

Evaluación de la productividad de dos cepas de *pleurotus* spp sobre pulpa de café *coffea canephora pierre ex frhoener*

Evaluation of the productivity of two strains of *pleurotus* spp on coffee pulp *coffea canephora pierre ex frhoener*

Dra. C. Rosa Catalina Bermúdez Savón, Dra. C. Nora García Oduardo, Lic. Kodjovi Kekeli Agbozouhoue, MSc. Migdalia Serrano Alberni

Centro de Estudios de Biotecnología Industrial (CEBI). Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba.
catalina@uo.edu.cu

Resumen

Las despulpadoras que benefician el café por vía húmeda, generan grandes cantidades de pulpa de café que se vierten al ambiente. La pulpa de café tiene una cantidad apreciable de materiales fermentables, que se pueden aprovechar por la fermentación sólida, cultivando setas comestibles del género *Pleurotus*. El objetivo de este trabajo fue evaluar la productividad de dos cepas de *Pleurotus*, utilizando dos tipos de biorreactores: en bolsas y en bandeja. El estudio se desarrolló en la planta de investigación-producción del Centro de Estudios de Biotecnología Industrial, empleando como sustrato la pulpa de café *Coffea canephora Pierre ex Frhoener*. El sustrato fue inoculado con dos cepas CCEBI 3024 y CCEBI 3023, con 7 réplicas para cada biorreactor, en una proporción de 10 % del peso húmedo de sustrato. Como parámetros de productividad se midieron Eficiencias Biológicas (EB), Rendimiento (R) y la Precocidad (P). Los resultados obtenidos en las dos cepas CCEBI 3024 y CCEBI 3023 en las bolsas mostraron que las (EB) fueron 57,7% y 59,4%, respectivamente y el Rendimiento 16,5% y 17,0%, respectivamente, fueron similares para las dos cepas, solo presentaron diferencias significativas en la Precocidad. Con respecto al cultivo en bandejas, las (EB) fueron 25,2% y 26,0%, respectivamente y el Rendimiento fue 7,3% y 7,4% también fueron similares, con diferencias significativas en la Precocidad. Dada la productividad mostrada se puede concluir, que es más conveniente, el cultivo en bolsas para ambas cepas.

Palabras claves: Fermentación en estado sólido, biorreactor de bandeja, rendimiento, eficiencia biológica, precocidad, setas comestibles.

Abstract

The coffee process industries, that benefit the wet coffee, generate large amounts of coffee pulp that are discharged into the environment, constituting a contamination for this. The coffee pulp has an appreciable amount of fermentable materials, which can be exploited by solid-state fermentation by cultivating edible mushrooms of the *Pleurotus* genus, which has been the object of numerous studies because its fruiting body constitute a food and also because is a producer of enzymes of Industrial interest. The objective of this work was to evaluate the productivity of two strains of *Pleurotus* using two types of bioreactors: in bags and in tray. The study is carried out in the research-production plant of the Industrial Biotechnology Center Study, using coffee pulp *Coffea canephora* Pierre ex Frhoener as substrate. The substrate was inoculated with two strains CCEBI 3024 and CCEBI 3023, with 7 replications for each bioreactor, at a ratio of 10% of the wet substrate weight. As productivity parameters, Biological Efficiencies (EB), Yield (R) and Precocity (P) were measured. The results using the bags showed that Biological Efficiencies (57, 7% -59, 4 %,) and Yield (16.5% -17.0%) were similar for both strains, only showed significant differences in Precocity. With respect to tray culture, Biological Efficiencies (25.2% -26,0%) and Yield (7.3% -7.4%) were also similar, with a significant difference in Precocity. According to the productivity shown, the culture in bags for both strains can be concluded more convenient.

Keywords: solid-state fermentation, tray bioreactor, yield, biological efficiency, precocity, edible mushroom.

INTRODUCCION

El cultivo de *Pleurotus* spp. a pesar de ser relativamente reciente, ha tenido un desarrollo muy rápido, de tal manera que en la actualidad se cultiva en casi todas las latitudes del mundo /1/. Su caso merece una atención especial: más que cualquier otro de los géneros cultivados hasta ahora, debido a la diversidad de substratos sobre los que es capaz de crecer, permite apreciar de manera directa el impacto benéfico de cultivar hongos para el aprovechamiento de desechos agropecuarios. /2/

El cultivo del café en las zonas montañosas es el 85 % del total que se cultiva en Cuba y en su beneficiado por vía húmeda se generan subproductos: pulpa, mucílago, pergamino, jugo, agua de lavados, etcétera. Se demostró que estos subproductos no son completamente aprovechados y se vierten al medio sin tratamiento, lo cual provoca contaminación de aguas y suelos deteriorando el medio ambiente. /3/

