

Conversión de residuales agroindustriales en productos de valor agregado por fermentación en estado sólido

Conversion of Agroindustrial Residues Into added-Value Products by Solid State Fermentation

Dra. C. Rosa Catalina Bermúdez-Savón^I, catalina@cebi.uo.edu.cu, Dra. C. Nora García-Oduardo^I, nora@cebi.uo.edu.cu, MSc. Migdalia Serrano-Alberni^I, mserrano@cnt.uo.edu.cu, MSc. Maritza Idilia Rodríguez-Castro^{II}, nutricion2@tercerfrente.inaf.co.cu, MSc. Irene Mustelier-Valenzuela^{III}
catalina@cebi.uo.edu.cu

^ICentro de Estudios de Biotecnología Industrial (CEBI), Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba;

^{II}Estación Experimental Agroforestal III Frente, Santiago de Cuba, Cuba;

^{III}Biofábrica Santiago, Santiago de Cuba, Cuba

Se presenta la aplicación de la fermentación en estado sólido en la biotransformación de subproductos agrícolas lignocelulósicos, con el empleo de los hongos basidiomicetos de pudrición blanca. Como ejemplo de esta tecnología se muestra el cultivo de las setas comestibles Pleurotus spp. sobre pulpa de café, subproducto que por su cantidad y difícil manejo causa contaminación del suelo y del agua. La disposición del sustrato que queda después de la cosecha de las setas, puede crear problemas ambientales; sin embargo, está detoxificado, posee adecuado contenido nitrógeno, fósforo, potasio y pH, por lo que puede ser empleado como abono orgánico. Se presentan los resultados obtenidos del empleo del sustrato remanente (pleurotina de pulpa de café) como abono orgánico en cultivos hortícolas, de buen rendimiento en los organopónicos: el ajo puerro chino (Allium chinense G. Don), la habichuela Lina, el frijol VIGNA, INIVIT 2007 y posturas de café. Los resultados muestran como la Biotecnología se involucra en tecnologías de procesamiento y potentes bioconversiones de materias renovables, pero principalmente en productos de alto valor agregado.

Palabras clave: valor agregado, pleurotus spp., setas comestibles, pulpa de café, sustrato remanente, abono orgánico, posturas de café.

The application of the solid state fermentation for the biotransformation of lignocellulosic by-products and agro-industrial wastes with white-rot fungi is presented in this paper. The cultivation of Pleurotus spp. mushroom on coffee pulp, by-product that causes soil and water contamination in view of its amount and difficult management is showed as an example of this technology. Disposal of spent mushroom substrate after fruiting bodies harvesting can cause environmental problems; however as it is detoxified and due to its adequate content of nitrogen, phosphorus, potassium, and pH could be used as an organic fertilizer. The results obtained with the use of the spent mushroom substrate as organic fertilizer in horticultural cultivation such as garlic leek (Allium chinense G. Don), haricot Lina, kidney bean VIGNA, INIVIT 2007 and coffee seedlings are presented. The findings evidenced that Biotechnology has already evolved as a powerful conversion and processing technology for renewable materials but mainly into high value added products.

Keywords: added-value products, pleurotus spp., edible mushroom, coffee pulp, spent mushroom substrate, organic fertilizer, coffee seedlings.

Introducción

Uno de los procesos más viables económicamente para la bioconversión de residuos lignocelulósicos es el cultivo de hongos comestibles. Los residuos y derivados pueden recuperarse y convertirse en productos de alto valor agregado, si se utilizan para la producción de alimentos, ellos dejan de ser considerados como basuras, y se convierten en nuevos recursos, considerando la producción comercial de setas comestibles, ya sea en mayor o menor escala, como un proceso biológico eficaz y relativamente corto de recuperación de alimento proteico /1/.

La fermentación en estado sólido brinda la posibilidad de producir, por vía biotecnológica y de forma combinada, setas comestibles *Pleurotus spp.* y forraje beneficiado (pleurotina); siendo la única tecnología que permite obtener mediante la bioconversión de subproductos agrícolas, alimento humano y alimento animal /2/.

