$), para evidenciar las diferencias significativas en función de la eficiencia biológica obtenida para cada una de las cepas en los diferentes sustratos y tratamientos. Además se elaboraron gráficas de interacción. También se calculó la media y la desviación estándar a los diferentes grupos de diámetros de los píleos obtenidos.

Resultados

Se observó que el mayor porcentaje de eficiencia biológica correspondió a la cepa 58.01 en el sustrato P2 (115.84%), seguida por esta misma cepa en el sustrato P3 (100.58%), luego por la cepa 60.01 en el sustrato E3 (95.85%) y después por la cepa 58.01 en el sustrato P1

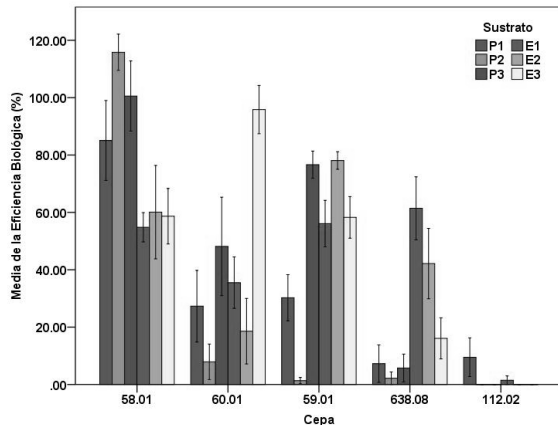


Figura 1. Porcentaje de eficiencia biológica de las cepas de *A. cylindracea* en diferentes sustratos. Las barras representan la media del porcentaje de eficiencia biológica obtenido en los sustratos evaluados. Las barras de error indican \pm la desviación estándar de la media a 95% de intervalo de confianza.

(85.09%), finalmente por la cepa 59.01 en los sustratos E2 (78.08%) y P3 (76.65%) (Figura 1).

Entre estas cepas, sustratos y tratamientos térmicos no existió diferencia significativa ($p > 0.05$). La cepa 112.02 no produjo cuerpos fructíferos en los sustratos E2, E3, P2 y P3 y los porcentajes de eficiencia biológica obtenidas en los sustratos E1 y P1 fueron de 1.49 y 9.50%, respectivamente. El porcentaje de eficiencia biológica más bajo se observó en la cepa 59.01 sobre el sustrato P2 (1.34%) (Figura 1).

Se observó que el porcentaje de eficiencia biológica fue mayor en el sustrato P3, sin embargo no se observó diferencia significativa con los sustratos E3, E1, E2 y P1 ($p > 0.05$). El sustrato en el que se encontró el menor porcentaje de eficiencia biológica fue P2 (Figura 2).

La producción de cuerpos fructíferos de las cepas nativas en todos los sustratos evaluados, mostró que el mayor porcentaje de eficiencia biológica se encontró con la cepa 58.01, que fue significativamente diferente con respecto a las demás ($p = 0.000$). Entre las cepas 60.01 y 59.01 no existió diferencia significativa ($p = 0.156$). Las cepas 638.08 y 112.02 fueron significativamente diferentes a las demás ($p < 0.05$). Esta última cepa presentó el porcentaje de eficiencia biológica más bajo (Figura 3).

Las cepas 58.01, 59.01, 60.01 y 638.08 produjeron púleos de las tres categorías (G1, G2 y G3), excepto la cepa 59.01 que solo produjo cuerpos fructíferos de

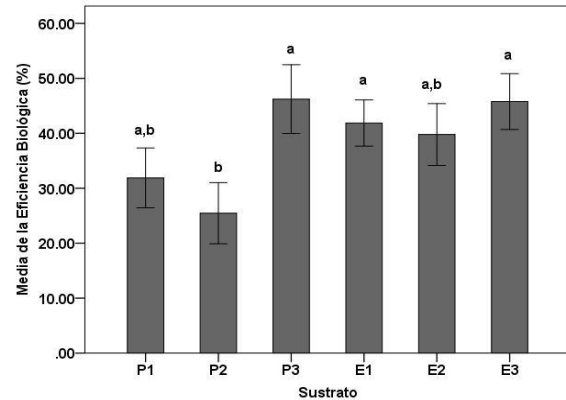


Figura 2. Efecto general de los sustratos sobre el porcentaje de eficiencia biológica de las cepas de *A. cylindracea*. Las barras representan la media del porcentaje de eficiencia biológica obtenida en los sustratos evaluados. Las barras de error indican \pm la desviación estándar de la media a 95% de intervalo de confianza. Letras diferentes indican diferencia estadísticamente significativa de acuerdo con la prueba de comparaciones múltiples de Tukey ($\alpha = 0.05$).

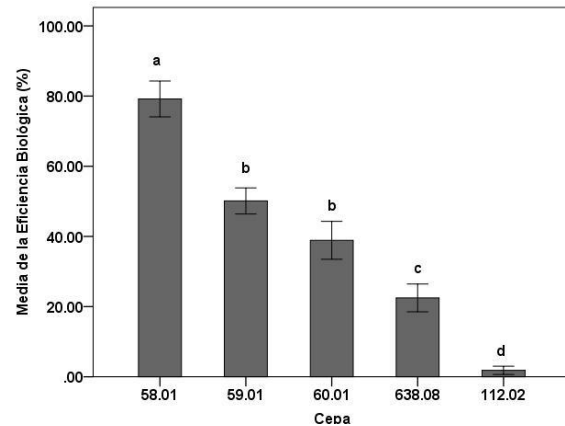


Figura 3. Comportamiento general del porcentaje de eficiencia biológica de las cepas de *A. cylindracea*, en todos los sustratos evaluados. Las barras representan la media del porcentaje de eficiencia biológica obtenida en los sustratos. Las barras de error indican \pm la desviación estándar de la media a 95% de intervalo de confianza. Letras diferentes indican diferencia estadísticamente significativa de acuerdo con la prueba de comparaciones múltiples de Tukey ($\alpha = 0.05$).

las categorías G1 y G2 en el sustrato P2. La cepa 59.01 obtuvo el mayor diámetro de los púleos en el sustrato en el sustrato E2, la cepa 60.01 en el sustrato E3, la cepa

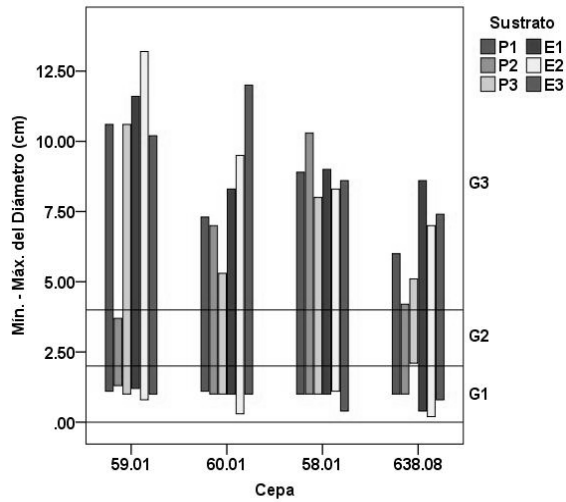


Figura 4. Clasificación de los piletos producidos por las cepas de *A. cylindracea*, en diferentes sustratos con base al diámetro. Las barras representan los rangos de los valores mínimos y máximos del diámetro de los piletos. Las líneas horizontales indican los grupos de clasificación de los piletos, G1, G2 y G3.

58.01 en el sustrato P2 y la cepa 638.01 en el sustrato E1 (Figura 4).

En la Tabla 1 se presentan los resultados del análisis proximal de los basidiomas de cuatro de las cepas analizadas. Se observó que los basidiomas de las cepas evaluadas presentan un alto porcentaje de proteínas, fibra cruda, y carbohidratos así como bajo porcentaje de grasas.

Tabla 1

Análisis químico proximal de cuerpos fructíferos de *A. cylindracea*

<i>A. cylindracea</i>				Porcentaje (%)*				
Cepa	Base	Agua	M.S.T. ¹	E.E. ²	F.C. ³	P.C. ⁴	Cenizas ⁵	E.L.N. ⁶
58.01	Seca	11.68	88.32	0.40	18.04	32.03	8.05	41.48
59.01	Seca	10.43	89.57	1.08	24.15	28.50	7.91	38.36
60.01	Seca	11.72	88.28	0.68	32.77	30.82	7.52	28.22
638.01	Seca	07.93	92.07	0.67	15.84	28.06	9.74	45.69

Nota. *Porcentaje en base seca, ¹ Materia seca total, ² Extracto etéreo (grasas), ³ Fibra cruda, ⁴ Proteína cruda, ⁵ Cenizas: minerales totales o material inorgánico. ⁶ Extracto libre de nitrógeno (carbohidratos digeribles, vitaminas y demás compuestos orgánicos solubles no nitrogenados).

Discusión

A. cylindracea es un hongo comestible que se ha utilizado como alimento o como saborizante en varios países, como consecuencia de su agradable sabor (S. Tsai, Tsai, & Mau, 2008). Debido a esto, su cultivo se ha extendido principalmente en países como China, Tailandia, Japón, Alemania, Grecia, Italia y España. En Guatemala, De León, Lau, Vallejo y Klee (2012), estudiaron los requerimientos fisiológicos que inciden en el crecimiento micelial y la degradación del sustrato por *A. cylindracea* en paja de cebada. También se ha estudiado el cultivo experimental de cepas en Argentina (Uhart et al., 2008).

Es interesante observar que los mayores porcentajes de eficiencia biológica se obtuvieron principalmente con la cepa 58.01, lo cual demostró que esta cepa fue más efectiva que las demás para producir cuerpos fructíferos en los sustratos evaluados (Chang & Miles, 2004). Las cepas 60.01 y 59.01 también tienen gran capacidad de colonización pero son menos eficientes. Es importante señalar que los valores del porcentaje de eficiencia biológica obtenidos en esta investigación, fueron más altos que los obtenidos por estas mismas cepas en un trabajo anterior (Bran et al., 2009), en el cual, todas las cepas colonizaron el sustrato compuesto por paja de trigo pero la única cepa que logró fructificar fue la 638.08 con un porcentaje de eficiencia biológica de 15.23%. En el actual trabajo se usó paja de trigo suplementada con harina de soya y la cepa 638.08 alcanzó su mejor porcentaje de eficiencia biológica en el sustrato E1. Esta cepa obtuvo porcentajes de eficiencia biológica más bajos en los sustratos P1, P2 y

P3, debido a la contaminación de los mismos por otros microorganismos, por las desventajas del tratamiento térmico del sustrato por pasteurización. Sin embargo es de hacer notar que el micelio creció en un tiempo promedio de 45-60 días.

En un estudio efectuado en Argentina, se determinó que una cepa guatemalteca (558/03) colectada en Tecpán, Chimaltenango, cultivada en paja de trigo no suplementada, alcanzó un porcentaje de eficiencia biológica aproximada del 28% (Uhart et al., 2008). Al respecto, las cepas evaluadas en este estudio obtuvieron en general mayores porcentajes de eficiencia biológica. También, la cepa 638.08 procedente de la misma localidad, obtuvo mayores porcentajes de eficiencia biológica en paja de trigo con harina de soya (42.15%) y paja de trigo con CaCO_3 (61.43%).

La variación del porcentaje de eficiencia biológica entre cepas, puede deberse también a que la producción de cuerpos fructíferos depende del genotipo de cada una de ellas, lo que se refleja también en la producción de exoenzimas extracelulares, lo cual, en el caso de *A. bisporus*, se correlaciona con la fructificación (Uhart et al., 2008; Wood, 1985). En este estudio, la variabilidad se evidenció en el hecho que la cepa 58.01 obtuvo el mayor porcentaje de eficiencia biológica en el sustrato P2, en tanto que la 59.01 la obtuvo en el E2, la 60.01 en el E3, la 638.08 en el E1 y la 112.02 en el P1. Además se debe considerar que la fructificación es un proceso que depende de varios estímulos externos como la temperatura, la iluminación, la humedad y las fuentes de nitrógeno presente en los sustratos (Luang et al., 2010). Al respecto, cada una de las cepas pueden tener condiciones óptimas de fructificación específicas y dado que el presente estudio se llevó a cabo en condiciones ambientales no controladas, similares a las que se dan en los módulos artesanales de cultivo de hongos, esto pudo influir en la variabilidad del porcentaje de eficiencia biológica.

Se observó que el sustrato compuesto por paja de trigo suplementado con harina de soya y CaCO_3 , pasteurizado (P3) o esterilizado (E3) presentaron los mayores porcentajes de eficiencia biológica. Lo anterior puede indicar que se obtienen mejores resultados al utilizar un suplemento y un regulador de pH, independientemente de si se pasteuriza o esteriliza. El hecho de que entre los tratamientos de pasteurización y esterilización no exista diferencia significativa, origina consecuencias importantes en la transferencia de tecnología, debido a que es mucho más fácil y económico utilizar la pasteurización. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que

dicho proceso solo elimina las células vegetativas de los microorganismos contaminantes (Madigan, Martinko, Dunlap & Clark, 2009).

En general no se observó un claro efecto de la suplementación de los sustratos, ya que los porcentajes de eficiencia biológica fueron variables, y como ya se ha mencionado anteriormente, puede depender del genotipo de la cepa. Sin embargo, el efecto del CaCO_3 es amortiguar los cambios del pH durante el crecimiento del hongo y promover el crecimiento apical de las hifas, así como en la diferenciación y esporulación de diferentes especies de hongos, tales como *A. bisporus* y *Cyathus stercoreus* (Chang & Miles, 2004; Coello-Castillo, Sánchez, & Royse, 2009). El efecto de la harina de soya es proveer una fuente de nitrógeno necesaria para el crecimiento micelial y la producción de las enzimas degradativas, lo cual influye en la fructificación (Chang & Miles, 2004; Wood, 1985). Por lo anterior es importante suplementar la paja de trigo, para proveer de nitrógeno y calcio al hongo, sin embargo se debe trabajar bajo condiciones controladas.

La cepa 112.01 obtuvo el porcentaje de eficiencia biológica más bajo y fue significativamente diferente a las demás. Esto puede deberse a que dicha cepa no se adaptó a los sustratos probados o bien a que haya perdido potencia en la capacidad de fructificación por múltiples pases a nivel de laboratorio, ya que el micelio de la mayoría de hongos disminuye su viabilidad en almacenamiento (Labarère y Bois, 2001). Se ha informado que uno de los problemas de las cepas de *A. cylindracea* es que declinan su rendimiento en la producción de cuerpos fructíferos después de consecutivos subcultivos y/o largos períodos de almacenamiento (Uhart et al., 2008).

Otra forma de evaluar la capacidad de las cepas en cuanto a su fructificación es el diámetro de los píleos. Al respecto, en este estudio se encontró mucha variabilidad entre cepas, lo cual se debe posiblemente no solo al genotipo de la cepa como se mencionó anteriormente (Uhart et al., 2008), sino al requerimiento específico de determinado tipo de nutriente necesario para la producción de cuerpos fructíferos (De León et al., 2012), por lo que se recomienda realizar estudios fisiológicos de las cepas.

Al comparar los diámetros de los píleos de los cuerpos fructíferos obtenidos en este trabajo en los sustratos suplementados con harina de soya, con los datos de cepas argentinas comunicados por Uhart et al. (2008), se encontró que las cepas guatemaltecas mostraron diámetros superiores, ya que la mayoría de ellas

superaron los 4.0 cm de diámetro, e incluso, la cepa 59.01 produjo basidiomas con píleos que alcanzaron 13.20 cm de diámetro en el sustrato E2. En la naturaleza *A. cylindracea* produce basidiomas de 4.0 a 25 cm de diámetro en madera de *Sambucus mexicana* (Andrade, 2007), de manera que el máximo diámetro alcanzado por las cepas evaluadas es aproximadamente la mitad de lo que se producen en condiciones naturales.

En cuanto al análisis proximal de los cuerpos fructíferos obtenidos de las cepas nativas de *A. cylindracea* (Tabla 1), se determinó que el contenido de proteína cruda fue mayor que el encontrado por Tsai et al. (2008) y comparable con el de Uhart et al. (2008), para esta misma especie. Sin embargo, este factor puede depender del sustrato donde se haya cultivado el hongo. Con relación a otras especies de hongos comestibles, es comparable con el de *Agaricus bisporus* y más alto que el obtenido para *Lentinula edodes* y *Pleurotus ostreatus* (Chang & Miles, 2004).

El contenido de grasas de los cuerpos fructíferos de las cepas evaluadas fue más bajo que el obtenido en otros trabajos para *A. cylindracea* (Tsai et al., 2008; Uhart et al., 2008), así como para *A. bisporus*, *L. edodes* y *P. ostreatus* (Chang & Miles, 2004).

El contenido de fibra cruda fue más alto que los reportados por Tsai et al. (2008) y Uhart et al. (2008) para *A. cylindracea*. Por otro lado, el contenido de carbohidratos fue comparable con lo reportado para esta misma especie por Uhart et al. (2008) y más bajo que lo informado por Tsai et al. (2008).

En conclusión se puede indicar que los contenidos de proteínas, carbohidratos, fibra cruda y grasas, de las cepas evaluadas, están dentro de los parámetros generales para los hongos comestibles. Es importante hacer notar que los altos contenidos de proteína y fibra cruda y bajos contenido de grasas son beneficiosos para la salud de los seres humanos (Chang & Miles, 2004), por lo que los cuerpos fructíferos de las cepas evaluadas de *A. cylindracea* son recomendables como alimento saludable, como parte de una dieta nutritiva y balanceada para el humano.

El actual trabajo justifica el uso de paja de trigo suplementada con harina de soya y CaCO_3 como un regulador de pH del sustrato para la producción de basidiomas de *A. cylindracea* (cepas 58.01, 59.01, 60.01 y 638.08), para ser utilizado en futuras investigaciones y/o transferencia de tecnología a otras comunidades o entidades interesadas en el cultivo de este hongo.

Agradecimientos

A la Dirección General de Investigación (proyecto 4.8.63.7.14) y a la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia por el financiamiento otorgado. A los revisores anónimos por las sugerencias y mejoras realizadas a este manuscrito. A la Inga. Liuba Cabrera, coordinadora del Programa Universitario de Investigación en Alimentación y Nutrición, por la asistencia técnica y administrativa.

Referencias

- Andrade, C. (2007). *Descripción de las características de cultivo in vitro de cepas nativas de Agrocybe aegerita* (Brigant) Singer. (Tesis de graduación: Química Bióloga) Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Guatemala.
- Bateman J. (1970). *Nutrición animal. Manual de métodos analíticos*. México D.F: Centro Regional de Ayuda Técnica.
- Bran, M., Morales, O., Cáceres, R. y Flores, R. (2003a). Contribución al conocimiento de los hongos comestibles de Guatemala. *Revista Científica*, 1(1), 2-24.
- Bran, M., Morales, O., Cáceres, R., y Flores, R. (2003b). *Hongos comestibles de Guatemala: Diversidad, cultivo y nomenclatura vernácula. (Fase III)*. (Inf-2003-30). Universidad de San Carlos de Guatemala, Dirección General de Investigación, Guatemala.
- Bran, M., Morales, O., Flores, R., Cáceres, R. y Gurriarán, N. (2009). *Cultivo de cepas guatemaltecas del hongo comestible Tx'yo'l B'aqman (Agrocybe cylindracea (DC.) Maire): caracterización y producción de cuerpos fructíferos*. (Inf-2009-45). Universidad de San Carlos de Guatemala, Dirección General de Investigación, Guatemala.
- Chang S., & Miles P. (2004). *Mushrooms cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact*. (2nd. ed.). Boca Raton: CRC Press.
- Coello-Castillo, M., Sánchez, J., & Royse, D. (2009). Production of *Agaricus bisporus* on substrates pre-colonized by *Scytalidium thermophilum* and

- supplemented at casing with protein-rich supplements. *Bioresource Technology*, 100, 4488-4492.
- De León, R., Lau, D., Vallejo, R. y Klee, C. (2012). Requerimientos fisiológicos que inciden en el crecimiento micelial y la degradación del sustrato por *Agrocybe aegerita*. En J. Sánchez y G. Mata (Eds), *Hongos comestibles y medicinales en Iberoamérica, investigación y desarrollo en un entorno multicultural* (pp. 241-254). México: ECOSUR-INECOL.
- Kües, U., & Liu, Y. (2000). Fruiting body production in basidiomycetes. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 54, 141-152.
- Labarére, J. y Bois, F. (2001). La conservación y el uso de los recursos genéticos de *Pleurotus* spp. En J. Sanchez, y D. Royse. (Eds), *La biología y el cultivo de Pleurotus spp.* (p. 83-123). México D.F.: Limusa.
- Lechner, B., & Albertó, E. (2011). Search for new naturally occurring strains of *Pleurotus* to improve yields. *Pleurotus albidus* as a novel proposed species for mushroom cultivation. *Revista Iberoamericana de Micología*, 28(4), 148-154.
- Luang, R., Liang, Y., Chen, Y., Liu, H., Jiang, S., Che, T., & Sun, H. (2010). Opposing developmental functions of *Agrocybe aegerita* galectin (AAL) during mycelia differentiation. *Fungal Biology II*, 4, 599-608
- Madigan, M., Martinko, J., Dunlap, P. y Clark, D. (2009). *Brock Biología de los microorganismos*. (12ª. ed.). Madrid: Pearson.
- Morales, O., Bran, M. y Cáceres, R. (2010). Los hongos comestibles de uso tradicional en Guatemala. En D. Martínez-Carrera, N. Curvetto, M. Sobal, P. Morales, y V. Mora. (Eds). *Hacia un Desarrollo Sostenible del Sistema de Producción-Consumo de los Hongos Comestibles y Medicinales en Latinoamérica: Avances y Perspectivas en el Siglo XXI*. (p. 437-464). Puebla: COLPOS-UNSCO-NACYT-AMC-UAEM-UPAEP-IMINAP.
- Official Methods of Analysis of AOAC International. (2000) 17th ed. Gaithersburg: AOAC International.
- Omarini, A., Lechner, B., & Albertó, E. (2009). *Polyporus tenuiculus*: a new naturally occurring mushroom that can be industrially cultivated on agricultural waste. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*, 36, 635-642.
- Quimio, T., & Chang, S. (1990). *Technical guidelines for mushroom growing in the tropics*. Roma: Food and Agriculture Organization.
- Tsai, S., Tsai, H., & Mau, J. (2008). Non-volatile taste components of *Agaricus blazei*, *Agrocybe cylindracea* and *Boletus edulis*. *Food Chemistry*, 107, 977-983.
- Uhart, M., & Albertó, E. (2007). Morphologic characterization of *Agrocybe cylindracea* (Basidiomycetes, Agaricales) from America, Europe and Asia. *Revista Mexicana de Micología*, 24, 9-18.
- Uhart, M., & Albertó, E., (2009). Mating test in *Agrocybe cylindracea* sensu lato, recognition of *Agrocybe wrightii* as a novel species. *Mycological Progress*, 8, 337-349.
- Uhart, M., Piscera, J., & Albertó, E. (2008). Utilization of new occurring strains and supplementation to improve the biological efficiency of the edible mushroom *Agrocybe cylindracea*. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 35, 595-602.
- Wood, D. (1985). Production and roles of extracellular enzymes during morphogenesis of basidiomycete fungi. In D. Moore, L. Casselton, D. Wood, & J. Frankland, (Eds), *Developmental biology of higher fungi* (p. 375-387). Cambridge: Cambridge University Press.