La pulpa de café representa el 40 % de todo el grano que se despulpa, por su composición química rica en azúcares, presenta potencialidades que son atractivas para ser empleadas como materia prima en diferentes procesos o tecnologías de fermentación en estado sólido (FES) como son: producción de bioabono, producción de biogás, alimento animal, y como sustrato puro o mezclado en la producción de

setas comestibles. Estas tecnologías permiten utilizar un sustrato disponible y barato, eliminar la contaminación y a su vez generar beneficios en el orden económico, social y ambiental./1/,

Entre los microorganismos estudiados y empleados para la biotransformación de los compuestos antes mencionados y a la vez producir setas comestibles, dándole valor a la pulpa de café; está el *Pleurotus spp* . Este basidiomiceto ha sido objeto de numerosos estudios por constituir un alimento su cuerpo fructífero, ser productor de enzimas de interés industrial y además por ser biotransformador de sustratos lignocelulósicos /4/.

El café de la zona oriental se cultiva en dos variedades: *Coffea arabica* L , originaria de las altiplanicies de Abisinia y cultivada en tierras altas, sobre todo en la América Central y del Sur, con granos muy aromáticos y mucha cafeína y *Coffea canephora Pierre ex Frhoener* , cultivada sobre todo en tierras bajas africanas, con granos menos aromáticos y con poca cafeína /5, 6/. Ambas presentan composición semejante /7, 8/ pero, cuando se cultivó sobre ellas la cepa de referencia CCEBI 3024, el mayor rendimiento se obtuvo con la pulpa *Coffea arábica* L.

Existe mucha información sobre el cultivo de *Pleurotus spp* . sobre pulpa de café *Coffea arabica* L /3, 4, 9, 10/ pero, son pocos los resultados de la producción de las cepas de *Pleurotus* sobre pulpa de café *Coffea canephora Pierre ex Frhoener* , por lo que resulta interesante evaluar las potencialidades productivas de este sustrato.

Por otra parte, la producción y los parámetros morfológicos de los cuerpos fructíferos en el cultivo del *Pleurotus* varían no solo en dependencia de la especie, sino también en dependencia del biorreactor empleado, por todo esto, el objetivo de este trabajo fue evaluar la producción de las cepas CCEBI 3023 y CCEBI 3024 del género *Pleurotus* sobre pulpa de café *Coffea canephora Pierre ex Frhoener* , empleando biorreactores de bolsas y de bandejas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El desarrollo experimental de la investigación se realizó en condiciones controladas en la Planta de Investigación- Producción de setas comestibles del Centro de Estudios de Biotecnología Industrial (CEBI) de la Facultad de Ciencias Naturales y Exactas de la Universidad de Oriente .

Se emplearon las cepas *Pleurotus ostreatus* variedad Florida, clasificada como CCEBI 3024 y *Pleurotus ostreatus* como CCEBI 3023, ambas de la colección de cultivos del CEBI.

Se utilizó como sustrato la pulpa de café variedad *Coffea canephora Pierre ex Frhoener* procedente del Centro de beneficio húmedo "Filé" en el municipio III Frente, Santiago de Cuba, sometida a un proceso de secado solar para su posterior almacenamiento y traslado. Se realizó el estudio sobre el sustrato puro empleando como biorreactores bolsas de polietileno transparentes (500g) y bandejas plásticas (500g).

La preparación de las bandejas y las bolsas con el sustrato inoculado se realizan según la metodología establecida en la planta /11/. Las condiciones en las etapas de colonización y fructificación se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Condiciones establecidas para el cultivo de setas comestibles *Pleurotus*

Sustrato	Pulpa de café variedad <i>Coffea canephora</i>
Capacidad del biorreactor	500 g de sustrato húmedo
Humedad del sustrato de siembra	70-75 %
Inoculación	Micelio crecido en sorgo, 10% masa/masa
Fase colonización	Temperatura: 25± 1°C Humedad relativa del ambiente: <95% Concentración CO ₂ : aire normal, 20-25% Luminosidad: Penumbra
Fase fructificación	Temperatura: 21± 1°C Humedad relativa del ambiente: >95% Riegos: 3-4 veces/día (en piso y paredes) Concentración CO ₂ : <0,6%, ventilación forzada Luminosidad: 150-200 lux (suficiente para leer)

Como parámetros de productividad se midieron Eficiencias Biológicas (EB) (porcentaje de peso fresco de setas cosechadas/peso seco inicial del sustrato), Rendimiento(R) (porcentaje de peso fresco de setas cosechadas/peso húmedo inicial del sustrato) y la Precocidad (P) (tiempo de aparición de los primordios) para cada biorreactor. Se evaluaron algunas características de los cuerpos fructíferos obtenidos por los aspectos morfológicos: forma, color; textura y diámetro de los mismos.