En el proceso de fermentación sólida el micelio de *Pleurotus* puede producir una cantidad significativa de enzimas, que permiten degradar los residuos lignocelulósicos y usarlos como nutrientes para el crecimiento y la fructificación /3/. Sin embargo, la naturaleza y la composición de los nutrientes del sustrato afectan el crecimiento del micelio, la calidad del hongo y el rendimiento de este valor añadido del proceso de biotransformación. Los hongos comestibles cultivados son el único ejemplo del valor y productividad de los desechos agrícolas, forestales y agroindustriales, que existen en abundancia, al ser transformados en proteínas, vitaminas y aminoácidos, esenciales para la vida humana y animal, además de reciclar desechos contaminantes /4/.

Pleurotus spp. ha recibido considerable atención por su valor nutricional, sus propiedades medicinales y la capacidad de biodegradación /5/. Es un eficiente colonizador y bioconversor de residuos agroindustriales lignocelulósicos en alimento humano de buena palatabilidad, con propiedades medicinales, con la productividad de conversión expresada por sus eficiencias biológicas.

En Cuba hay diferentes instituciones que han desarrollado investigaciones para la aplicación de los hongos comestibles /6/, pero ha sido el Centro de Estudios de Biotecnología Industrial (CEBI), de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Oriente, el que ha estudiado y profundizado en varios aspectos sobre la valorización de diferentes residuos agroindustriales a través del cultivo de hongos comestibles para la producción de productos de valor añadido, tales como biomasa micelial /7/, setas comestibles /6/, destacando su gran potencial como materia prima para la obtención de ergosterol (provitamina D2), necesaria para la formación de la hormona calcitriol, clave en el metabolismo del calcio y el fósforo /8/, enzimas, /7, 9/ y productos inmunocéuticos /10/.

Por otra parte, el incremento de la producción de alimentos por el sistema de la agricultura urbana y suburbana le confiere gran importancia a los abonos orgánicos, para el mejoramiento de la conservación y fertilidad de los suelos, adquiriendo el sustrato un concepto generalizador, dado el objetivo de limitar o eliminar la aplicación de fertilizantes químicos y otras en sustancias agresivas al medio, precisamente el sustrato degradado, generado durante el cultivo de las setas comestibles, por su composición química, hace atractivo su uso como abono orgánico.

"El hombre tiene que hacer más con lo que la tierra produce, con una utilización razonable de los recursos lignocelulósicos, para mejorar la calidad de vida y utilizando como principio en sus investigaciones "cero residuos", el proceso más económicamente viable para la bioconversión de residuos lignocelulósicos es el cultivo de hongos comestibles". /2/

Fundamentación teórica

Desde el punto de vista biotecnológico la fermentación es la transformación de un sustrato orgánico por la acción metabólica de los microorganismos. El compuesto que se obtiene, intracelular o extracelular, se llama producto de fermentación. En toda fermentación ocurre una biotransformación del sustrato y siempre hay

crecimiento microbiano, conversión de un sustrato en un producto de interés por la acción de los catalizadores biológicos, las enzimas /7, 11/.

La fermentación en fase sólida de los residuos lignocelulósicos se valora como uno de los métodos más prometedores para la producción de proteína no convencional, según /11,12/, lo cual está determinado en primera instancia, por los grandes volúmenes de estos residuos que se producen anualmente en el mundo, y en segundo lugar, por las ventajas que tiene el sistema de Fermentación en Fase Sólida sobre las fermentaciones sumergidas convencionales /12/. Estos procesos han sido usados para la producción de productos de valor añadido: alimentos, pienso animal, productos de la agricultura y farmacéutico /13/.

Por otra parte, la fermentación en estado sólido es un sistema denominado de las tres E: energético, económico y ecológico /14/.

La fermentación sólida en el medio natural es considerada como un procedimiento de preparación de sustrato para cultivo de *Pleurotus* spp. específicamente desarrollado en algunos países del continente americano (como México, Cuba, Colombia) con el fin de aprovechar algunos subproductos agroindustriales de gran disponibilidad y que no se procesan con facilidad con otras técnicas conocidas /4/.

