

**UNIVERSIDAD DE SONORA**  
**DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA Y GANADERIA**

**CULTIVO DEL HONGO COMESTIBLE *PLEUROTUS* SOBRE  
RESIDUOS VITIVINÍCOLAS Y SU MANEJO POSTCOSECHA**

**TESIS DE MAESTRIA EN CIENCIAS**

**JOSÉ ALFONSO SÁNCHEZ VILLEGAS**

**2001**

# Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



“El saber de mis hijos  
hará mi grandeza”



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

UNIVERSIDAD DE SONORA

DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA

CULTIVO DEL HONGO COMESTIBLE *PLEUROTUS* SOBRE RESIDUOS  
VITIVINÍCOLAS Y SU MANEJO POSTCOSECHA

TESIS DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

JOSÉ ALFONSO SÁNCHEZ VILLEGAS

2001

**CULTIVO DEL HONGO COMESTIBLE *PLEUROTUS* SOBRE RESIDUOS  
VITIVINÍCOLAS Y SU MANEJO POSTCOSECHA**

SOMETIDA A LA CONSIDERACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE  
AGRICULTURA Y GANADERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE  
SONORA

POR

**JOSÉ ALFONSO SÁNCHEZ VILLEGAS**

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO  
EN CIENCIAS EN HORTICULTURA



Esta tesis se realizó bajo la dirección del  
Consejo Particular y aceptada como requisito  
para la obtención del grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN  
HORTICULTURA

CONSEJO PARTICULAR

DIRECTOR:   
Dr. MARTÍN ESQUEDA VALLE

ASESOR :   
Ph.D. JOSÉ COSME GUERRERO RUÍZ

ASESOR:   
M. en C. PATRICIO VALENZUELA CORNEJO

Hermosillo, Sonora, Noviembre del 2001

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Sonora, en especial al Departamento de Agricultura y Ganadería por haberme brindado la oportunidad de realizar los estudios de Maestría en Ciencias Hortícolas.

Al Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD) A.C. en especial al Departamento de Alimentos de Origen Vegetal y al Departamento de Docencia por las facilidades y apoyo incondicional para la realización de este trabajo.

Agradezco de manera muy especial al Dr. Martín Esqueda Valle por su apoyo, paciencia y profesionalismo, además de compartir parte de sus conocimientos y amistad, por siempre, muchas gracias.

A mis maestros asesores, Ph. D. José Cosme Guerreño Ruíz y al M.en C. Patricio Valenzuela Cornejo por formar parte de mi comité de tesis y participar de manera desinteresada en la revisión de este trabajo.

A la Licenciada en Ecología Ana Dolores Armenta Calderón por su ayuda y valiosa compañía durante el desarrollo de este trabajo.

Al Dr. Francisco Ysunza y al M. en C. Miguel Beltrán-García por su valiosa colaboración en la realización de este trabajo.

## DEDICATORIAS

A mi Esposa:

Armida Rodríguez Félix por estar siempre a mi lado y darme el apoyo para seguir adelante.

A mis hijas:

Ana Sofia, Alma Lorena y Araceli por ser lo mejor de mi vida.

## CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS .....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xi
RESUMEN .....	xii
ABSTRACT .....	xiv
INTRODUCCIÓN .....	1
OBJETIVOS .....	3
LITERATURA REVISADA.....	4
Biología de <i>Pleurotus</i> .....	4
Clasificación Taxonómica .....	5
Factores Ambientales que Influyen en el Desarrollo de <i>Pleurotus</i> .....	7
Temperatura .....	7
Humedad Relativa .....	7
Concentración de Oxígeno y Dióxido de Carbono .....	7
Luz .....	8
pH .....	8
Materiales Lignocelulósicos .....	9
Compuestos Lignocelulósicos .....	9
Requerimientos Nutricionales de <i>Pleurotus</i> .....	10
Cultivo de <i>Pleurotus</i> sobre Residuos Agroindustriales en México .....	11
Producción de Hongos Comestibles.....	12