De cada tipo de biorreactor se realizaron 7 réplicas. Para el tratamiento estadístico de los resultados se utilizó el software Statgraphics® Centurion XV. En el caso de diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos experimentales, las medias fueron comparadas mediante el test de rangos múltiples de Duncan. En todos los casos se utilizó un nivel de significación del 0.05 %.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Cultivo de las dos cepas en biorreactor de bolsa.

El proceso de colonización y fructificación en las bolsas se desarrolló con éxito, evaluando los parámetros productivos hasta la segunda oleada. El ciclo productivo fue de 33 días. En la tabla 2 se presentan los parámetros productivos del cultivo de las dos cepas en bolsas.

Tabla 2. Parámetros productivos de las cepas cultivadas en bolsas

Cepas	P (días)	Producción(g)		E B (%)	R (%)
CCEBI 3024	13	Primera oleada 507,2 ± 20,8	Total	57,7	16,5
		Segunda oleada 70,6 ± 5,1	577,8±25,7		
CCEBI 3023	18	Primera oleada 497,1± 19,1	Total	59,4	17,0
		Segunda oleada 98 ± 12,2	595,1±31,3		

Como puede observarse, la cepa CCEBI 3024 colonizó más rápido que la CCEBI 3023, la precocidad fue de 13 días en la primera, mientras fue de 18 días en la segunda, sin embargo, las EB y la R fueron prácticamente iguales y entre ellas no hubo diferencia significativa, resultados semejantes alcanzó García /11/ sobre la pulpa *Coffea arabica*. La producción promedio en gramos de la CCEBI 3024 y CCEBI 3023 por bolsa fue de 72,5 ± 20,8 y 71,0 ±19,0, respectivamente. En estas condiciones las cepas de acuerdo a /12/ lograron una buena productividad, pues los valores de eficiencia biológica y el rendimiento son superiores a 40% y 10%, respectivamente.

En la tabla 3 se presentan las características de las setas cosechadas, donde la CCEBI 3023 tiene diámetro promedio de 4,2 ±1,4 cm y la CCEBI 3024 con un valor 3,6 ±1,9 cm. Se observó que los carpóforos de la CCEBI 3023 presentaron una consistencia más carnosa, tenían setas con estípites más largos y sombrerillo más ancho.

Tabla 3. Características de las setas cultivadas en bolsas

Cepas	Diámetro (cm)		Número total de setas	
	Primera oleada	Segunda oleada	Primera oleada	Segunda oleada
CCEBI 3024	3,3 ± 0,7	3,6 ± 1,9	155	40
CCEBI 3023	4,2 ± 1,4	3,1 ± 1,2	148	60

En general las dos cepas presentaron setas del mismo color, que fueron blancas grisáceas, pero algunas setas de la CCEBI 3024 exclusivamente, en la parte del sombrerillo tuvieron color gris oscuro.

Cultivo de las dos cepas en biorreactor de bandeja.

La evaluación del cultivo en bandejas, tiene importancia, de acuerdo con Mitchell /13, 14, 15/ para la realización de sistemas industriales automatizados, en plantas piloto de fermentación sólida, por lo que primero deben de establecerse las experiencias a nivel de laboratorio.

Los resultados muestran que el ciclo productivo fue de 45 días, mayor que para el cultivo en bolsas. Las EB y R en la bandejas para las dos cepas fueron similares y menores que en las bolsas, como puede verse en la tabla 4. Esto puede ser debido a que la superficie donde podían desarrollarse los cuerpos fructíferos eran menores, ya que la parte inferior estaba prácticamente sellada. También la apertura superior no ayudó a conservar la humedad en algunas bandejas antes de la fructificación, sobre todo, en el caso de la CCEBI 3023 que posee más tiempo de precocidad.

Tabla 4. Parámetros productivos de las cepas cultivadas en bandejas

Cepas	P (días)	Producción(g)		E B (%)	R (%)
		Primera oleada	Total		
CCEBI 3024	10	Primera oleada 175,6 ± 8,5	254,5±13,7	25,4	7,3
		Segunda oleada 78,9 ± 5,3			
CCEBI 3023	29	Primera oleada 187,7 ± 17,8	Total 260,8±18,4	26,0	7,4

En la tabla 5 se observa que el diámetro y el número de setas, es menor que en el cultivo en bolsas, debe ser consecuencia de la dificultad de mantener la humedad necesaria en el sistema.