Las circunstancias comunes que tienen estos subproductos en fresco es que contienen cantidades apreciables de materiales fácilmente fermentescibles, susceptibles de contaminaciones bacterianas y fúngicas, y de invasiones de insectos, etc., así como que necesitan ser homogeneizados y estabilizados para un mejor manejo y aprovechamiento posterior. Para ser utilizados como sustratos de *Pleurotus* spp., la solución general a estas cuestiones ha sido someterlos a un proceso previo de fermentación natural.

La preparación de sustratos para hongos, agentes primarios de descomposición no presenta grandes dificultades, como es el caso del cultivo de *Pleurotus*. Solamente se necesita que el sustrato tenga la humedad óptima para permitir el crecimiento de estos hongos y lograr un material homogéneo en el caso de utilizar diferentes mezclas aditivas /5/.

Cultivo de *Pleurotus* spp. sobre pulpa de café *Pleurotus* spp., al igual que otras especies relacionadas, es un potente biodegradador y detoxificador; convierte los residuos orgánicos poco digeribles y no comestibles en alimentos para animales y humanos de buena calidad y palatabilidad, y se considera que su eficiencia en la producción de proteína por unidad de área y por unidad de tiempo es mayor que las fuentes de proteína animal /16/ y para la producción de valiosos productos biológicos durante el proceso de biodegradación de desechos de plantas /13, 17/.

El presente trabajo estará dirigido a presentar los resultados alcanzados en el cultivo de los hongos comestibles-medicinales *Pleurotus* spp. y su fructificación, empleando la pulpa de café como sustrato, enfatizando en su eficacia de colonización y la eficiencia en la conversión de cuerpos fructíferos, así como las aplicaciones del sustrato remanente como abono orgánico.

Para lograr el desarrollo de estas investigaciones se estableció la tecnología en una planta de investigación – producción y una vez asimilada dicha tecnología, se ha dedicado a la investigación y producción de *Pleurotus* spp. de forma continua, sobre diferentes subproductos agrícolas.

Métodos utilizados

Se empleó la fermentación sólida para la producción de las setas (*Pleurotus* spp.), empleando la pulpa de café, la cual está totalmente establecida en la Planta de Investigación-Producción del CEBI /6/. Desde el punto de vista de la evaluación económica de la tecnología, se considera como factible económicamente aquellos en los procesos en que la eficiencia biológica alcance valores mayores de 40-50 % y el rendimiento mayor del 10 % /6/.

El cepario del CEBI, posee una colección diversa de cepas del género *Pleurotus*. Con ellas se realizaron estudios sobre el cultivo de *Pleurotus* spp. en pulpa de café, seleccionando la cepa registrada como CCEBI 3024 de *P. ostreatus* (Florida), por su buen rendimiento y productividad /6/.

Pulpa de café

Existen dos variedades principales de café: *Coffea arábica* y *Coffea canephora*, variedad robusta. Ambas variedades son cultivadas en Cuba y aunque presentan composición semejante, generan diferentes rendimientos en el cultivo de *Pleurotus* spp. /6/

Al seleccionar el sustrato a partir de los subproductos del café y el tamaño más adecuado de la unidad de producción para la tecnología, se empleó la cepa CCEBI 3024 de *P. ostreatus* (Florida). En nuestras condiciones de trabajo, se seleccionó la pulpa de café *Coffea arábica* en bolsas de PVC transparentes, de 2 kg de capacidad.

Una vez concluida la cosecha de las setas comestibles, el sustrato remanente se mantiene en los estantes de producción, durante 3 - 4 días hasta observar la pérdida de humedad como consecuencia del último riego realizado durante el ciclo productivo, luego se procede a secar, moler y tamizar, seleccionando el tamaño de partícula de 2 mm – 0,42 mm para ser utilizado.