Producción Mundial.....	12
Producción Nacional de <i>Pleurotus</i> .....	13
Calidad Nutricia de <i>Pleurotus</i> .....	16
Condiciones de Almacenamiento .....	17
Efecto del Ácido Jasmónico en Algunos Productos Hortofrutícolas .....	20
MATERIALES Y MÉTODOS .....	22
Cepas Estudiadas .....	22
Conservación de las Cepas .....	22
Obtención del Inóculo .....	24
Cultivo de <i>Pleurotus</i> .....	24
Composición Química del Sustrato .....	26
Fenoles Totales .....	26
Azúcares Totales .....	27
Ácidos Grasos .....	27
Estudio Postcosecha de <i>Pleurotus pulmonarius</i> .....	28
Pérdida de Peso .....	29
Respiración .....	29
Resistencia al Corte .....	29
Cambios de Color .....	30
Análisis Estadístico. ....	30
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	31
Velocidad de Crecimiento .....	31
Eficiencia Biológica .....	32
Rendimiento .....	35



Tasa de Producción .....	35
Bioconversión .....	37
Tamaño de Pileo .....	38
Composición Química .....	40
Humedad .....	40
Minerales .....	42
Extracto Etéreo .....	43
Ácidos Grasos .....	44
Proteína Cruda .....	44
Fibra Dietaria Neutra .....	46
Relación Carbono-Nitrógeno .....	47
Fenoles Totales .....	47
Azúcares Totales .....	50
Manejo Postcosecha de <i>Pleurotus pulmonarius</i> .....	52
Pérdida de Peso .....	52
Pérdida de Color .....	53
Cambios en Firmeza .....	55
Producción de CO <sub>2</sub> .....	58
CONCLUSIONES .....	60
BIBLIOGRAFÍA .....	62

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Composición Química de <i>Pleurotus</i> (g/100g BS) Cultivado Sobre Residuos Vitivinícolas .....	18
2. Flujo de Cosechas, Producción Total y Eficiencia Biológica Obtenidas con <i>Pleurotus</i> Inoculado en Residuos Vitivinícolas .....	33
3. Determinación del Rendimiento, Tasa de Producción y Biobonversión de <i>Pleurotus</i> Inoculado Sobre Residuos Vitivinícolas .....	36
4. Porcentaje de Producción con Base en los Diámetros de los Cuerpos Fructíferos Durante la Primera y Segunda Cosecha de <i>Pleurotus</i> Inoculado Sobre Residuos Vitivinícolas .....	39
5. Composición Proximal de la Madera de Vid y Orujo de Uva Antes y Después de la Inoculación con <i>Pleurotus</i> .....	41
6. Porcentaje de Ácidos Grasos Contenidos en el Extracto Etéreo de Madera de Vid y Orujo de Uva Sin Fermentar .....	45
7. Relación C:N en Desechos Vitivinícolas Antes y Después de la Inoculación con <i>Pleurotus</i> .....	48
8. Contenido de Fenoles Totales ( $\mu\text{g/g}$ ) en Residuos Vitivinícolas Antes y Después de la Inoculación con <i>Pleurotus</i> .....	49



9.	Contenido de Azúcares Totales en Residuos Vitivinícolas Antes y Después de la Inoculación con <i>Pleurotus</i> .....	51
10.	Diferencia Total de Color de <i>Pleurotus pulmonarius</i> Durante el Almacenamiento .....	56
11.	Cambios en Firmeza (NW) de <i>Pleurotus pulmonarius</i> Durante el Almacenamiento .....	57

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1.	Morfología de <i>Pleurotus</i> .....	6
2.	Principales países productores de hongos comestibles .....	14
3.	Diagrama de flujo de la producción de <i>Pleurotus</i> .....	23
4.	Porcentaje de Pérdida de Peso de <i>Pleurotus pulmonarius</i> Durante el Almacenamiento a 3° C .....	54
5.	Producción de CO <sub>2</sub> de <i>Pleurotus pulmonarius</i> Durante el Almacenamiento a 3° C .....	54

## RESUMEN

En México, durante 1997 se produjeron 200 mil ton de madera provenientes de la poda anual de la vid, además de las 3700 ton del subproducto de la uva industrial destinada para la elaboración del aguardiente. La mayor parte de estos desechos son quemados o tirados en terrenos abiertos, lo que origina graves problemas de contaminación ambiental. Una manera eficiente de reciclar los residuos agroindustriales y a la vez producir alimento de excelente calidad, es mediante la fermentación sólida con el hongo comestible *Pleurotus*, el cual a través de un complejo enzimático descompone los compuestos lignocelulósicos.