Tabla 5. Características de las setas cultivadas en bandeja

Cepas	Diámetro (cm)		Número total de setas	
	Primera oleada	Segunda oleada	Primera oleada	Segunda oleada
CCEBI 3024	3,1 ± 0,6	3,0 ± 0,9	92	43
CCEBI 3023	3,5 ± 2,1	2,1 ± 1,2	97	49

CONCLUSIONES

1. Dada la productividad alcanzada en los biorreactores, es más conveniente, el cultivo en bolsas para ambas cepas.
2. Los parámetros morfológicos diámetro y número de setas son mayores en el biorreactor de bolsa.
3. En las cepas no hubo diferencias en el color de los cuerpos fructíferos.

BIBLIOGRAFÍA .

1. CHANG, S. T and P. G. Miles. *Mushrooms, Cultivation, Nutritional Value, Medicinal Effect, and Environmental Impact* . , Boca Raton: CRC Press, 2004, 451 p
2. SÁNCHEZ, J.E.; ROYSE, D.J. La Biología y el Cultivo de *Pleurotus* spp. México, D.F. Limusa. 290p, 2002 ISBN 968-18-6357-7.
3. RODRÍGUEZ, VALENCIA Nelson et al, "Cultivo de hongos comestibles del género *Pleurotus* sobre residuos agrícolas de la zona cafetalera". *Cenícafé. Boletín Técnico* núm. 27, 2005.
4. BERMÚDEZ SAVÓN, Rosa C y GARCÍA N. "Cultivo de setas comestibles (*Pleurotus*) en el Centro de Estudios de Biotecnología Industrial (CEBI), Cuba". En: D. Martínez-Carrera, N. Curvetto, M. Sobal, P. Morales & V. M. 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*. México: Red Latinoamericana de Hongos Comestibles y Medicinales: Producción, Desarrollo y Consumo. Colegio de Posgraduados, 2010. p 489-512.
5. BRESSANI R. Factores antifisiológicos de la pulpa de café. En: *Pulpa de café: composición, tecnología y utilización*. Braham JB y Bressani R. (eds.) International Development Research Center Ottawa, Canadá.1979, p 143-152.
6. SASSON A. La alimentación del hombre del mañana. Editorial Reverté, S.A., Barcelona.1993. 807p.
7. GROSS, P. "Influencia del manganeso y el calcio en el cultivo de *Pleurotus ostreatus* sobre pulpa de café *Coffea canephora Pierre ex Froehne r*". Tesis de Máster en Biotecnología. Centro de Estudios de Biotecnología Industrial. Universidad de Oriente. 2001, 52 p.
8. VERDECIA GARCÍA M.J. " Cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* var. Florida sobre pulpa de café en condiciones rurales." Tesis en opción a título de Máster en Biotecnología. CEBI, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Oriente. 1999
9. FAN L, et al. "Use of various coffee industry residues for the cultivation of *Pleurotus ostreatus* in solid state fermentation". *Acta Biotechnologica*, 2000 , vol 20, num 1, p 41-52.
10. MARTÍNEZ-CARRERA D et al Commercial production and marketing of edible mushrooms cultivated on coffee pulp in Mexico. Capítulo 45 En: *Coffee Biotechnolgy and Quality*. Sera T, Soccol CR, Pandey A, Roussos S. (eds.) Kluwer Academic Publisher. 2000, p 471-488

11. GARCIA ODUARDO Nora. "Producción de setas comestibles y enzimas lacasas por fermentación en estado sólido de la pulpa de café con *Pleurotus spp*". Tesis de Doctorado. Universidad de Oriente. Santiago de Cuba. 2008
12. TSCHIERPE, H. J. and K. HARTMANN, 1977. A comparison of different growing methods. *Mushroom Journal* 60: 404-416.
13. MITCHELL. D, et al. Scale-up strategies for packed-bed bioreactors for solid-state fermentation. *Process Biochemistry* 1999, vol 35, núm 1-2, p 167-178.
14. MITCHELL. D, et al. *Solid -State Fermentation Bioreactors, fundamentals of design and operation*. Springer- Verlag Berlin Heidelberg 2006, núm 2-5; p 65-67
15. RUÍZ-LEZA, H. A. "Diseño de biorreactores para fermentación en medio sólido"; revista mexicana de ingeniería química 2007, vol. 6, núm .1, p 33-40

Recibido: Noviembre 2017
Aprobado: Marzo 2018

Dra. C. Rosa Catalina Bermúdez Savón. Centro de Estudios de Biotecnología Industrial (CEBI). Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba.