

Uso potencial del rastrojo de tomate como sustrato para el cultivo de *Pleurotus* spp.

Alfonso Sánchez¹, Martín Esqueda¹, Rigoberto Gaitán-Hernández²,
Alejandra Córdova³, Martha L. Coronado³

¹Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., Apartado Postal 1735, Hermosillo, Sonora, México, 83000. ²Instituto de Ecología, A.C. Apartado Postal 63, Xalapa, Veracruz, México, 91000. ³Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora. Apartado Postal 11, Admón., 11, Hermosillo, Sonora, México, 83000

Potential use of tomato stubble as substrate for *Pleurotus* spp. cultivation

Abstract. Mexico produces approximately 14.4×10^6 tons of tomato stubble per year (RT) most of it being discarded. This study evaluated the production of *P. pulmonarius* (IE-4) and *P. ostreatus* (IE-8), by solid state fermentation (FS) of RT in combination with vineyard prunings (MV) or wheat straw (PT); mixtures were: RT (1:0), RT-MV (1:1) and RT-PT (1:1). Biological efficiency (EB), production rate (TP), yield (R) and chemical changes in the substrate after harvesting were determined. EB varied from 92.0 to 139.8 %, with the highest value in RT (IE-4); TP from 1.4 to 2.9 % and R from 6.4 to 9.8 %. Bioconversion oscillated between 57.7 and 63.9 %, with the highest value in RT-PT (IE-8). Substrate crude protein and total fat contents decreased significantly in all treatment, after FS with *Pleurotus*, except RT-PT (IE-4), in which fat concentration was similar to controls. Ash content ranged from 10.7 to 18.2 % and the C:N ratio increased between 11.4 and 32.4 %, compared to controls. RT showed potencial as a lignocellulosic source for *Pleurotus* spp. cultivation.

Key words: Oyster mushroom, tomato wastes, solid state fermentation.

Resumen: México produce aproximadamente 14.4×10^6 ton/año de rastrojo de tomate (RT) y la mayoría se desecha. En este estudio se evaluó la producción de *P. pulmonarius* (IE-4) y *P. ostreatus* (IE-8), a través de la fermentación sólida (FS) de RT y de una combinación con madera de vid (MV) y paja de trigo (PT); las proporciones fueron: RT (1:0), RT-MV (1:1) y RT-PT (1:1). Se determinó la eficiencia biológica (EB), tasa de producción (TP), rendimiento (R) y cambios químicos de los sustratos después de la cosecha de hongos. La EB varió de 92.0 a 139.8 %, con el valor mayor en RT (IE-4); la TP de 1.4 a 2.9 % y el R de 6.4 a 9.8 %. La bioconversión osciló entre 57.7 y 63.9 %, con el valor más alto en RT-PT (IE-8). El contenido de proteína cruda y grasa total de los sustratos, disminuyeron significativamente en todos los tratamientos, después de la FS con *Pleurotus*, con excepción de RT-PT (IE-4), donde la concentración de grasa fue similar al testigo. El contenido de minerales totales fluctuó de 10.7 a 18.2 % y la relación C:N se incrementó entre 11.4 y 32.4 %, con respecto al testigo. El RT mostró potencial como fuente lignocelulósica para el cultivo de *Pleurotus* spp.

Palabras clave: Setas, desechos de tomate, fermentación sólida.

Received 6 August 2008; accepted 10 November 2008.

Recibido 6 de agosto 2008; aceptado 10 de noviembre 2008.

Introducción

En los últimos años se ha encontrado que sólo ciertos hongos degradan lignina disminuyendo a la vez la concentración de

*Autor para correspondencia: Martín Esqueda
esqueda@ciad.mx*

compuestos fenólicos (Sánchez *et al.*, 2002). Dentro de este reducido grupo de hongos destaca *Pleurotus* spp., por su capacidad para degradar lignina selectivamente, sacarificar e hidrolizar celulosa, aumentar la digestibilidad de los sustratos y producir cuerpos fructíferos de buena calidad nutritiva (Zadrazil *et al.*, 2004). Esta especie se ha convertido en el

tercer hongo más consumido a nivel mundial después del champiñón y shiitake (Beelman *et al.*, 2003).