Con la finalidad de evaluar el potencial de los desechos vitivinícolas para ser aprovechados en el cultivo de *Pleurotus* se analizó la composición química de cinco mezclas de madera de vid y orujo de uva: 1:0; 2:1; 1:1; 1:2 y 0:1; antes y después del cultivo con dos cepas de *P. ostreatus* y una de *P. pulmonarius*. Así mismo, se realizó un estudio postcosecha empleando atmósferas modificadas y ácido jasmónico, para tratar de prolongar la vida de anaquel de este hongo, la cual es marcadamente corta.

La comparación de las mezclas se realizó en función de la eficiencia biológica (EB), la cual varió de 37.2 a 78.7 %. En general, las mezclas con mayor contenido de madera de vid presentaron los valores mayores de EB. El porcentaje de bioconversión osciló de 16.7-38.8 %; el rendimiento de 3.1-5.7 % y la tasa de producción de 0.2-4.1 %. En el análisis proximal de los sustratos expresados en g/100g en base a materia seca, se obtuvieron valores de proteína (N x 4.38) después de la fermentación sólida (FS) de 1.3-10.6 %, siendo los valores más altos en las mezclas con mayor porcentaje de orujo de uva. Ésto mismo ocurrió en el contenido de grasa total, variando de 0.3-5.5 %. En el contenido de minerales no existió diferencia significativa entre mezclas y cepas después de la FS, siendo de 4.2-5.5 % ( $p > 0.05$ ). La capacidad de las mezclas para retener agua se vió incrementada por la presencia del hongo, oscilando de 6.5-12.1 %. La concentración de fenoles totales se redujó un 44.4-56.8 % en la madera de vid y 9.2-18.1 % en el orujo. Los azúcares totales disminuyeron de 11.5 a 93.8 %, siendo en



mayor proporción en las mezclas con un porcentaje más alto de madera de vid, mientras que en el 100 % de orujo, éstos se incrementaron de un 49.4 hasta un 131.8 %.

En cuanto al tamaño del cuerpo fructífero, el 73-98 % de la producción fue menor a 5 cm de diámetro; obteniéndose del 55 a 89 % del total de hongos en el primer corte. En lo referente a postcosecha, el tratamiento con ácido jasmónico y el testigo experimentaron la menor pérdida de peso (4 %), mientras que el tratado con 5 % de CO<sub>2</sub> fue de 25 %. En este tratamiento la tasa de respiración se vió reducida por acción del CO<sub>2</sub> manteniendo una producción de 30 ml /hr durante los 15 días de almacenamiento.

El tratamiento que experimentó la menor pérdida de color fue con 5 % de CO<sub>2</sub>, ya que sólo incrementó este parámetro en 2.2 unidades, mientras que la unidad experimental con mayor incremento en el oscurecimiento, fue con ácido jasmónico + 5 % de CO<sub>2</sub>, variando 10.7 unidades en nueve días. Los cambios en firmeza fueron menores en el testigo y el tratamiento con CO<sub>2</sub>, variando de 5.1- 6.0 y 2.6- 4.1 NW, respectivamente; mientras que en los tratamientos de ácido jasmónico y ácido jasmónico + CO<sub>2</sub>, los cambios fueron más notorios siendo de 3.0-6.0 y 4.4-7.8 NW, respectivamente; este último en nueve días.

Con estos resultados se establece que es factible utilizar los residuos agroindustriales vitivinícolas para la producción de hongos comestibles, en un período relativamente más corto que los obtenidos en otros sustratos y que el empleo de atmósferas modificadas aumenta la vida de anaquel de *Pleurotus*.

## ABSTRACT

Two hundred thousand tons of vineyard pruning and 3700 tons of grape pomace were produced in Mexico during 1997. These wastes are usually burned in the field or disposed in open areas, causing environmental and ecological problems. An efficient way to recycle these lignocellulosic wastes and at the same time to produce a food of excellent quality, it is using a solid state fermentation by *Pleurotus* that possesses an enzymatic complex system, which can decompose the lignocellulosic wastes.

In order to evaluate the potential of the winery agroindustrial wastes to be used for the growing of *Pleurotus*, five mixtures of vineyard pruning and grape pomace 1:0; 2:1; 1:1; 1:2 and 0:1 were evaluated, before and after growing two strains of *P. ostreatus* (CCMC H-041 and IE-8) and one of *P. pulmonarius* (IE-115). A postharvest study was performed using modified atmosphere and jasmonic acid to increase shelf life of this edible mushroom, which is characterized by having a very short self life.

Comparison between mixtures and strains was made on biological efficiency (BE), which ranged from 37.2 to 78.7%. In general, mixtures with higher vineyard pruning content had the best BE. Percentage of bioconversion ranged from 16.7 to 38.8%, the yield from 3.13 to 5.7% and production rate from 0.2 to 4.1%. The analyses (g/100 g DM) of the substrates after the solid state fermentation were: Protein (N x 4.38): 1.32 to 10.6%, the highest values were in mixtures with higher grape pomace. The same tendency was observed on content of total fat, that ranged from 0.29 to 5.5%. No statistical difference ( $P>0.05$ ) in minerals among mixtures and strains after SSF (4.2 to 5.5%) were observed.

The capacity of the mixtures to retain water was increased by the presence of the mushroom that ranged from 6.5 to 12.1 %. The total phenols content ( $\mu\text{g/g}$ ) diminished from 44.4 to 56.8% in pruning and 9.2 to 18.1% in grape pomace. Total sugars decreased from 11.53 to 93.79%, being higher in mixtures with more pruning

concentration. On the contrary in 100% of pomace, it was increased from 49.4 to 131.8%.

Considering the size of fruiting bodies, the 73-98% of production was lower than five cm of diameter; and a 55 to 89% of mushrooms was collected in the first flush. During postharvest study, it was observed that jasmonic acid treatment and control had the lower weight lost (4%), and those treated with 5% CO<sub>2</sub> had 25% weight lost. The respiration rate diminished by CO<sub>2</sub> producing 30 ml/h during 15 days of storage.

A lower color lost change was observed on mushrooms treated with 5% CO<sub>2</sub>, the experimental treatment with the highest color changes (to a darkness tone) was observed with acid jasmonic + 5% CO<sub>2</sub>. The firmness changes were lower in the control and CO<sub>2</sub> treatments, ranging from 5.11 to 6.0 and 2.64 to 4.12 NW, respectively. Acid jasmonic and acid jasmonic + CO<sub>2</sub> treatments showed the highest firmness lost from 2.98 to 6.0 and 4.36 to 7.79 NW, respectively; the last in nine days.

The present study establishes the potential use of the winery agroindustrial wastes to produce edible mushrooms in a shorter time than another substrates and the use of modified atmosphere to increase shelf life of *Pleurotus*.



## INTRODUCCIÓN

Debido al continuo incremento poblacional de los últimos años, la necesidad de aumentar la producción de alimentos y aprovechar al máximo los recursos naturales cada vez es más apremiante. A pesar de que México cuenta con suficientes recursos naturales, no es posible lograr el abastecimiento de alimentos; además, en la mayoría de los cultivos, cerca de la mitad de la biomasa total producida permanece desaprovechada.

Las prácticas agrícolas actuales ocasionan la acumulación periódica de grandes cantidades de residuos, lo que puede favorecer un desequilibrio ecológico. Por tal motivo se propone explorar alternativas en donde se utilicen dichos materiales orgánicos para incrementar la producción de alimentos, a la vez que se evite la contaminación ambiental. Durante 1997, México contaba con 41,129 has plantadas con vid, de las cuales el 68% se encontraban en Sonora (INEGI, 1997). Derivado de esto, se produjeron 200 mil tons de madera provenientes de las podas anuales, además de las 3700 tons del subproducto de la uva industrial destinada para la elaboración de aguardiente.

Aunque se han realizado algunos intentos por utilizar los desechos vitivinícolas como alimento para el ganado vacuno no se han obtenido buenos resultados. Al parecer, debido a los compuestos antinutricionales como los fenoles que inhiben la flora del rumen, además que los nutrimentos como la celulosa y hemicelulosa están fuertemente unidos en forma natural a la lignina, lo que hace que estos compuestos no estén disponibles para los animales (Martín y Akins, 1988). Por lo anterior, estos desechos son incinerados como en el caso de la madera de vid o depositados en terrenos baldíos como basura.

Con base en lo anterior se propone el hongo *Pleurotus* spp. como alternativa para la utilización de desechos agroindustriales vitivinícolas provenientes de la Costa de Hermosillo, Sonora, con la finalidad de producir a bajo costo, alimento rico en proteínas,



esto permitirá además de reciclar materiales lignocelulósicos, hacerlos más disponibles ya sea como alimento para ganado o como abono.

