Artículo científico

CULTIVO DE *PLEUROTUS OSTREATUS* (JACQ.) P. KUMM. EN PAJA DE FRIJOL COMÚN *(PHASEOLUS VULGARIS* L.).

Liuba Plana Pérez[1], Emilio Hernández Alonso[1], Lumey Llera Rodríguez[2], Cira Duarte García[2] y Tomás Shagarodsky Scull[1].

RESUMEN

Este trabajo muestra los resultados obtenidos durante el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*, con el empleo de la paja de frijol común. Se exponen los parámetros productivos alcanzados de 415 g de hongos frescos por cada 0,8 kg de substrato, en un ciclo de 46 días, con un crecimiento micelial robusto del basidiomiceto a los 21 días de inoculación en condiciones de oscuridad total y un rango de temperatura de fructificación entre 24 y 28 ^{o}C. Esta tecnología de uso del residual de la postcosecha del frijol permitió reciclar desechos lignocelulósicos en cuerpos fructíferos de hongos con un contenido de proteínas de 3,18 % por cada 100 g de hongo frescos, con una eficiencia biológica (EB) de 51,88 %; en armonía con la salvaguarda del medioambiente. En Cuba, es tradicional el cultivo del frijol, por lo que este nuevo uso de su paja, garantizará la producción de dos alimentos nutritivos para el consumo humano: en una primera etapa la obtención de la legumbre y en una segunda etapa la producción de hongos; lo que resulta de gran importancia.

Palabras clave: hongo comestible *Pleurotus ostreatus,* paja de frijol común*,* alimento humano*.*

Cultivation of *Pleurotus ostreatus (*Jacq.) P. Kumm*.* in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) straw.

ABSTRACT

This work show the obtained results during the cultivation of the edible mushroom *Pleurotus ostreatus* with the employment of common bean straw. It exposed the productive parameters of 415 g of fresh mushrooms by each 0.8 kg of substrate, in a cycle of 46 days, with a robust mycelia growth of the basidiomycete at 21 days of inoculation in total darkness conditions and a fructification temperature range between 24 and 28 ^{o}C. This technology of bean residual postharvest use allowed recycling lignocellulosic wastes in mushrooms fruitbodies with a content of 3.18 % proteins for each 100 g of fresh mushrooms, with a biological efficiency (EB) of 51.88 %; in harmony with environment safeguard. In Cuba, is traditional the bean cultivation, for that this new employment of it straw, will be guaranteed the production of two nutritional foods for human consumption: in a first stage the leguminous obtaining and a second stage the mushrooms production; resulting of great importance.

Key words: edible mushroom *Pleurotus ostreatus,* common bean straw*,* human food*.*

---

[1]MSc. Liuba Plana Pérez, Investigador Agregado del Departamento de Recursos microbianos y Productos Bioactivos del Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical “Alejandro de Humboldt” (INIFAT). Calle 188 No. 38754 entre 397 y Linderos, Santiago de la Vegas, La Habana, Cuba. E-mail: labhongo@inifat.co.cu, [2]Instituto de Investigaciones de la Industria Alimenticia (IIIA). Carretera Guatao Km $3^{1/2}$, La Lisa 19200, La Habana, Cuba.

INTRODUCCIÓN

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es una fuente importante de proteínas, carbohidratos, vitaminas, minerales, fibras y compuestos fenólicos con propiedades antioxidantes. Es dentro de las leguminosas comestibles, la especie más explotada en Cuba, siendo el tercero con mayor área sembrada después del arroz y el maíz. En 2016, de acuerdo a la Oficina Nacional de Estadísticas e Información (ONEI) la superficie cosechada y en producción del cultivo de frijol reportada fue de 122 545 ha, de ellas 4792 ha del sector estatal y 117 753 ha del sector no estatal; lo que tributó a la generación de gran cúmulo de substrato residual (paja). Si bien en la última década, el país comenzó a emplearlo como cobertura de suelo debido a su bioconversión como productores de biomasa y suministradores de nutrientes capaces de mantener el potencial productivo del suelo en regiones tropicales (Rivero *et al.*, 2016); el espectro de uso se puede extender a la producción de hongos comestibles, como una nueva experiencia a implementar en el reciclaje de la misma.