Para el análisis de la composición de la pleurotina se emplearon las técnicas que convencionalmente se realizan a los suelos: materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio, pH, y otros /17,18/. Los análisis se realizaron en el Laboratorio Regional de Suelos, Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar (ETICA) y en el CEBI.

El análisis estadístico se realizó según el programa STATISTICA y se utilizó la prueba de Duncan para la comparación de las medias.

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos coinciden con investigaciones previas sobre el cultivo de *Pleurotus* sobre subproductos del café /15/, ya que las eficiencias biológicas (EB) obtenidas se encuentran en un rango de 110-120 %, resultando superiores a las EB registradas en otros sustratos; con valores de bioconversión de 31,3 - 32,5 % de setas comestibles; 35,6 % de sustrato remanente y 32,6 % de CO₂+H₂O. La bioconversión, que se obtiene del cultivo del *Pleurotus ostreatus* sobre el sustrato estudiado y su comparación con otros autores /15, 16,18/, indica el alto grado de bioconversión alcanzando.

En la tabla 1, se presenta el análisis de los cuerpos fructíferos de *Pleurotus ostreatus* (Florida) obtenidos utilizando como sustrato la pulpa de café /18/ y cáscara de cacao /18, 19/, los cuales fueron similares a trabajos previos /20/. Esto permitió establecer que las setas obtenidas tienen un valor nutricional equivalente a aquellas cultivadas en otros subproductos y condiciones. El contenido de proteína fue acorde con lo registrado por /21/, este alto valor demuestra la capacidad de estos organismos para la bioconversión de los compuestos lignocelulósicos y nitrogenados del sustrato /22/.

Tabla 1
Análisis bromatológico de las setas *Pleurotus ostreatus*
(Florida) (% base seca) /18/

Análisis	Pulpa de café	Cáscara de cacao
Humedad	91,18	93,57
Materia seca	8,45	6,43
Proteína real	19,94	-
Proteína bruta	27,45	28,88
Fibra cruda	7,51	20,73
Grasa cruda	7,16	4,26
Carbohidratos	50,30	42,87
Cenizas	7,57	7,55
Ácidos nucleídos	5,53	6,09

Los valores encontrados con respecto al contenido de ácidos nucleídos están en el rango de 5-6 %, y dentro de los límites establecidos por el *Protein Advisory Group* de Naciones Unidas, lo cual indicó que pueden consumirse hasta 300 g de setas frescas diariamente sin tener consecuencias adversas en la salud. *Pleurotus* es un género de hongos comestibles que resulta interesante desde el punto de vista nutricional, en función de su contenido de proteína (27-48 %) con valores de cómputo químico comprendidos entre 96-110 %, lípidos (2-8 %), niveles tolerables de ácidos nucleídos, y por la presencia, además, de vitaminas, minerales, fibra dietética, beta glucanos y compuestos con actividad antioxidante /8, 22/.

Lo anterior, junto con el reconocimiento de numerosos modificadores biológicos en las setas comestibles como una alternativa para el tratamiento de varios trastornos fisiológicos humanos, ha hecho que algunos autores las denominen "setas nutraceuticas" /22, 8, 10/.

En la tabla 2, se presenta la composición bromatológica de la pulpa de café y el sustrato remanente o pleurotina de café. Es interesante destacar estos resultados, pues se observa la disminución de los denominados compuestos antifisiológicos (cafeína, taninos, fenoles) presentes en la pulpa de café, la cual permitirá un mejor aprovechamiento de la pleurotina como alimento animal.

Tabla 2
Comparación entre la composición bromatológica de la pulpa de café y su pleurotina.
(% base seca) /18/

Análisis	Pulpa de café	Pleurotina de café
Humedad	13,01	52,81
Materia seca	86,99	47,19
Proteína bruta	11,16	20,06
Grasa cruda	7,98	6,53
Fibra bruta	14,65	18,41
Carbohidratos	58,24	45,26
Cenizas	7,97	9,74
Digestibilidad	76,01	78,42
Cafeína	2,00	0,004
Taninos	1,34	0,007
Fenoles	0,38	0,093

Considerando los resultados obtenidos de la composición en fibra, proteína y grasa del sustrato remanente en la FES de la pulpa de café, se confirma su calidad para utilizarlo en la alimentación animal, además puede compararse favorablemente con otros residuos utilizados como compost. Es importante señalar, que el aumento en el contenido de proteína de este se debe a las pérdidas de materia seca en forma de CO₂ del sustrato y restos de micelio que quedan aun presentes en este, datos similares se han reportado en otros trabajos /4/.