Por otro lado, el consumo de hongos comestibles es una práctica bastante común en el centro y sur del país, en donde *Pleurotus* se ha aprovechado a nivel de planta piloto e industrial con magníficos resultados, utilizando como sustrato los diferentes desechos agrícolas de esas regiones, a saber, pulpa de café, paja de trigo, sorgo, centeno, entre otros.

Debido a lo anterior, el presente trabajo de investigación pretende evaluar el potencial de los desechos agroindustriales provenientes de las actividades vitivinícolas y de la poda de la vid, para ser empleado en el cultivo del hongo comestible *Pleurotus*, analizar la composición química de los sustratos antes y después del cultivo; además de realizar un estudio postcosecha evaluando atmósferas modificadas y ácido jasmónico para tratar de prolongar la vida de anaquel del hongo, el cual es altamente perecedero y escasa la información que al respecto se tiene.

## OBJETIVOS

### Objetivo General

Evaluar el efecto de la fermentación sólida de los residuos vitivinícolas con *Pleurotus* spp. y del ácido jasmónico sobre la vida postcosecha del hongo comestible.

### Objetivos Específicos

Determinar la fenología, eficiencia biológica, tasa de producción y rendimiento de tres cepas de *Pleurotus* cultivadas sobre madera de vid y orujo de uva.

Determinar los cambios cuantitativos en la composición química de los residuos vitivinícolas por efecto de la fermentación sólida con *Pleurotus*.

Conocer el potencial de los residuos vitivinícolas fermentados con *Pleurotus* como alimento para rumiantes.

Evaluar el efecto del ácido jasmónico sobre la vida postcosecha de *Pleurotus pulmonarius*.

## LITERATURA REVISADA

### Biología de *Pleurotus*

Los hongos son organismos independientes de las plantas y aunque químicamente están muy relacionados con los animales, conforman un grupo aparte conocido como reino de los hongos o fungi. La pared celular de los hongos generalmente está compuesta de quitina como en los animales, mientras que en las plantas de lignina y celulosa. Además, los hongos almacenan glucógeno y no almidón como en las plantas; su nutrición es por absorción y no por ingestión como en los animales o por absorción y fotosíntesis como en los vegetales. La reproducción sexual de los hongos es muy diferente a los vegetales y a los animales (Herrera y Ulloa, 1990; Guzmán *et al.*, 1993).

Las especies de *Pleurotus* crecen principalmente como saprobias en las regiones subtropicales, ya que las condiciones cálidas y húmedas favorecen el crecimiento de este hongo. En su hábitat natural se le encuentra creciendo sobre troncos de madera muerta de *Ricinus comune* L., *Inga jinicuil* Schl., *Bursera simaruba* Sarg., *Yuca elephantipes* Regel; además de distintos desechos agrícolas como la pulpa de café (Martínez-Carrera *et al.*, 1988). Sin embargo, Vail *et al.* (1995) observaron la presencia de éste como parásito de vid en California, Estados Unidos.

### Clasificación Taxonómica

En cuanto a su clasificación taxonómica pertenecen al Reino Fungi, División Eumycotina, Subdivisión Basidiomycetos, Clase Holobasidiomycetos, Orden Agaricales, Familia Tricholomataceae, Género *Pleurotus* (Herrera y Ulloa, 1990). En cuanto a las especies se conocen alrededor de 50, destacando *ostreatus*, *pulmonarius*, *djamour*, *sajor-caju* (Guzmán *et al.*, 1994).

En relación a su morfología, el cuerpo fructífero (Fig. 1) está formado por un pileo o sombrero de 6 a 14 cm de diámetro, a menudo imbricado, de colores variables, de violáceos a gris parduzco, con la edad los colores palidecen; son excéntricos y asimétricos, en forma de concha, algo deprimidos en el punto de inserción al estípite. Las láminas al principio son de color blanco crema, tornándose a marfil. El estípite (tallo o pie) mide de 2-8 x 1-2 cm y es de color blanco, liso, compacto, oblicuo, lateral, con la parte superior engrosada. La carne o contexto es blanca, maciza, pero con la edad se vuelve flácida, de olor agradable y de buen sabor (Pacioni, 1982). Entre los factores más importantes para el cultivo de este hongo están su rápido crecimiento, alta resistencia a enfermedades y organismos competitivos, y la necesidad de un sustrato simple. Ésto se debe a su capacidad de desdoblar directamente la celulosa y la lignina (Herrera y Ulloa, 1990). Para su desarrollo, los factores ambientales como temperatura, luz humedad relativa son críticos.



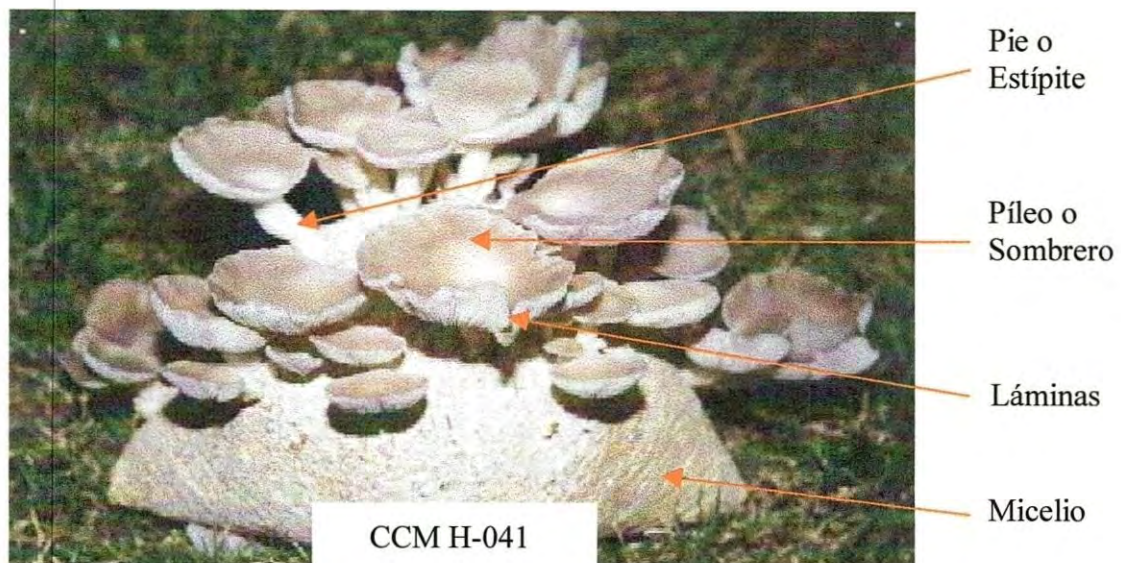


Fig. 1. Morfología de *Pleurotus*.

## Factores Ambientales que Influyen en el Desarrollo de *Pleurotus*

### Temperatura

La mayoría de las especies crecen favorablemente en un rango de temperaturas que oscilan entre 15 y 30°C. Durante su cultivo existen dos etapas críticas en las cuales, la temperatura juega un papel muy importante. La primera, en el desarrollo del micelio, ya sea en el medio de cultivo, en la formación del inóculo o bien en el sustrato donde la temperatura óptima es entre 26 y 29°C. La segunda etapa y quizás la más importante, en la formación de cuerpos fructíferos, donde se recomienda una temperatura de 22 a 25°C (Rajarithnam y Bano, 1989).

### Humedad Relativa

Dado que el hábitat natural de estos hongos es con una alta humedad relativa, además de que su contenido de agua es elevado, la humedad ambiental elevada durante su desarrollo juega un papel de suma importancia, ya que evita que el sustrato se seque y que los primordios se deshidraten, un caso contrario daría como resultado una baja calidad y poca producción. La humedad relativa recomendada para el buen desarrollo de estos hongos es entre 75 y 85% (Guzmán y Martínez-Carrera, 1985).

### Concentración de Oxígeno y Dióxido de Carbono

Los hongos comestibles son organismos aeróbicos que requieren oxígeno para su respiración y es el aire, el medio de suministro. *Pleurotus* al igual que otros hongos

requiere de niveles altos de oxígeno para su desarrollo, ya que concentraciones elevadas de dióxido de carbono trae como consecuencia una formación defectuosa de los cuerpos fructíferos, siendo éstos largos y delgados (Stamets y Chilton, 1983).

### Luz

Este parece ser un factor poco crítico para el buen crecimiento y formación de los cuerpos fructíferos, ya que en su hábitat natural el hongo crece en la oscuridad. En algunas especies cuyo color es claro, éste tiende a oscurecerse en presencia de luz intensa (Solís-Martínez, 1995). Sin embargo, otros autores consideran importante la luz para la formación de primordios y su posterior crecimiento, dando un período de 12 horas de luz indirecta y 12 horas de oscuridad durante su cultivo (Guzmán *et al.*, 1993). Stamets y Chilton (1983) citan que el color azul promueve la formación de cuerpos fructíferos no sólo en el género *Pleurotus*, sino en otras especies fotosensitivas, de ahí la importancia de proporcionar luz durante su producción a nivel comercial.

