

PRODUCCIÓN DE CEPAS COLORIDAS DE *PLEUROTUS* SPP. EN SUSTRATO ESTÉRIL Y PASTEURIZADO

GUSTAVO VALENCIA DEL TORO^{1,3}, MA. EUGENIA GARÍN AGUILAR¹, JAVIER JIMÉNEZ HERNÁNDEZ¹ & HERMILO LEAL LARA²

¹Facultad Iztacala, UNAM. Av. de los Barrios No. 1 Los Reyes Iztacala. Tlalnepantla, 54090. Edo. de México.

²Facultad de Química, Departamento de Alimentos y Biotecnología, UNAM. Cd. Universitaria 04510, México D.F.

³Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología, IPN. Avenida acueducto s/n., 07340 México D.F.

ABSTRACT

PRODUCTION OF *PLEUROTUS* SPP. STRAINS WITH COLORED FRUIT BODIES ON STERILE AND PASTEURIZED SUBSTRATE. Rev. Mex. Mic. 17: 1-5 (2001-2003). Six strains of *Pleurotus* spp. (INI8, P15, IB67, IE136, ECS127 and POROS) producing fruit bodies of different colors were cultivated on sterile and pasteurized wheat straw. Biological Efficiency (BE) and Production Rate (PR) as well as fruit body color, size and weight were followed during 2 flushes. Strains IE136 and POROS produced the highest yields on sterile (132.4 and 115.6 %) and pasteurized wheat straw (109.7 and 102.9 %). All fruit bodies produced by each strain showed the same color, though those of POROS turned slightly lighter at the second flush. Average weight of fruit bodies ranged from 5 to 13 g/unit and since POROS produced significantly heavier and larger fruit bodies than other strains; it could be a good strain for commercial production.

Key words: *Pleurotus* spp., strain selection, biological efficiency.

RESUMEN

Seis cepas de *Pleurotus* spp. (INI8, P15, IB67, IE136, ECS127_G y POROS) con esporóforos de diferentes colores fueron cultivadas en paja de trigo estéril o pasteurizada. Se determinó la Eficiencia Biológica (EB) y Tasa de Producción (TP) después de 2 cosechas así como la coloración, tamaño y peso de los esporóforos. Las cepas IE136 y POROS produjeron los mayores rendimientos tanto en paja estéril, 132.3 y 115.5%, como en paja pasteurizada, 109.6 y 102.8%, respectivamente. La coloración de los esporóforos fue constante para cada cepa con excepción de POROS que se aclaró un poco en la segunda cosecha. El peso unitario de los esporóforos varió entre 5 y 13 g. La cepa POROS produjo esporóforos significativamente más pesados y grandes, lo que la hace una buena candidata para la producción comercial.

Palabras clave: *Pleurotus* spp, selección de cepas, eficiencia biológica.

Introducción

La implementación de programas de selección de cepas comerciales de setas (*Pleurotus* spp.) que permitan evaluar su productividad (EB, TP), así como la identificación de cepas con esporóforos atractivos y novedosos con base en sus atributos de calidad (tamaño, textura, morfología, color y sabor), es de gran importancia ya que puede contribuir a mejorar la calidad del producto y por tanto su comercialización (Paredes, 1996; Paredes *et al.*, 1996). La preparación de un sustrato que tenga los nutrientes necesarios para el desarrollo del micelio y la producción de cuerpos fructíferos es también un aspecto importante en el cultivo de setas. Los

métodos más simples son la esterilización del sustrato en autoclave o la pasteurización por inmersión de la paja en agua caliente (80°C por 1 hora) y a escala comercial el sustrato se pasteuriza por fermentación termofílica con inyección de vapor (Leal, 2000; Guzmán *et al.*, 1993).

En el presente trabajo se evaluó la productividad de cepas de *Pleurotus* spp. con esporóforos de diferentes colores en paja de trigo estéril o pasteurizada. Algunas de estas cepas son utilizadas comercialmente en otros países y resulta interesante evaluar su posible uso comercial en nuestro país. Para caracterizarlas se determinó la productividad y algunas características morfológicas de los esporóforos como: peso, tamaño y color.

Materiales y métodos

Material biológico: En la Tabla 1 se indican las cepas que se utilizaron y su procedencia.

Tabla 1. Cepas de *Pleurotus* spp.

Cepas	Procedencia (especie reportada)
ECS127 _G	Ecosur Chiapas, Méx. (<i>Pleurotus</i> sp.)
IB67	U. de Guadalajara, Méx. (<i>Pleurotus</i> sp.)
IE136	Inst. Ecología, Méx. (<i>P. columbinus</i>)
INI8	Inst. Ecología, Méx. (<i>P. ostreatus</i>)
P15	Pleos, Italia (<i>Pleurotus</i> sp.)
POROS	Stamets, USA (<i>P. ostreatoroseus</i>)

Preparación del sustrato. La paja de trigo se cortó en trozos de 3-5 cm de longitud y se humedeció durante 96 h a temperatura ambiente. Se escurrió la paja para evitar el exceso de agua y se sometió al tratamiento térmico. Para la esterilización se colocaron 500 g de paja en bolsas de polipapel y se sometieron a 121°C y 15 libras de presión durante 1 h en la autoclave, dejándoseles posteriormente enfriar a temperatura ambiente. Para la pasteurización, la paja se sumergió en agua a temperatura de ebullición durante 2 h, a continuación se drenó y se dejó enfriar para después empacarla en bolsas de plástico con 500 g de paja húmeda. Cada bolsa con 500 g de paja estéril o pasteurizada se inoculó con 20 g de semilla, realizándose 10 replicas para cada cepa. Las bolsas inoculadas se incubaron en una cámara oscura a 26-28°C y después de 5 días se perforaron con agujas de disección (100 a 150 perforaciones/bolsa) para permitir el intercambio gaseoso. Una vez que el sustrato se encontró completamente invadido, las bolsas se trasladaron a la cámara de fructificación y se colocaron aleatoriamente en la litera. La fructificación se indujo incrementando la humedad ambiental y ventilando dos veces al día. Se cosecharon 2 brotes y se registró el tiempo de aparición de los primordios, así como las características morfológicas de los esporóforos: color, tamaño y peso. Con los resultados se calculó la eficiencia biológica (EB = gramos de hongos frescos/100 g de sustrato seco) de acuerdo a Tchierpe y Hartmann (1977) y la tasa de producción (TP) se calculó dividiendo la EB entre el tiempo total, desde la inoculación hasta la cosecha (Royse, 1989).

Determinación del color. La determinación del color se realizó utilizando los atlas de colores de Küppers (1996) y Maerz y Paul (1950).

Análisis estadístico. Se realizó análisis de varianza univariable y multivariante para detectar diferencias entre las variables independientes y la prueba de rango múltiple de Duncan para separar en grupos estadísticamente diferentes (Montgomery, 1991).

Resultados y discusión

En las Tablas 2 y 3 se presentan los tiempos de invasión, formación de primordios y cosechado de las distintas cepas en sustrato estéril y pasteurizado, respectivamente. Por lo general todas las cepas requirieron tiempos mayores con la paja pasteurizada que con la paja estéril. La cepa POROS presentó los tiempos más cortos para la invasión, formación de primordios y primer brote en ambos tratamientos térmicos. Sin embargo, el menor tiempo para completar el segundo brote se observó con la cepa INI8 en sustrato estéril (33 días) y con POROS en paja pasteurizada (37 días).

Tabla 2. Fructificación de cepas de *Pleurotus* spp. en paja estéril

Cepas	Tiempo para completar cada etapa de la fructificación (días)			
	Invasión	Primordios	Brote 1	Brote 2
ECS127 _G	11 ± 0.3 ^a	17 ± 0.1 ^c	24 ± 0.3 ^c	36 ± 0.8 ^b
IB67	11 ± 0.4 ^a	16 ± 0.2 ^c	26 ± 0.4 ^d	35 ± 0.3 ^b
IE136	11 ± 0.3 ^a	17 ± 0.3 ^c	24 ± 0.0 ^c	36 ± 0.2 ^b
INI8	11 ± 0.3 ^a	14 ± 0.1 ^b	22 ± 0.4 ^b	33 ± 0.8 ^a
P15	11 ± 0.3 ^a	18 ± 0.1 ^d	24 ± 0.1 ^c	35 ± 1.1 ^b
POROS	11 ± 0.3 ^a	12 ± 0.3 ^a	20 ± 0.3 ^a	36 ± 0.4 ^b

Datos: promedio de 10 repeticiones ± error estándar

Letras diferentes indican diferencias significativas para cada columna (Duncan, $p < 0.05$)

Tabla 3. Fructificación de cepas de *Pleurotus* spp. en paja pasteurizada

Cepas	Tiempo para completar cada etapa de la fructificación (días)			
	Invasión	Primordios	Brote 1	Brote 2
ECS127 _G	19 ± 0.4 ^b	29 ± 0.8 ^d	34 ± 0.5 ^c	42 ± 0.4 ^c
IB67	19 ± 0.3 ^b	27 ± 0.6 ^c	31 ± 0.4 ^b	41 ± 0.4 ^b
IE136	19 ± 0.0 ^b	21 ± 0.5 ^b	29 ± 0.6 ^a	42 ± 0.6 ^c
INI8	19 ± 0.0 ^b	20 ± 0.0 ^b	29 ± 0.5 ^a	40 ± 0.7 ^b
P15	19 ± 0.0 ^b	29 ± 0.0 ^d	35 ± 0.6 ^c	44 ± 0.3 ^d
POROS	17 ± 0.0 ^a	18 ± 0.0 ^a	28 ± 0.5 ^a	37 ± 0.4 ^a

Datos: promedio de 10 repeticiones ± error estándar.

Letras diferentes indican diferencias significativas para cada columna (Duncan, $p < 0.05$).

Los tiempos para la fructificación en el sustrato pasteurizado fueron significativamente mayores que en el sustrato estéril al considerar tanto todas las cepas en conjunto como de manera individual ($F_{(1,54)}=6.62$, $p=0.013$). Sólo con la cepa POROS no se presentaron diferencias entre tratamientos en el segundo brote, aunque si en el primer brote, donde el tiempo para la invasión y formación de primordios fue menor en el sustrato estéril. Es importante señalar que no se presentaron diferencias significativas entre las réplicas, lo que indica que se contó con el número suficiente de repeticiones.

Los datos de eficiencia biológica (EB) y tasa de producción (TP) que se presentan en la Tabla 4 fueron evaluados con un análisis de varianza univariable (cepas) y multivariante (cepas y repeticiones) para cada uno de los tratamientos térmicos en forma independiente. No se detectó un efecto de las repeticiones con el segundo análisis pero si se encontraron diferencias significativas entre las cepas con ambos tipos de análisis. Al realizar un análisis multivariante incluyendo tratamiento térmico, cepas y repeticiones, se detectaron efectos significativos sobre la EB y la TP debidos al tratamiento térmico, a las cepas y a la interacción cepa-tratamiento, sin detectarse nuevamente, algún efecto significativo entre repeticiones.

Partiendo de los resultados anteriores, se efectuó la prueba de Duncan para la interacción cepa x tratamiento. Se encontró que las cepas IE136, IB67 y P15 presentaron diferencias significativas en la TP entre el sustrato de paja estéril y pasteurizada. Las cepas IE136 e IB67 presentaron mayores valores de TP en paja estéril, mientras que la cepa P15 fue mayor en paja pasteurizada. Es importante mencionar que la cepa POROS presentó buenos rendimientos en ambos sustratos.

Las diferencias en los rendimientos en paja estéril y pasteurizada pueden ser resultado de la descomposición que sufre el sustrato por el drástico tratamiento térmico de esterilización. Bejerre *et al.* (1994) reportaron pérdidas de hasta 54% de lignina y 63% de hemicelulosa al esterilizar paja de trigo suplementada con carbonato de calcio a 170°C. Tratamientos térmicos menos drásticos también producen pérdidas significativas de los componentes de la paja. Ramírez-Carrillo (1989) indicó pérdidas de 8% de lignina, 20% de glucanos y 21% de xilanos con la pasteurización de la paja. Debido precisamente a que la esterilización es un tratamiento térmico muy

drástico, los componentes de la paja pueden tornarse más disponibles para el desarrollo *Pleurotus*.

Tabla 4. Producción de cepas de *Pleurotus* spp. en paja estéril y pasteurizada (dos brotes)

Cepas	Eficiencia biológica acumulada (g de hongos frescos/ 100 g de sustrato seco)		Tasa de producción (EB/tiempo de cultivo)
	Brote 1	Brote 2	
Paja estéril			
ECS127 _G	45.5 ± 2 ^b	64.7 ± 3 ^b	1.81 ± 0.0 ^b
IB67	52.2 ± 3 ^c	77.0 ± 3 ^b	2.17 ± 0.1 ^c
IE136	102.1 ± 2 ^e	132.4 ± 5 ^e	3.71 ± 0.5 ^c
INI8	46.7 ± 4 ^b	67.3 ± 4 ^b	2.03 ± 0.1 ^c
P15	36.7 ± 3 ^b	59.5 ± 5 ^b	1.70 ± 0.1 ^b
POROS	89.7 ± 7 ^e	115.6 ± 8 ^d	3.21 ± 0.2 ^d
Paja pasteurizada			
ECS127 _G	52.2 ± 4 ^c	80.2 ± 7 ^c	1.91 ± 0.2 ^b
IB67	17.7 ± 3 ^a	29.3 ± 2 ^a	0.73 ± 0.0 ^a
IE136	68.4 ± 7 ^d	102.9 ± 9 ^d	2.45 ± 0.2 ^c
INI8	55.6 ± 6 ^c	81.1 ± 9 ^c	2.07 ± 0.2 ^c
P15	65.2 ± 6 ^c	91.6 ± 7 ^c	2.08 ± 0.2 ^c
POROS	74.4 ± 6 ^d	109.7 ± 6 ^d	2.98 ± 0.3 ^d

Letras diferentes para cada columna indican diferencias significativas entre las cepas (Duncan, $p < 0.05$).

En la Tablas 5 y 6 se indican las características de los esporóforos producidos por las distintas cepas en paja estéril o pasteurizada. Los esporóforos de todas las cepas fueron por lo general más pesados y más grandes (píleo y estípites) cuando se les cultivo en paja estéril que en paja pasteurizada. Las cepas ECS127_G, INI8 y POROS presentaron los esporóforos más grandes, con un peso unitario de 12 y 13 g en paja estéril y 9, 10 y 11 g en paja pasteurizada. En un segundo grupo, con esporóforos menos pesados se encuentran las cepas IB67 e IE136 con 8 g en paja estéril y 7 g en paja pasteurizada. La cepa P15 produjo los esporóforos más ligeros, 5 g en paja estéril o pasteurizada.

Con relación al tamaño de los esporóforos, en la paja estéril, las cepas ECS127_G, IE136 y P15 mostraron píleos de 12 cm (estípites de 1-3 cm) seguidas de IEB67 y POROS con píleos de 9 cm (estípites de 3 a 4 cm) y por último la cepa INI8 con 8 cm de píleo y estípites de 5 cm. En el sustrato pasteurizado también se formaron 3 grupos: IB67 con píleos 9 cm (estípites de 3 cm) seguida de P15 con píleos de 8 cm (estípites de 1 cm) y en el último grupo

ECS127_G, IE136, INI8 y POROS con pileos de 7 cm y estípites de 1 a 2 cm. Por lo general el tamaño del estípite y pileo de los esporóforos fue mayor en las cepas cultivadas en paja estéril comparados con las cepas cultivadas en paja pasteurizada.

Tabla 5. Esporóforos de diferentes cepas de *Pleurotus* spp. en paja estéril

Cepas	Color	Pileo (cm)	Estípite (cm)	Peso (g)
ECS127 _G	Cacahuete (12/2B)	12±0.5 ^c	3±0.2 ^c	13±0.5 ^c
IB67	Gris rosáceo (3/1B)	9±0.3 ^b	3±0.2 ^c	8±0.3 ^b
IE136	Gris azulado (41/7A)	12±0.4 ^c	1±0.0 ^a	8±0.2 ^b
INI8	Cacahuete (12/2B)	8±0.2 ^a	5±0.0 ^c	12±0.4 ^c
P15	Gris (35/4A o 36/6A)	12±0.6 ^c	2±0.0 ^b	5±0.3 ^a
POROS	Rosa perla (1/8F)	9±0.3 ^b	4±0.2 ^d	13±0.6 ^c

Nota. Datos promedio de 10 repeticiones ± error estándar. Datos redondeados a la cifra inmediata superior (>0.5), o inferior (<0.5). Letras diferentes indican diferencias significativas para cada columna (Duncan, p< 0.05).