Las especies de hongos comestibles del género *Pleurotus* se caracterizan por su buen sabor y por poseer aminoácidos esenciales, vitaminas y minerales en mayor cuantia que muchos alimentos tradicionales, así como compuestos medicinales, todo lo cual le confiere su valor como alimento altamente beneficioso al hombre (Nasreen *et al*., 2016). Sin embargo la nutrición del hongo tiene su base en la calidad del substrato vegetal donde se producirá (Adjapong *et al.,* 2015), por lo que en este trabajo se evaluó, a partir de la disponibilidad de nutrientes presentes en la paja de frijol, la obtención de cuerpos fructíferos de alta calidad nutricional y degustación apropiada.

MATERIALES Y MÉTODOS

Cepas de hongos empleadas

Se utilizó la cepa de *P. ostreatus* P969, conservada en el banco de cepas comestibles y medicinales del Cepario de Hongos del INIFAT (Colección 853 de la WFCC), proveniente de la Universidad Agraria y Forestal (FAFU), de Fujian, China.

Preparación del inóculo

Inóculo primario: Se vertieron los tubos de la cepa P969 durante 12 horas para eliminar el medio conservante, transfiriendo un pequeño fragmento del borde del cultivo, mediante el uso de una aguja estéril, a placas de Petri con medio Avena-Agar, para su posterior siembra en canecas con igual medio de cultivo y se incubaron a 30 ^{o}C de temperatura durante 48-72 horas.

Inóculo secundario: Se inocularon erlenmeyers de 300 g de semilla de sorgo rojo (*Sorghum bicolor* L.) previamente procesadas, con tres porciones de 20 g de micelio del hongo y se incubaron a 27-30 ^{o}C, durante 15 días en la oscuridad total.

Preparación del substrato

Se recolectaron 56 kg de paja seca de frijol (cosecha 2017), provenientes de las áreas de la UCTB Campo del INIFAT, se molió con el auxilio de un molino de cuchillas y se le adicionó CaOH al 2 % como desinfectante y para aumentar pH; se hidrató en una tina durante 24 h y posteriormente se dejó fermentar bajo el sol durante 15 dias. Luego el substrato se depositó en potes plásticos autoclaveables y se esterilizo en autoclave durante 1h a 121 ^{o}C y 1,5 atmósfera de presión.

Inoculación del substrato: Posterior a la esterilización se dejo enfriar durante 4 h y una

vez que la temperatura descendió a 27 ^{o}C se inoculó la paja en el centro del recipiente en condiciones asépticas con 80 g de inóculo, para un peso total aproximado por cada uno de ellos de 1 kg. Luego se incubaron bajo condiciones de oscuridad total hasta observarse la colonización total del substrato.

Evaluación de nutrientes: En el Laboratorio de Análisis Bromatológico y Nutricional del IIIA se determinó el contenido en nutrientes a partir de muestras de substrato de 500 g masa seca y de hongo 250 g masa húmeda, mediante la determinación del contenido de humedad (Método Gravimétrico de A.O.A.C.,1980), el contenido proteínas totales (Método de Kjeldah. según Chang (2003) y Dike (2011), el contenido de cenizas totales (Método Gravimétrico en horno de incineración, según Elliott (1991), el contenido de grasas (Método de James extracción en solventes por soxhlet, 2006), contenido de fibras totales (Método Gravimétrico de Weende, según Segura, 2007),

Evaluación sensorial: Se realizó mediante prueba descriptiva (NC ISO 13299: 2008) de las características: apariencia, olor, sabor y textura; a partir de 500 g de muestra de hongo fresco.

Preparación del cultivo madre

A partir de un cuerpo fructífero fresco y de alta calidad en cuanto a tamaño y forma, cosechado en la Casa de cultivo 2 del INIFAT, se realizó el cultivo madre mediante un corte longitudinal de la estipe del basidioma, se tomó un fragmento bajo del pileus y se sembró en medio Avena-Agar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante la producción del inóculo primario y secundario de la cepa P969, se obtuvieron micelios robustos, algodonosos de color blanco intenso, logrando obtener una colonización exitosa de la semilla de sorgo a los 10 días, como se muestra en la Figura 1.



Figura 1. Inóculo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* (P969).

En cuanto a la paja de frijol inoculada, se observó en el interior de los potes a las 21 días de incubación, una total colonización del substrato (Figura 2), con registros de temperatura y humedad relativa (HR) de 27-30 ^{o}C y 64-75 % respectivamente.

Una vez que se trasladaron y ubicaron en literas dentro de la casa de cultivo y destaparon, el micelio expuesto a mayor luminosidad, aereación y HR de entre 70 % y 85 %, comenzó a desarrollar los primordios al día 25, bajo temperatura de hasta 34 ^{o}C.