La producción mundial de *Pleurotus* se estima en 1 x 10⁶ ton/año (Martínez-Carrera *et al.*, 2007), mientras que la producción en México fue de 4,380 ton en 2002 (Lahman y Rinker, 2004) y se incrementó a más de 5,000 ton desde 2005 (Gaitán-Hernández *et al.*, 2007). Lo anterior obedece principalmente a su capacidad para crecer sobre una diversidad de desechos agroindustriales y bajo costo de producción, sobre todo comparado con el champiñón. El género se caracteriza por su alto contenido de proteína y buen sabor, el cual supera a muchos otros alimentos. El hongo contiene de 8.9 a 38.7 g/100 g de proteína en peso seco, con todos los aminoácidos esenciales; vitaminas como tiamina, riboflavina, niacina y ácido ascórbico; minerales como calcio y fósforo. Aunque el contenido de lípidos es relativamente bajo, presenta ácidos grasos esenciales como el ácido linoléico (Mendivil-Salmón *et al.*, 2001). Así mismo sus propiedades medicinales sobre la regulación de la presión arterial y la reducción del nivel de colesterol y desórdenes nerviosos, han favorecido su consumo (Beelman *et al.*, 2003).

Por otra parte, en los últimos años el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas se ha incrementado notablemente en el noroeste de México, ya que esta tecnología permite su producción todo el año y la cercanía con Estados Unidos ofrece una excelente oportunidad de comercialización. Derivado de esta actividad se generan alrededor de 14.4 x 10⁶ ton/año de rastrojo de tomate, el cual es prácticamente inutilizado y contamina el medio ambiente. Una alternativa para el reciclaje de estos residuos podría ser a través del cultivo de *Pleurotus* spp., ya que usa su sistema ligninolítico para la bioconversión de desechos agrícolas en proteína comestible. Esto ha permitido el aprovechamiento de diversos materiales agroindustriales (Pérez-Merlo y Mata, 2005; Vega *et al.*, 2005). Por ello, el objetivo de este trabajo fue evaluar el potencial del rastrojo de tomate como fuente lignocelulósica para el cultivo de *Pleurotus*.

Materiales y métodos

Cepas

Se estudiaron dos cepas: *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quél. (IE-4) y *P. ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm. (IE-8), donadas por el Instituto de Ecología, A.C. (Xalapa, Veracruz). Ambas cepas se mantuvieron en extracto de malta con agar (EMA) (BIOXON, E.U.A.) a 28 ± 1 °C en completa oscuridad.

Condiciones para medir el crecimiento micelial

Los sustratos se procesaron en un molino Thomas-Wiley modelo 4, con una criba de 2 mm; se hidrataron durante 24 h hasta alcanzar un contenido de humedad entre 65 y 75%, posteriormente los materiales se esterilizaron por 1 h a 121 °C y 15 lb de presión. En cajas Petri (90 mm Ø) se colocaron 6.5 g húmedos de cada una de las mezclas evaluadas y se inocularon con implantes de 0.6 cm (Ø) con micelio desarrollado de cada cepa e incubaron a 28 ± 1 °C en oscuridad. Durante el periodo de incubación, se midió el diámetro micelial logrado (mm) cada 2 días, hasta que los micelios cubrieron por completo la superficie del sustrato. Se consideró como velocidad de crecimiento (VC) al periodo en días para que el micelio cubriera el sustrato. Para ello se trazaron 2 ejes cartesianos sobre la tapa de la caja, tomando como intersección el centro del implante.

Fructificación de *Pleurotus*

El rastrojo de tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) (RT), la madera de vid (*Vitis vinifera* L.) (MV) y la paja de trigo (*Triticum aestivum* L.) (PT) se fragmentaron en un molino con una criba de 0.9 cm. Se prepararon tres mezclas en las siguientes proporciones: RT (1:0), RT-MV (1:1) y RT-PT (1:1), las cuales se hidrataron dejando remojar en agua por un periodo de 18 h hasta que el sustrato alcanzara un contenido de humedad de ~70 %. Se colocaron 500 g de sustrato (base seca) en bolsas de polipapel de 40 x 60 cm y se esterilizaron a

121 °C por 2 h. Después de enfriarse, a las muestras se le aplicó 5 % de inóculo (w/w) e incubaron en oscuridad a 28 ± 1 °C. El inóculo se elaboró con semillas de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) de acuerdo a la metodología descrita por Gaitán-Hernández *et al.* (2002). Cuando el micelio cubrió el sustrato, a las muestras se les retiró el plástico. La temperatura del cuarto de cultivo se redujo a 25 ± 1 °C y la humedad relativa se mantuvo entre 85 y 95 %, con un fotoperiodo de 12 h luz.

La productividad de cada una de las mezclas se evaluó con base en la eficiencia biológica (EB), rendimiento (R) y la tasa de producción (TP). Se consideró el periodo de producción (PP) (Sánchez, 2001), número de cosechas y tamaño de los hongos producidos, esto último con base en el diámetro del píleo: Chicos (Ch): < 5 cm, Medianos (M): 5-10 cm y Grandes (G): > 10 cm. La bioconversión (B) se determinó por la pérdida del peso seco del sustrato después de la cosecha de los cuerpos fructíferos (Sánchez *et al.*, 2002).

Composición química del sustrato

Con la finalidad de evaluar las necesidades nutrimentales de *Pleurotus*, se realizó un análisis proximal del sustrato antes y después del cultivo. La humedad, minerales totales y extracto etéreo se determinaron de acuerdo a la AOAC (1990) y las proteínas por el método de combustión en un equipo Leco FP-528 (AOAC, 2000). La relación del carbono total se obtuvo restando al peso seco los minerales totales (Salmones *et al.*, 1996).

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza de un diseño completamente al azar con arreglo factorial de dos vías (cepas vs. mezclas), para cada una de las variables estudiadas y cuando existió diferencia significativa, se aplicó una comparación de media de rangos múltiples de Tukey con un nivel de significancia de $p < 0.05$, aplicando el paquete estadístico SAS (1994). Todas las observaciones se realizaron por quintuplicado.

Resultados y discusión

Velocidad de crecimiento micelial

La mayor velocidad de crecimiento se registró en el RT (IE-4) y en la mezcla RT-PT (IE-8 e IE-4), requiriendo de 9 d de incubación para cubrir la superficie del sustrato en la caja Petri, mientras que en el sustrato de RT (IE-8) y en la mezcla de RT-MV (IE-8 e IE-4) se requirieron de 11 d. Este crecimiento fue superior al obtenido por Baca-Cota *et al.* (2005), quienes citaron un crecimiento micelial de 2.5 cm (IE-8) y 3.9 cm (IE-4) en EMA a los 6 d de incubación. Estos resultados sugieren que las mezclas utilizadas son una buena fuente de nutrimentos para las cepas evaluadas. Aunque un crecimiento micelial rápido no corresponde necesariamente a una mayor producción de cuerpos fructíferos, ya que los requerimientos nutritivos varían según las etapas del cultivo (Oei, 1991), coadyuva a definir el potencial del sustrato y proceder a evaluaciones más precisas.

Producción de cuerpos fructíferos

En la Tabla 1 se observa la producción promedio de hongos frescos por tratamiento, la cual varió significativamente de 460 g en RT-PT (IE-4) a 699 g en RT (IE-4). El número de cosechas obtenidas durante el ciclo de producción fue de una para la cepa IE-8 y de tres para la IE-4; así como un periodo de producción de 40 y 72 d, respectivamente. Estos tiempos son mayores a los registrados por Mandeel *et al.* (2005), con tres especies de *Pleurotus* cultivadas sobre papel, cartón y fibra de *Bromus fasciculatus* L., con 18, 20 y 35 d para la obtención de la primera cosecha respectivamente. Royse *et al.* (2004) observaron un tiempo de producción entre 21 y 30 d con *Pleurotus cornucopiae* cultivado en cascarilla de algodón con paja de trigo y zacate (*Panicum virgatum* L.) suplementados con caldos nutritivos Campbell's en concentraciones entre 0 y 9 %. El periodo largo registrado en el presente estudio se debió a que no se observó la formación de primordios en

Tabla 1. Valores de producción promedio de cuerpos fructíferos frescos por las cepas de *Pleurotus* y patrón de distribución de hongos por grupos de tamaño

Sustrato	Cepa	Producción (g)	Producción por cosecha (%) y número de días			Producción por grupo de tamaño (%) ¹		
			1 ^a	2 ^a	3 ^a	Ch	M	G
			(40 d)	(59 d)	(72 d)			
RT	IE-8	592.3 ^a ± 20.7	100.0	-	-	72.4	22.8	4.8
	IE-4	699.2 ^{ab} ± 118.8	48.8	28.8	22.4	55.1	43.1	1.8
RT-MV (1:1)	IE-8	561.0 ^{ab} ± 32.1	100.0	-	-	64.4	29.1	6.5
	IE-4	537.8 ^{ab} ± 74.9	58.5	28.0	13.5	61.0	29.5	9.5
RT-PT (1:1)	IE-8	544.5 ^{ab} ± 100.0	100.0	-	-	59.8	26.7	13.5
	IE-4	460.0 ^b ± 79.4	62.6	24.0	13.4	62.7	29.6	7.7