Tabla 6. Esporóforos de diferentes cepas de *Pleurotus* spp. en paja pasteurizada

Cepas	Color	Pileo (cm)	Estípite (cm)	Peso (g)
ECS127 _G	Cacahuete (12/2B)	7±0.3 ^a	1±0.0 ^a	11±0.6 ^c
IB67	Gris rosáceo (3/1B)	9±0.2 ^c	3±0.2 ^c	7±0.2 ^b
IE136	Gris azulado (41/7A)	7±0.2 ^a	1±0.0 ^a	7±0.2 ^b
INI8	Cacahuete (12/2B)	7±0.2 ^a	5±0.3 ^d	10±0.3 ^c
P15	Gris (35/4A o 36/6A)	8±0.1 ^b	1±0.0 ^a	5±0.4 ^a
POROS	Rosa perla (1/8F)	7±0.2 ^a	2±0.0 ^b	9±0.4 ^c

Nota. Datos promedio de 10 repeticiones ± error estándar. Datos redondeados a la cifra inmediata superior (>0.5), o inferior (<0.5). Letras diferentes indican diferencias significativas para cada columna (Duncan, p< 0.05).

La coloración de los esporóforos de las 6 cepas fue idéntica en ambos tipos de sustratos con excepción de la cepa POROS que produjo

esporóforos color de rosa que fueron ligeramente más claros en la segunda cosecha.

Conclusiones

Las cepas IE136 y POROS presentaron las mayores productividades en ambos tipos de sustratos. La cepa POROS se encuentra adicionalmente dentro de las que produjeron esporóforos significativamente más grandes y pesados lo que la hace una buena candidata para la producción comercial, mas aún, siendo la única cepa productora de esporóforos de color rosa. Se observó que el rendimiento no se vio afectado por el tratamiento térmico en 3 de las 6 cepas utilizadas, mientras que con 2 cepas se obtuvieron mayores rendimientos en paja estéril y con la otra en paja pasteurizada. El tratamiento térmico del sustrato juega un papel importante sobre la biodisponibilidad y la degradación por parte del hongo, lo cual también depende de la cepa utilizada. De igual forma, si bien la fructificación en paja pasteurizada es más lenta que en paja estéril, esto no puede generalizarse para todas las cepas utilizadas en este estudio.

Literatura citada

- Bejerre, A.B., A.B. Olsen, T. Fernqvist, A. Plöger, A.S. Schmidt, 1996. Pretreatment of wheat straw using combined wet oxidation and alkaline hydrolysis resulting in convertible cellulose and hemicellulose. **Biotech. Bioeng.** 40: 568-577.
- Guzmán, G., G. Mata, D. Salmones, C. Soto-Velazco, L. Gúzman-Dávalos, 1993. **El cultivo de los hongos comestibles con especial atención a las especies tropicales y subtropicales en esquilmos y residuos agroindustriales.** Instituto Politécnico Nacional, México.
- Küppers, H., 1996. **Atlas de los colores.** Ed. Blume, Barcelona.
- Leal, H., 2000. **Guía técnica para la producción de setas en pequeña y mediana escala.** FONAES, SEDESOL, México.
- Maerz, A., M.R. Paul, 1950. **A Dictionary of Color.** Mc Graw Hill, New York.
- Montgomery, D.C., 1991. **Design and Analysis of Experiments.** 3rd ed. John Wiley and Sons, Inc. New York.
- Paredes, P., 1996. Evaluación de la productividad de diferentes cepas comerciales del hongo comestible *Pleurotus* spp. **Tesis química en alimentos.** UNAM. Facultad de Química, México.
- Paredes, P., H. Leal, R. Ramírez, A. Arias-García, 1996. Criterios de selección de cepas de *Pleurotus* spp. para mejorar la competitividad de la producción comercial. **Micol. Neotrop. Apl.** 9: 67-79.
- Ramírez, C.R., 1989. Producción y caracterización de cepas de *Pleurotus ostreatus* capaces de producir degradación selectiva de la lignocelulosa. **Tesis Maestría.** UNAM, México, 65.
- Royse, D.J., 1989. Factors influencing the production rate of shiitake. **Mushroom J. Tropics** 9:27-138.

Tchierpe, M.J., K. Hartmann, 1977. A comparison of different growing methods. **Mush. J.** 60: 404-416.

Recibido: 15 de noviembre, 2002. Aceptado: 9 de junio, 2003.
Solicitud de sobretiros: Gustavo Valencia del Toro