Como se muestra en la Figura 3, luego de transferirse los potes al módulo de cultivo, comenzaron a brotar los pequeños cuerpos a los 5-7 días logrando completar su talla a los dos días posteriores, período donde se realizó la primera cosecha. Alrededor de los 13 y 15 días se efectuó una segunda y entre los 18 y 25 días, la tercera para un ciclo productivo de 46 días.



Figura 2. Incubación de P969 en potes plásticos de 0,8 kg de substrato.



Figura 3. Cultivo del hongo comestible *P. ostreatus* con el uso de la paja de frijol. **A.** Formación de basidiomas. **B.** Cuerpos fructíferos maduros.

Su desarrollo en forma de ramillete, y su cuerpo de textura fina fue característico durante todo el proceso productivo, donde se evidencia un alargamiento de la estipe, lo cual según Khan y Chandra (2017) está condicionado a que las especies de este género, presentan fototropismo

positivo. Cuando la luz es escasa, los carpóforos se manifiestan de color blanquecino y los estipes (o pies del hongo), se alargan.

Autores refieren que la luz necesaria debe estar cercana a los 200 lux (Chang, 2011), lo cual tiene sentido si analizamos que el cultivo se realizó en las literas aledañas al pasillo central, donde la mayor disposición de luz, incide de forma natural por los laterales en las horas tempranas del día y en el centro a partir del mediodía.

La productividad en paja de frijol del cultivo de P969 fue de 518,8 $g.kg^{-1}$ substrato vegetal, con una Eficiencia Biológica (EB) total entre las tres cosechas de 51,88 %; lo que según Garzón y Cuervo (2008) se percibe una calidad productiva del substrato aceptable, a partir de valores de EB superiores al 50 %.

El contenido de nutrientes de la paja (Tabla 1), mostró valores de proteínas de alrededor de un 5 % (4,92 %) por cada 100 g de masa seca y 76,34 % de carbohidratos por lo que la composición N/C orgánico disponible para la nutrición del hongo durante su desarrollo estuvo favorecida, si lo comparamos con otros substratos tradicionalmente empleados (Tabla 2).

Tabla 1. Contenido de nutrientes de la paja de frijol (100 g /masa seca).

Nombre de la muestra	**Humedad (%)**	**Proteínas Totales (%)**	**Grasa (%)**	**Carbohidratos Totales (%)**	**Cenizas (%)**
Paja de frijol (muestra 374/15)	8,35	4,92	0,34	76,34	10,05

Sin embargo, hay que destacar que a escala industrial, en sus materiales de referencia sobre la producción de hongos en China autores como WenJie *et al*. (2013) y Lin Dongmei y Lin Zhanxi (2014) refirieron la necesidad para lograr una alta productividad y calidad de los basidiomas, de incrementar las concentraciones de nitrógeno orgánico presente en los substratos naturales con la adición de un 10-20 % de harinas de trigo o soya, dentro de otras formulaciones existentes para ésta especie fúngica; de lo cual en este trabajo no se hizo uso.

De la primera cosecha, se seleccionaron los basidiomas de mayor tamaño de carpóforo y de maduración moderada y se les realizó la evaluación sensorial que se muestra en la Figura 4, con criterio de aceptable por parte de los especialistas.

Así mismo, el análisis nutricional de los cuerpos fructíferos (Tabla 3) evidenció la presencia de 3,18 % (3,18 g) de proteínas y 7,80 % (7,80 g) de carbohidratos por cada 100 g de masa húmeda.

El contenido proteico fue similar al que reportaron Naraian y Dixit (2017) para tres especies de *Pleurotus: Pleurotus sajor-caju, Pleurotus florida* y *Pleurotus eous* de 4,8 g, 3,8 g y 3,2 g de proteína cruda respectivamente y por Acevedo (2017) para *P. ostreatus* de 1,24 g, 1,42 g, 2,65 g y 2,75 g en substrato caña de azúcar, hoja de plátano, paja de maíz y borra de café, respectivamente.

Estudios estos que demostraron que la bioconversión que el hongo realiza para la

síntesis proteica no sólo depende de los factores ambientales, y de la especie, sino además de la calidad del substrato. En el caso de los carbohidratos, el valor que se obtuvo durante esta investigación fue inferior al reportado por Naraian y Dixit (2017) en *Pleurotus sajor-caju, Pleurotus florida* y *Pleurotus eous* de 38 g, 34 g y 41 g respectivamente, pero hay que considerar que se realizaron en base a 100 g de masa seca; lo cual incrementó el valor del nutriente.