RT: rastrojo de tomate; RT-MV: rastrojo de tomate y madera de vid; RT-PT: rastrojo de tomate y paja de trigo. ¹ Grupos de tamaño, de acuerdo al diámetro del píleo: Chicos (Ch) < 5 cm; Medianos (M) 5-10 cm; Grandes (G) > 10 cm. Los valores de producción son promedios ± DE. Promedios que no tienen al menos una letra en común, son significativamente diferentes ($p < 0.05$, Tukey).

ninguno de los tratamientos, por lo que se proporcionó un tiempo arbitrario de 35 d para asegurar la completa colonización del sustrato.

El tamaño chico (Ch) del píleo fue predominante en los hongos cosechados (Tabla 1), con un 55.1 % en RT (IE-4) y 72.4 % en RT (IE-8). El diámetro M varió entre 22.8 % RT (IE-8) y 43.1 % RT (IE-4), mientras que la talla G osciló entre 1.8 % RT (IE-4) y 13.5 % RT-PT (IE-8). Por su parte, Mata y Gaitán-Hernández (1995) obtuvieron mayoritariamente hongos medianos con la cepa IE-8 cultivada en hojas de caña de azúcar, mientras que los hongos de tamaño chico representaron el 42.7 % y los grandes, el 2.7 %.

La EB varió significativamente entre tratamientos, de 92.0 % en RT-PT (IE-4) a 139.8 % en RT (IE-4) (Tabla 2). Sin diferencia significativa entre las cepas estudiadas, pero sí entre sustratos ($p < 0.05$). Estos valores son superiores a los encontrados por Sánchez *et al.* (2002) de 40.9 a 78.7 %, al cultivar la cepa IE-8 sobre orujo de uva y madera de vid, respectivamente. Mandeel *et al.* (2005) registraron valores entre 47.2 y 134.5 % al cultivar *P. columbinus*, *P. sajor-caju* y *P. ostreatus* en papel, cartón y fibra de zacate (*Bromus fasciculatus*), respectivamente. Royse *et al.* (2004)

observaron que la EB fluctuó entre 58.8 y 102.0 % con *P. cornucopiae* desarrollado en cascarilla de algodón suplementada con diferentes concentraciones de caldo nutritivo Campbell's. La EB lograda en RT, registró valores más altos que los reportados hasta ahora, en una gran variedad de residuos agroindustriales utilizados para el cultivo de *Pleurotus*.

Se observó una diferencia significativa en la TP ($p < 0.05$) (Tabla 2). Los valores más altos se obtuvieron en los sustratos inoculados con la cepa IE-8, siendo el mayor en RT (2.9 %), seguido por RT-MV (2.8 %) y el menor, la mezcla RT-PT (2.7 %). Los valores de la cepa IE-4 variaron de 1.4 a 2.9 % en la mezcla RT-PT y RT, respectivamente. Esta diferencia entre tratamientos se debió a que la cepa IE-8 tuvo un ciclo productivo de 40 d, mientras que la IE-4 fue de hasta 72 d. Los valores de TP son superiores a los obtenidos por Pérez-Merlo y Mata (2005), quienes citan una TP entre 0.63 y 1.13 %, al inocular 19 cepas de *Pleurotus* spp. en viruta de pino y paja de cebada. Una TP alta indica una elevada EB en un ciclo corto de producción, desde la inoculación hasta la última cosecha.

Por otra parte, hubo una diferencia significativa en el R entre los tratamientos ($p < 0.05$), los cuales fluctuaron de 6.4

Tabla 2. Evaluación de la productividad (%) de las cepas de *Pleurotus* en los sustratos evaluados

Sustrato	Cepa	EB	TP	R	B
RT	IE-8	118.5 ^{ab} ± 4.6	2.9 ^a ± 0.1	8.3 ^{ab} ± 0.3	61.5 ^{ab} ± 1.3
	IE-4	139.8 ^a ± 37.8	2.1 ^{bc} ± 0.6	9.8 ^{ab} ± 2.6	61.2 ^{ab} ± 3.7
RT-MV (1:1)	IE-8	112.4 ^{ab} ± 6.2	2.8 ^a ± 0.2	7.9 ^{ab} ± 0.4	60.5 ^{ab} ± 1.2
	IE-4	107.6 ^{ab} ± 15.0	1.7 ^{cd} ± 0.1	7.5 ^{ab} ± 1.1	57.7 ^b ± 3.6
RT-PT (1:1)	IE-8	111.3 ^{ab} ± 20.0	2.7 ^{ab} ± 0.5	7.6 ^{ab} ± 1.4	63.9 ^a ± 2.4
	IE-4	92.0 ^b ± 15.8	1.4 ^d ± 0.2	6.4 ^b ± 1.1	63.1 ^a ± 0.8

EB: Eficiencia biológica; TP: Tasa de producción; R: Rendimiento; B: Bioconversión. Los valores son promedios ± DE. Promedios que no tienen al menos una letra en común, son significativamente diferentes ($p < 0.05$, Tukey).

% RT-PT (IE-4) a 9.8 % RT (IE-4) (Tabla 2). Estos valores son superiores a los obtenidos por Sánchez (2001) de 3.3 a 5.7 % al cultivar la cepa IE-8 en diferentes mezclas de madera de vid y orujo de uva.

La pérdida de peso en las distintas mezclas después de la fructificación fue significativa ($p < 0.05$) (Tabla 2). La mezcla RT-PT presentó la mayor B, con un 63.9 y 63.1 % para la cepa IE-8 e IE-4, respectivamente; seguido por el RT inoculado con la cepa IE-8 (61.5 %) e IE-4 (61.2 %). Al comparar la B de los sustratos con la EB, se observa que la asimilación de nutrientes es más eficiente en el RT, seguida por la mezcla RT-MV y RT-PT. Sánchez *et al.* (2002) encontraron una B entre el 16.7 y 38.9 % al inocular tres especies de *Pleurotus* sobre cinco mezclas de madera de vid y orujo de uva. Hernández-Ibarra *et al.* (1995) registraron una B del 63.25 % al inocular la cepa IE-8 sobre pulpa de café. Existe una estrecha correlación entre la pérdida de materia seca y la producción de hongos, ya que parte de la MS se emplea para la formación de cuerpos fructíferos (Rajarathnam y Bano, 1989).

Composición química del sustrato

El estudio de los cambios que experimenta el sustrato durante el cultivo es de suma importancia, para dilucidar las necesidades del hongo en su desarrollo y a nivel comercial, coadyuvaría a elevar la producción en periodos más cortos.

El contenido de humedad fue similar entre las mezclas control: 8.6, 8.6 y 7.5 % en RT, RT-MV y RT-PT, respectivamente, y disminuyó significativamente después de la fructificación ($p < 0.05$). Para la cepa IE-4, el porcentaje de humedad disminuyó a 6.7, 6.6 y 6.3 % en las mezclas de tomate, tomate-trigo y tomate-vid, respectivamente. La humedad de los sustratos inoculados con la cepa IE-8 se redujo a 6.4 % en la mezcla tomate-vid, 5.8 % en el sustrato formado por tomate-trigo y 5.4 % en el rastrojo de tomate. Youri *et al.* (2004) encontraron una pérdida de humedad del 60 al 12 % después de la fructificación de la cepa EM, de *P. ostreatus*, inoculada sobre desechos de cocoa. Esta pérdida de agua se atribuye al proceso de colonización, metabolismo y absorción del hongo, así como a la evaporación del sustrato.

El contenido de proteínas se redujo significativamente después de la fructificación ($p < 0.05$) (Tabla 3). Al comparar la producción de hongos con el contenido de proteína, se observó que la EB más alta (139.8 %) se produjo en el sustrato con mayor contenido de proteínas. Rajarathnam y Bano (1989) determinaron que el contenido de proteína en paja de arroz disminuyó un 53.0 %, después de la fructificación de *P. flabellatus* (= *P. djamor*). Esta reducción se debe a que el nitrógeno del sustrato es utilizado en la formación de cuerpos fructíferos.

Después de la fructificación, el contenido de extracto etéreo de los sustratos disminuyó significativamente ($p < 0.05$) (Tabla 3). En RT se redujo un 62.5 %, con las cepas

IE-8 e IE-4, mientras que en la mezcla RT-MV de 46.2 % (IE-8) a 69.2 % (IE-4). En la mezcla RT-PT también hubo un decremento del 33.3 % con la cepa IE-8 y contrariamente, con la cepa IE-4 un incremento equivalente. Esta misma tendencia en la disminución de grasas en los sustratos después de la fructificación de *Pleurotus*, fue observada por Sánchez *et al.* (2002) en madera de vid y orujo de uva inoculadas con las cepas IE-8, IE-115 y CCMC H-041. Parte del contenido de grasas se emplea en el metabolismo y formación del cuerpo fructífero del hongo (Chang y Miles, 2004).

Las mezclas tuvieron un contenido de minerales totales significativamente diferente ($p < 0.05$) (Tabla 3). El sustrato RT-PT presentó el mayor contenido de cenizas (15.0 %), seguido por el RT (14.3 %) y la mezcla RT-MV (10.7 %). Después de la fructificación, en el RT no se observó un cambio significativo ($p > 0.05$), solo una tendencia a la disminución de 0.8 % (IE-8) y 1.9 % (IE-4). En RT-MV se presentó una acumulación de minerales de 2.2 % (IE-8) y 3.2 % (IE-4). En RT-PT disminuyó un 1.5 % con la cepa IE-8 e incrementó un 3.2 % con la cepa IE-4. Montañez *et al.* (2008) encontraron una disminución de minerales totales del 4.2 % al

inocular *P. pulmonarius* en paja de trigo. Contrariamente, Wiesche *et al.* (2000) observaron un incremento significativo del 13.8 % al inocular la cepa DSMZ 11191 de *P. ostreatus* sobre paja de trigo pasteurizada a diferentes temperaturas. Rajarathnam y Bano (1989) consideran que el contenido de minerales totales puede mostrar un incremento relativo cuando la materia orgánica es consumida en mayor proporción o permanecer sin cambios, cuando son asimilados en el desarrollo y fructificación del hongo.

El contenido de carbohidratos totales en las mezclas control varió significativamente ($p < 0.05$). El RT tuvo el menor valor (64.0 %) y la mezcla RT-MV el mayor, con 70.2 %. Después de la fructificación se observó un incremento significativo de carbohidratos, con el aumento más alto (9.8 %) en RT (IE-8) (Tabla 3). Se observó que a menor cantidad de carbohidratos totales en los sustratos sin FS, se obtiene una mayor EB.

Por otra parte, dada la importancia que tiene el carbono para la célula, este elemento es el que más se utiliza durante el crecimiento y desarrollo de *Pleurotus*, y puede ser asimilado a partir de diferentes fuentes como polímeros,

carbohidratos y lípidos. Los valores de la relación C:N de las distintas mezclas antes y después de la fructificación se presentan en la Tabla 3. Se determinó una diferencia significativa entre los tratamientos, con un aumento en la relación C:N después de la fructificación. El RT mostró el mayor incremento, con un 33.5 % (IE-8) y 20.3 % (IE-4) y el menor, en RT-MV con 11.3 % (IE-8) y 13.2 % (IE-4). Estos valores concuerdan con lo citado por Sánchez *et al.* (2002), con cepas de *P. ostreatus* (CCMC H-041 e IE-8) y *P. pulmonarius* (IE-115) en mezclas con altos contenidos de madera de vid. Gupta *et al.* (1999) determinaron una disminución en la relación C:N después de incubar por 25 d *P. sajor-caju* en paja de cebada (25.6 %), bagazo de caña de azúcar (61.9 %) y hojas de plátano (57.1 %). Las variaciones pueden deberse a la cepa y el tipo de sustrato. El aumento está relacionado con la disminución del nitrógeno del sustrato durante la fructificación, indicando su utilización en mayor proporción que el carbono, para la formación de cuerpos fructíferos.

Los valores de producción obtenidos en el presente trabajo, indican que el RT tiene un alto potencial como fuente lignocelulósica para la producción de *Pleurotus* spp. La EB en RT se encuentra entre los valores más altos registrados en el cultivo de este hongo. Son necesarios ensayos adicionales que permitan encontrar los factores involucrados para reducir el ciclo de producción.

Literatura citada

- AOAC, 1990. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA.
- AOAC International, 2000. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists international. 17th ed. Association of Analytical Communities. Gaithersburg, MD.
- Baca-Cota, A.M., A. Sánchez, R.E. Villegas, M. Esqueda, 2005. Efecto de extractos de madera de vid sobre el crecimiento de *Pleurotus*. *Biocencia* 7: 3-12.
- Beelman, R.B., D.J. Royle, N. Chikthimmah, 2003. Bioactive components in button mushroom *Agaricus bisporus* (J. Lge) Imbach (Agaricomycetidae) of nutritional, medicinal, and biological importance (review). *International Journal of Medicinal Mushrooms* 5: 321-337.
- Chang, S.T., P.G. Miles, 2004. Mushrooms: cultivation, nutritional value,

medicinal effect, and environmental impact. CRC Press, Boca Ratón. 451 p.

- Gaitán-Hernández, R., D. Salmones, R. Pérez-Merlo, G. Mata, 2002. Manual práctico del cultivo de setas. Aislamiento, siembra y producción. Instituto de Ecología A.C., Xalapa. 56 p.
- Gaitán-Hernández, R., D. Salmones, G. Mata, 2007. Como llegar a la certificación de la calidad del inóculo para la producción de *Pleurotus* spp. In: Sánchez, J.E., D. Martínez-Carrera, G. Mata, H. Leal (eds.), El cultivo de setas *Pleurotus* spp. en México. El Colegio de la Frontera Sur, Tapachula. pp. 73-79.
- Gupta, M., C.R. Sarkar, S. Gupta, 1999. Changes in contents of carbon, nitrogen, C:N ratio and weight loss of different substrates during cultivation of *Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Singer. *Mushroom Research* 8: 39-41.
- Hernández-Ibarra, H., J.E. Sánchez-Vázquez, L. Calvo-Bado, 1995. Estudio de 5 cepas nativas de *Pleurotus* spp. de la región de Tapachula, Chiapas, México. *Revista Mexicana de Micología* 11: 29-38.
- Lahman, O., D.L. Rinker, 2004. Mushroom practices and production in Latin America: 1994-2002. In: Romaine, C.P., C.B. Keil, D.L. Rinker, D.J. Royle (eds.), Proceedings of the 16th International Congress on the Science and Cultivation of Edible and Medicinal Fungi. The Pennsylvania State University Press, Pennsylvania. pp. 681-686.
- Mandel, Q., A. Al-Laith, S. Mohamed, 2005. Cultivation of oyster mushrooms (*Pleurotus* spp.) on various lignocellulosic wastes. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 21: 601-607.
- Martínez-Carrera, D., P. Morales, M. Sobal, M. Bonilla, W. Martínez, 2007. México ante la globalización en el siglo XXI: El sistema de producción-consumo de los hongos comestibles. In: Sánchez, J.E., D. Martínez-Carrera, G. Mata, H. Leal (eds.), El cultivo de setas *Pleurotus* spp. en México. El Colegio de la Frontera Sur, Tapachula. pp. 209-224.
- Mata, G., R. Gaitán-Hernández, 1995. Cultivo de *Pleurotus* en hojas de caña de azúcar. *Revista Mexicana de Micología* 11: 17-22.
- Mendivil-Salmón, C., A. Sánchez, M.I. Grijalva, M. Esqueda, 2001. Composición química de *Pleurotus* cultivado sobre residuos vitivinícolas. *Revista Iberoamericana de Tecnología Poscosecha* 3: 207-214.
- Montañez, O.D., E.O. García, J.A. Martínez, J. Salinas, R. Rojo, J.G. Peralta, 2008. Use of *Pleurotus pulmonarius* to change the nutritional quality of wheat straw. I. Effect on chemical composition. *Interciencia* 33: 435-438.
- Oei, P., 1991. Manual on mushroom cultivation: techniques, species and opportunities for commercial application in developing countries. TOOL Foundation, Amsterdam. 249 p.
- Pérez-Merlo, R., G. Mata, 2005. Cultivo y selección de cepas de *Pleurotus ostreatus* y *P. pulmonarius* en viruta de pino: obtención de nuevas cepas y evaluación de su producción. *Revista Mexicana de Micología* 20: 53-59.
- Rajarathnam, S., Z. Bano, 1989. *Pleurotus* Mushrooms. Part III. Biotransformation of natural lignocellulosic wastes: commercial applications and implications. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 28: 31-113.
- Royse, D.J., T.W. Rhodes, S. Ohga, J.E. Sánchez, 2004. Yield, mushroom size and time to production of *Pleurotus cornucopiae* (oyster mushroom) grown on switch grass substrate spawned and supplemented at various rates. *Bioresource Technology* 91: 85-91.
- Salmones, D., K.N. Waliszewski, G. Guzmán, 1996. Use of some agro-industrial lignocellulose by-products for edible mushroom *Volvariella volvacea* cultivation. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 12: 69-74.
- Sánchez, J.A., 2001. Cultivo del hongo comestible *Pleurotus* sobre residuos vitivinícolas y su manejo poscosecha. Tesis de Maestría. Universidad de Sonora, Hermosillo. 68 p.
- Sánchez, A., F. Ysunza, M. Beltrán-García, M. Esqueda, 2002. Biodegradación de viticultura wastes by *Pleurotus*: A source of microbial and human food and its potential use in animal feeding. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 50: 2537-2542.
- SAS, 1994. SAS/STAT User's Guide. Release 6.08 Version. SAS Institute IMC, Cary, NC.
- Vega, A., R.E. Caballero, J.R. García, N. Mori, 2005. Bioconversión de residuos agroindustriales a través del cultivo de *Pleurotus ostreatus*. *Revista Mexicana de Micología* 20: 33-38.
- Wiesche in der, C., M. Wolter, F. Zadrzil, 2000. Activities of lignolytic enzymes as a means for monitoring the colonization of straw substrate pretreated at different temperatures by *Pleurotus ostreatus*.