Empleo del sustrato remanente (pleurotina) como abono orgánico

Para su aplicación como abono orgánico el sustrato remanente (pleurotina) generado en el bioproceso de obtención de los cuerpos fructíferos, puede ser aprovechado y utilizado como fertilizante /17, 23/.

Caracterización de la pulpa de café y el sustrato remanente se muestran en la tabla 3.

Tabla 3
Caracterización del sustrato remanente. (% en base seca)

Sustrato	P	K	C*	N	C/N
Pleurotina	0,23±0,03	1,93±0,43	44,02±1,40	3,26±0,05	13,50±0,17
Pulpa de café	0,17±0,06	1,43±0,50	48,28±1,06	2,90±0,04	16,65±0,20

*% C = % MO x 0.58 /4/

Los mismos son el promedio de los resultados obtenidos para cinco lotes productivos. Para la pleurotina se presentan a continuación otros parámetros: peso seco, 86,93±2,2; cenizas, 11,02±0,2; materia orgánica (MO) 75,91±2,5 y pH, 6,5-7,2. Con respecto a la presencia de minerales, se encuentran calcio, sodio, manganeso, hierro, magnesio, zinc y en trazas cobre, níquel y cobalto.

La reducción de la materia orgánica del sustrato remanente es debido a las pérdidas de H₂O y CO₂ durante el metabolismo del hongo (criterio más simple para evaluar la degradación del sustrato), y debido también al aprovechamiento de sustancias del sustrato para la formación del cuerpo fructífero, estas pérdidas son normalmente más altas durante el proceso de fructificación que durante el desarrollo micelial /24/.

La relación C/N, indica la degradación de la materia orgánica, pues al disminuir el contenido de C, la relación disminuye. Un material se considera ya descompuesto, estabilizado y apto para ser utilizado en el campo como fertilizante

orgánico cuando la relación C/N está entre 10 y 15, su δH es cercano a la neutralidad (6 a 8), lo que favorece el crecimiento de las raíces de las plantas /17/ y tiene apariencia de suelo. Por otra parte, el alto porcentaje de materia orgánica 75,91±2,5 % y el contenido de nitrógeno 3.26±0.05 % lo hacen atractivo para su empleo como abono /25/.

Cultivos hortícolas

El sustrato remanente alcanza aproximadamente un 35,6 % del sustrato inicial. Con el objetivo de ejecutar un manejo integrado de la producción de setas comestibles se aprovechó todo el sustrato remanente obtenido al final del ciclo productivo, aplicándose en cultivos hortícolas de habichuela, ajo porro y frijol en la Biofábrica Santiago /26/.

Los resultados de los rendimientos (tabla 4) son similares a los obtenidos, cuando se emplea el humus, como abono orgánico convencional. También es positiva la aplicación de la pleurotina como abono orgánico sólo y combinado con humus en la fase de aclimatización de vitropiantas de posturas de plátano Gran enano (resultados no presentados).

Tabla 4
Rendimiento de los diferentes cultivos hortícolas en condiciones de organopónicos

Cultivos hortícolas	Pleurotina de pulpa de café	Humus
Ajo puerro chino (<i>Allium chinense</i> G. Don)	0,48±0,05 ^b	0,30±0,03 ^a
Ajo puerro chino (<i>Allium chinense</i> G. Don)	0,40±0,05 ^a	0,46±0,07 ^a
Habichuela Lina	3,2±0,2 ^a	3,4±0,2 ^a
Habichuela Lina	3,6±0,2 ^a	3,1±0,1 ^a
Frijol variedad Vigna INIVIT 2007	0,11±0,03 ^a	0,12±0,00 ^a

Se reflejan los valores promedios de tres replicas \pm la desviación estándar. Letras iguales para un mismo parámetro, refiere no existencia de diferencias estadísticas significativas entre las medias de los abonos (Prueba Duncan, para $p < 0.05$)

La conveniencia económica de la utilización de la pleurotina como abono orgánico puede valorarse teniendo en cuenta que el humus de lombriz se obtiene a través de un proceso biotecnológico, donde se reciclan los residuos, reportando un solo beneficio, la materia prima del humus utilizado en su obtención y el tiempo de duración del proceso es de 60 - 120 días. Mientras que para la obtención de la pleurotina, se necesitan 60 días, y ya se ha obtenido un alimento humano, las setas comestibles.

Cultivo de posturas de café

Es muy necesario para la economía del país incrementar los niveles de producción de café, lo que entre otros indicadores la fertilidad de los suelos, es uno de los más importantes. Una de las vías de mejorar la misma es el empleo de adecuados abonos orgánicos. En la investigación realizada durante los años 2012 y 2013, en la Estación Experimental Agroforestal III Frente, Santiago de Cuba, del uso de la pleurotina como abono orgánico para la producción de posturas de

Coffea arábica y *Coffea canephora*, variedad robusta e injertos interespecíficos de café. Se utilizaron proporciones suelo Pardo/Pleurotina 3:1, 5:1 y 7:1 y un testigo (3:1 suelo:estiércol vacuno) (v/v). Cuando más del 80 % de los injertos estuvieron aptos, se evaluó la altura, el diámetro del tallo, la masa seca aérea y radical, el área foliar y el índice de calidad de las posturas.

El cálculo del índice de calidad se realizó según /27/ por la fórmula:

$$\text{Índice de calidad} = 2(\text{materia seca total}) / (\text{RAD} + \text{RPAR})$$

donde:

RPAR - Relación masa seca de la parte aérea /masa seca de las raíces.

RAD- Relación altura parte aérea con el diámetro del tallo.

En la tabla 5, se observa que para la masa seca de la parte aérea, radical y total en el año 2012 hubo diferencias significativas entre los tratamientos empleados y el testigo, donde este último resultó ser el de mejor resultado, entre los tratamientos con la pleurotina el que mostró los valores más altos fue donde se empleó la mezcla en la proporción 5:1.

Tabla 5
Efecto de la aplicación de pleurotina para los indicadores de crecimiento para posturas de injertos de café

Tratamientos	Año 2012				Año 2013			
	Masa seca(g)			Índice calidad	Masa seca(g)			Índice calidad
	aérea	raíz	total		aéreo	raíz	total	
TESTIGO	2,58a	0,66a	3,25a	0,06d	1,96c	0,45c	2,43b	0,13a
3:1 Suelo-pleurotina	1,52d	0,29c	1,81d	0,096b	2,37ab	0,59bc	3,03a	0,04d
5:1 Suelo-pleurotina	2,28b	0,54b	2,82b	0,10a	2,45a	0,61a	3,13a	0,09b
7:1 Suelo-pleurotina	1,95c	0,37c	2,32c	0,07c	2,08bc	0,52bc	2,56b	0,05c
ES X	0,071*	0,028*	0,094*	0,0071*	0,067*	0,026*	0,075*	0,0043*
% C,V,	3,41	6,08	3,68	14,79	3,22	5,00	2,93	5,27

Medias con letras iguales no difieren estadísticamente según test de Duncan para 5%.

Con respecto al año 2013, con relación a la masa seca de la parte aérea hubo diferencias entre los tratamientos, mostrando los mejores resultados, donde se aplicó la pleurotina en la proporción 5:1, aunque no hubo diferencias estadísticas con el tratamiento suelo- pleurotina 3:1. Para la masa seca radical el comportamiento fue semejante, mostrando los valores más altos la mezcla 5:1; para la masa seca total hubo similar comportamiento y mostró los valores más altos donde se empleó el sustrato 5:1, aunque no se diferenció estadísticamente del tratamiento 3:1.

Los injertos crecidos en la mezcla suelo:pleurotina (5:1) mostraron valores significativamente superiores al resto de los sustratos en todos los indicadores evaluados. Se obtuvieron posturas con buen índice de calidad en el sustrato en la mezcla 5:1 al compararla con el tratamiento testigo. Todo lo anterior refleja que las aplicaciones de pleurotina en la proporción 5:1, propicia la producción de las posturas de injerto con calidad similar o superior a las obtenidas con las mezcla suelo: estiércol vacuno, utilizada como sustrato en el tratamiento testigo.

Se evidenció que la pleurotina utilizada es de fácil aplicación. La composición química y bromatológica de la pleurotina obtenida es rica en proteínas, debido a la existencia de micelio de *Pleurotus*, además de estar biodegradada al presentar una disminución de elementos tóxicos y anti-nutricionales que estaban presentes en la pulpa de café inicial /6/.

Conclusiones

- La tecnología de cultivo de hongos es un proceso eficaz de bioconversión de residuales en productos de alto valor agregado. Utilizando pulpa de café se logra: 31.3-32.5 % de alimento humano y 35.6-38.0 % de abono orgánico.
- La utilización de la pleurotina de pulpa de café como abono orgánico es una alternativa más para la producción en cultivos hortícolas, posturas de café y otros a partir de subproductos agroindustriales, para contribuir a la preservación del medio ambiente y al desarrollo sostenible.

Bibliografía

1. PHILIPPOUSSIS, Antonio et al. "Agro-food industry wastes and agricultural residues conversion high value products by mushroom cultivation". *Proceeding of 7th International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products (Arcachon, France, 4-7 October, 2011)*. vol. I, 2011, p. 344-356.
2. CHANG, S. T. "Mushroom cultivation using the "Zeri" principle: potential for application in Brazil". *Micología Aplicada Internacional*, 2007, vol. 19, núm. 2, p. 33 – 34.
3. ELISASHVILI, V et al. "Lentinusedodes and Pleurotus species lignocellulolytic enzymes activity in submerged and solid-state fermentation of lignocellulosics wastes of different composition". *Bioresource. Technology*, 2008, vol. 99, p. 457-462.
4. SANCHEZ, J.E., ROYSE, D.J. *La Biología y el Cultivo de Pleurotus spp.* México, D.F. Limusa. 2002. 290 p. ISBN 968-18-6357-7
5. WASSER, SP. "Medicinal mushrooms as a source of antitumor and immunomodulating polysaccharides". *Applied Microbial Biotechnology*, 2002, vol. 60, p. 258-274.
6. 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.
7. GARCIA ODUARDO Nora. "Producción de setas comestibles y enzimas lacasas por fermentación en estado sólido de la pulpa de café con *Pleurotus spp*". Director: Rosa C. Bermúdez Savón. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. Universidad de Oriente. Santiago de Cuba. 2008.
8. BERMÚDEZ SAVÓN, Rosa C, et al. "Efecto de la luz en la concentración de micosteroides de *Pleurotus ostreatus* var. Florida". *Revista Cubana de Alimentación y Nutrición*, 2002, vol. 16, núm. 1, p.13-18.
9. RODRÍGUEZ PÉREZ, Suyén. "Decolourisation of mushroom farm wastewaters by *Pleurotus ostreatus*". *Biodegradation*, 2008, vol. 19, p. 519-526.

10. MORRIS QUEVEDO Humberto Joaquín, G. Llauradó Maury, Y Lebeque Pérez, R Fontaine Álvarez, R C. Bermúdez Savón, N García Oduardo, A Gutiérrez Muñoz. "Otros Usos de los Macromicetos" En: José E. Sánchez y Gerardo Mata (Eds). *Hongos Comestibles y Medicinales en Iberoamérica: investigación y desarrollo en un entorno multicultural*. México: INECOL-ECOSUR, 2012, p 309-318.
11. PÉREZ-GUERRA, N *et al.* "Main characteristics and applications of solid substrate fermentation." *Electron Journal Environmental Agricultural Food Chemistry*, 2003, vol. 2, núm 3, p 343 -350.
12. RAHARDJO Y *et al.* "Modeling conversión and transport phenomena in solid-state fermentation: A review and perspectives". *Biotechnology Advances*, 2006, vol. 24, p 161-179.
13. RAINER Jonas, Ashok Pandey, Gunter Tharus. *Biotechnological Advances and Applications in Bioconversion of Renewables Raw Materials*. Germany: doring DRUCK, 2004, 312p, ISBN 3-926-268-25-0
14. RAGHAVARAO, K. S. *et al.* "Some engineering aspects of solid state fermentation". *Biochemical Engineering Journal*, 2003, vol. 13, p. 127 – 135.
15. MARTÍNEZ CARRERA, D., A. Aguilar, W. Martínez, M. Bonilla, P. Morales, M. Sobal. "Commercial production and marketing of edible mushrooms cultivated on coffee pulp in Mexico" In: T. Sera, C. R. Soccol, A. Pandey & S. Roussos (Eds.) In: *Coffee Biotechnology and Quality*. Netherlands: Kluwer Academic, 2000, p. 471-488.
16. RODRÍGUEZ VALENCIA, N, Zuluaga, V. "Cultivo de *Pleurotus pulmonaris* en pulpa de café". *Cenicafé*, 1994, vol. 45, núm. 3, p. 81-92.
17. LUNA FONTALVO *et al.* "Efecto de residuos agroforestales parcialmente degradados por *Pleurotus ostreatus* sobre el desarrollo de plántulas de tomate". *Acta Biológica Colombiana*, 2013, vol. 18, núm. 2, p. 365-374.
18. GARCIA ODUARDO, Nora. "Producción de setas comestibles *Pleurotus ostreatus* sobre subproductos del café y del cacao". Tesis de Máster en Biotecnología, Centro de Estudios de Biotecnología Industrial, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, 1999.
19. RAMOS SEVILLA, Iván. "Producción de *Pleurotus ostreatus* var. *florida* sobre residuales del cacao". Tesis de Máster en Biotecnología, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. (EPSPOCH), Ecuador. 1999.
20. KLIBANSKY Miriam *et al.* "Production of *Pleurotus ostreatus* mushrooms on sugar cane agrowastes". *Acta Biotechnology*, 1993, vol. 3, núm. 1, p. 71-78
21. CHANG, S. T and P. G. Miles. *Mushrooms, Cultivation, Nutritional Value, Medicinal Effect, and Environmental Impact.*, Boca Raton: CRC Press, 2004, 451 p.
22. BERMÚDEZ SAVÓN, Rosa C, *et al.* "Efecto de la luz en la calidad proteica de *Pleurotus ostreatus* var. *Florida*". *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 2003, vol. 22, p. 226-231.
23. LÓPEZ RI, *et al.* "Spent oyster mushroom substrate in a mix with organic soil for plant pot cultivation". *Micología Aplicada Internacional*, 2008, vol. 20, núm. 1, p. 17-26.
24. SALES-CAMPOS *et al.* "Mineral composition of raw material, substrate and fruiting bodies of *Pleurotus ostreatus* in culture". *Interciencia*, 2009, vol. 34, núm. 6, p. 432-436.
25. RODRÍGUEZ, VALENCIA Nelson *et al.*, "Cultivo de hongos comestibles del género *Pleurotus* sobre residuos agrícolas de la zona cafetalera". *Cenicafé*. Boletín Técnico núm. 27, 2005.
26. BERMÚDEZ SAVÓN Rosa C, *et al.* "Aprovechamiento de La Pleurotina como abono orgánico". *Agricultura Orgánica*, 2010, vol. 16, num..2, p. 28-29.
27. Ministerio de la Agricultura. "Instrucciones. Técnicas para el Cultivo y Cosecha del Café y el Cacao". La Habana, Cuba, 1987.