Tabla 2. Contenido de nutrientes de una gama de residuos agroindustriales empleados como substratos en la producción de hongos en china. (100 g / masa seca). (Fuente: Lin Dongmei yLin Zhanxi, 2014).

SUBSTRATOS	**Humedad (%)**	**Proteínas Totales (%)**	**Grasa (%)**	**Fibra Dietética (%)**	**Sales Inorgánicas (%)**
Cáscara de semilla de algodón	15,0	**6,3**	0,6	32,0	3,1
Paja de algodón	13,0	**4,3**	1,7	28,9	14,8
Paja de trigo	10,9	**3,1**	2,0	33,7	5,7
Paja de Cebada	15,1	**3,6**	1,2	37,5	7,7
Bagazo de caña	15,5	**1,6**	0,8	39,3	2,1
Mazorca de maíz	7,7	**2,6**	0,5	33,1	3,2
Paja de maíz	5,5	**5,7**	1,6	29,3	6,6
Vaina de maní	9,5	**4,2**	1,6	59,3	5,4
Salvado de trigo	12,2	**16,0**	4,3	8,2	5,0
Salvado de arroz	12,8	**15,0**	17,1	7,2	8,5

***Pleurotus ostreatus* en paja de frijol**



***Aspecto**: en forma de orejas rizadas en bordes, blanco con zonas amarillentas.*
***Olor crudo**: a humedad, a moho.*
***Olor cocinado:** insípido.*
***Sabor**: insípido, neutro.*
***Textura:** dureza ligera hay que masticar pero menos que la muestra anterior (kinggrass).*

Figura 4. Evaluación sensorial de *P. ostreatus* crecido en paja de frijol.

Tabla 3. Contenido de nutrientes del hongo *P. ostreatus* sobre paja de fríjol (100 g /masa húmeda).

Humedad (%)	Valor energético (kcal)	Proteinas Totales (%)	Grasa (%)	Carbohidratos Totales (%)	Ceniza (%)	Fibra Dietética (%)	Hidratos de carbono asimilable (%)
87,99	24,64	3,18	<0,00	7,80	1,03	4,82	2,98

Igualmente inferior al valor expuesto en la Tabla 4, (Lin Zhanxi y Lin Dongmei, 2014) para el *P. ostreatus* (106,5 -156,1) y demás especies, datos referentes al cultivo de hongos a escala industrial con substratos previamente enriquecidos. Como se planteó anteriormente el contenido nutricional se potenció con aditivos al substrato, lo que hace la diferencia. También se reflejan los cálculos en base a 100 g de masa seca, mientras que la Tabla 3, refleja los cálculos en base a 100 g de hongo masa húmeda.

Tabla 4. Composición nutricional de algunas especies de *Pleurotus* (100g /masa seca).

HONGO	Humedad (%)	Valor energético (kcal)	Prot.s Totales (%)	Grasa (%)	Carbohidratos Totales (%)	Fibra Dietética (%)	Cenizas (%)
Pleurotus sapidus	92,2	261	**25**	1,1	59,2	12,0	9,1
Pleurotus florida	91,5	**265**	**27,0**	1,6	58,0	11,5	9,3
Pleurotus ostreatus	73,7-90,8	**345-367**	**10,5-30,4**	1,6-2,2	106,5-156,1	7,5-8,7	6,1-9,5
Pleurotus pulmonaris	90.1	**300**	**26,6**	2,0	50,7	13,3	6,5

El contenido de agua (Humedad) en %, se calculó en base a 100 g de hongo fresco y las proteínas totales en N x 4,38.

Estos resultados fueron comparados con los reportados en Cuba por investigadores del Jardín Botánico en 2005 en la Planta de Producción de Hongos de Bauta, sobre bagazo de caña; cuya composición proteica fue de 2,8 % y de carbohidratos de 4,5 %. Por lo que el estudio permitió plantear que bajo las condiciones experimentales de cultivo, la cepa P969, presentó una fructificación de mayor calidad en cuanto a la obtención de hongos más nutritivos. Sin embargo el valor energético reportado por ellos fue de 31,91 kcal /100 g hongos frescos, mientras que en este estudio se reportaron 24,64 kcal /100 g hongos frescos; lo cual puede estar en correspondencia con el contenido en grasas de 0,20 % sobre caña de azúcar y <0,00 % sobre paja de frijol. Esto se encuentra en correspondencia también con la bioconversión realizada por *P. ostreatus* de los compuestos glicosílicos, sobre cada substrato (bagazo de

caña y paja de frijol), si se observan las Tablas 1 y 2; de 0,8 y 0,3 % (0,34 %) respectivamente.

Finalmente a partir de un fragmento del tejido de los basidiomas maduros, se obtuvo un cultivo madre que se incorporó a la Colección de Hongos del INIFAT, como parte del aporte conservacionista del trabajo, respecto a la biodiversidad fúngica específicamente, de los representantes de la División: Basidiomycotina.

El éxito del empleo de la paja de frijol en este cultivo, permitió ampliar la gama de substratos disponibles para la producción de hongos en localidades suburbanas de Cuba, donde el interés por este atipico cultivo crece cada año entre productores; no solo por el valor nutricional de los mismos sino por la alta demanda que presentan en el mercado hotelero y de la culinaria especializada no estatal. Los resultados obtenidos aportaron al conocimiento respecto al contenido en nutrientes de las setas crecidas en él, lo que potenció el marketing del producto en el mercado nacional.

CONCLUSIONES

- La paja de frijol fue un substrato efectivo para el cultivo del hongo *P. ostreatus*, bajo las condiciones de cultivo de Cuba, con un rendimiento de 625 g de setas /1,6 kg de substrato empleado.
- La cepa P969 de *P. ostreatus* sobre paja de frijol posee una eficiencia biológica de 51,88 %.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adjapong, A.O., Ansah, K. D., Angfaarabung, F. and Sintim, H. O. (2015). Maize residue as a viable substrate for farm scale cultivation of Oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) Dept. Gen. Agri. School Appl. Sci.Tech. http://dx.doi.org/10.1155/2015/213251. Vol. 2015. Articule ID 213251, pp.1-6.

Acevedo, C. (2017). Valoración y crecimiento del cultivo de *Pleurotus ostreatus* en cuatro sustratos generados a partir de procesos productivos agropecuarios, en el municipio de Málaga Santander. DOI: http://dx.doi.org/10.23850/24220582.857.

Chang, Shu-Ting (2011). Training Manual on Mushroom Cultivation Technology, 28-30. Mycotec, Ltda.www.micotec.cl.

Khan, F. y Chandra, R. (2017). Effect of physiochemical factors on fruiting body formation in mushroom. International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences, 9 (10): 36-33. ISSN 0975-1491.

Garzón, J.P. y Cuervo, J.L. (2008). Producción de *Pleurotus ostreatus* sobre residuos lignocelulósicos de diferente procedencia. Nova publicación científica en Ciencias Biomédicas, 6 (10): 101 -236. (julio-diciembre). ISSN: 1794-2470.

Lin Zhanxi y Lin Dongmei (2014). Reference Material for China-Aid Training Programs. Seminar on JUNCAO Industry for Latin America, Caribbean and South–Pacific Regions. 350p.

Naraian, R. y Dixit, B. (2017). Nutritional value of three different oyster mushrooms grown on Cattail Weed substrate. Arch. Biotechnol. Biomed., 1: 061-066. ISSN 2639-6777. https://doi.org/10.29328/journal.hjb.1001006.

Nasreen, Z.; Ali, S.; Usman, Sh.; Nazir, S. y Yasmeen, A. (2016). Comparative study on the growth and yield of *Pleurotus ostreatus* mushroom on lignocellulosic by products. International Journal of Advanced Research in Botany (IJARB), 2 (1): 42-49. ISSN 2455-4316 (Online) http://dx.doi.org/10.20431/2455-4316.0201006 www.arcjournals.org ©.

NC ISO 13299 (2008). Análisis sensorial. Metodología. Guía general para el establecimiento de un perfil sensorial (ISO 13299:2003, IDT). Cuba.

ONEI (2016). Anuario estadístico de Cuba. Cap.9 Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca, 16-17. Edición 2017.

Rivero, M.; Remigio, R.; Fernández, G.; Reyes, J.J.; Mozena, W. y Petrônio, E. (2016). Abonos verdes y su influencia en el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en sistema agroecológico. Centro Agrícola, 43 (2): 42-48. ISSN papel: 0253-5785, ISSN on line: 2072-2001.

Wenjie, Y.; Feng, LG. y Zhengjie, W. (2013). Yield and size of oyster mushroom grown on rice and wheat straw basal substrate supplemented with cotton seed hull. Saudi J. Biol. Sci., 20 (4): 333-338.

Fecha de recepción: 3 mayo 2019
Fecha de aceptación: 9 septiembre 2019

Agrotecnia de Cuba
ISSN impresa: 0568-3114
ISSN digital: 2414- 4673
http:www.ausuc.co.cu