Tabla 3. Composición proximal del sustrato antes y después de la fermentación sólida con *Pleurotus*

Sustrato Cepa	Humedad	Proteínas totales	Extracto Etéreo	Minerales totales	Carbohidratos totales	Relación C:N
Control						
RT	8.6 ^a ± 0.5	12.1 ^a ± 0.6	0.8 ^{cb} ± 0.1	14.3 ^{bc} ± 0.8	64.0 ^c ± 1.6	39.9 ^f ± 2.4
RT-MV	8.6 ^a ± 0.6	9.2 ^{bc} ± 0.3	1.3 ^a ± 0.2	10.7 ^d ± 0.5	70.2 ^{ab} ± 1.3	55.1 ^{de} ± 1.7
RT-PT	7.5 ^a ± 0.9	9.4 ^b ± 0.5	0.9 ^b ± 0.1	15.0 ^b ± 1.8	67.0 ^{bc} ± 2.3	51.5 ^{ef} ± 3.9
IE-8						
RT	5.4 ^c ± 0.6	6.9 ^{ef} ± 0.7	0.3 ^c ± 0.0	13.5 ^{bc} ± 1.6	73.8 ^a ± 2.0	69.5 ^{bc} ± 6.1
RT-MV	6.4 ^{bc} ± 0.2	7.6 ^{cde} ± 0.6	0.6 ^{cd} ± 0.1	12.9 ^{bcd} ± 1.6	72.5 ^a ± 2.3	66.5 ^{bcd} ± 6.7
RT-PT	5.8 ^{bc} ± 1.1	6.0 ^f ± 0.7	0.6 ^{cd} ± 0.1	14.5 ^{bc} ± 1.1	73.2 ^a ± 2.0	83.9 ^a ± 9.3
IE-4						
RT	6.7 ^{abc} ± 1.7	8.5 ^{bcd} ± 1.3	0.3 ^c ± 0.0	12.4 ^{cd} ± 0.5	72.2 ^a ± 1.9	60.2 ^{cde} ± 7.5
RT-MV	6.3 ^{bc} ± 1.5	7.3 ^{def} ± 0.5	0.4 ^{de} ± 0.1	13.9 ^{bc} ± 0.6	72.1 ^a ± 0.7	68.3 ^{bcd} ± 3.6
RT-PT	6.6 ^{abc} ± 0.6	6.4 ^{ef} ± 0.9	1.2 ^a ± 0.1	18.2 ^a ± 1.1	67.5 ^{bc} ± 1.9	74.6 ^{ab} ± 10.6

Todos los valores son promedios de cinco repeticiones ± DE. Promedios que no tienen al menos una letra en común, son significativamente diferentes ($p < 0.05$, Tukey).

In: Van Griensven, L.J.L.D. (ed.), Proceedings of the 15th International Congress on the Science and Cultivation of Edible and Medicinal Fungi. Balkema, Rotterdam. pp. 391-398.

Youri, M.R., K. Tano-Debrah, M. Obodai, J.F. Smith, 2004. Bioconversion of some agro-processing waste through *Pleurotus* production. In: Romaine, C.P., C.B. Keil, D.L. Rinker, D.J. Royse (eds.), Proceedings of the 16th International Congress on the Science and Cultivation of Edible and Medicinal Fungi. The Pennsylvania State

University Press, Pennsylvania. pp. 599-609.

Zadrazil, F., G. Compare, R. Maziero, 2004. Biology, cultivation and utilization of *Pleurotus* Species. In: Romaine, C.P., C.B. Keil, D.L. Rinker, D.J. Royse (eds.), Proceedings of the 16th International Congress on the Science and Cultivation of Edible and Medicinal Fungi. The Pennsylvania State University Press, Pennsylvania. pp. 383-391.