### pH

El sustrato en el que se desea cultivar dicho hongo debe tener un pH cerca de 6.5 a 7.0 como óptimo, aunque tiende a acidificarse con el desarrollo del micelio, lo cual ayuda a impedir el crecimiento de organismos naturales en el sustrato (Rajaratnam y Bano, 1989). Además de los factores ambientales, la composición química del sustrato es muy importante para el crecimiento y desarrollo del hongo.



## Materiales Lignocelulósicos

### Compuestos Lignocelulósicos

Estos materiales son los más abundantes en la naturaleza y representan uno de los recursos naturales renovables, por lo que pueden ser aprovechados adecuadamente para su transformación en alimentos o energéticos (De la Torre, 1985). La celulosa es el polisacárido que más abunda en la naturaleza, se encuentra ampliamente en los tejidos y fibras vegetales. Químicamente es un homopolímero lineal de alto peso molecular, compuesto por unidades de  $\beta$ -D-glucosa unidas por enlaces glucósidos. Está compuesta por microfibrillas con regiones cristalinas alternadas con regiones amorfas. Se ha atribuido que estas regiones cristalinas reducen en gran medida la digestibilidad debido a una baja hidrólisis (Salisbury y Ross, 1994).

La hemicelulosa es un heteropolisacárido complejo que generalmente acompaña a la celulosa en las paredes celulares de los vegetales. Está constituida por una mezcla de unidades de xilenos,  $\beta$ -mananos, galactanos y L-arabinanos, siendo los xilanos los más abundantes en el material lignocelulósico. La lignina es un material de refuerzo químicamente unido a la celulosa y otros polisacáridos en la pared celular de las plantas superiores. Se encuentra en mayor proporción en la madera, en la cual se acumula en la lámina media y en las paredes primarias y secundarias del xilema. Se considera que la lignina es el material más abundante sobre la Tierra después de la celulosa. Este polisacárido comprende del 15 al 25 % del peso seco de muchas especies leñosas y su función además de sostén, es dar protección contra ataques de patógenos, insectos y

mamíferos. La lignina es una macromolécula que está asociada físicamente a la celulosa, impidiendo así su degradación biológica. Su estructura molecular es tridimensional con monómeros aromáticos y se presenta en forma ramificada e irregular (Salisbury y Ross, 1994).

### Requerimientos Nutricionales de *Pleurotus*

Los requerimientos nutricios de *Pleurotus* son diferentes en cada una de sus dos etapas del desarrollo, ya que durante la primera fase o crecimiento micelial, el hongo degrada en orden preferencial: lignina, hemicelulosa y celulosa, mientras que en la segunda etapa o crecimiento del cuerpo fructífero del hongo, la afinidad se invierte degradando celulosa, hemicelulosa y por último lignina (Ginterová y Lazarová, 1987). Estos compuestos son básicamente carbono, hidrógeno y oxígeno y son teóricamente la fuente de energía para el buen crecimiento de los hongos. Para el buen crecimiento del hongo es necesario que el sustrato en donde éste se desarrolla cuente con todas las sustancias necesarias.

El carbono es utilizado por el hongo como fuente de energía y para la elaboración de sustancias estructurales de la célula como son: hidratos de carbono (mono y polisacáridos), ácidos orgánicos, aminoácidos, algunos alcoholes y fenoles. El nitrógeno es utilizado para elaborar compuestos como aminoácidos, proteínas, micelio y la formación del cuerpo fructífero del hongo. Una deficiencia de este elemento trae como

consecuencia un crecimiento raquíptico del micelio y por consiguiente una reducción tanto en el tamaño como en el número de carpóforos (Stamets y Chilton, 1983).

Entre los minerales más importantes para el crecimiento de los hongos están el hierro, cobre, magnesio, sodio, potasio, calcio y fósforo, mientras que las vitaminas y fitohormonas, inducen el crecimiento del micelio. Entre los compuestos más utilizados en el cultivo de hongos está la tiamina (B<sub>1</sub>) y el ácido giberélico, los cuales son absorbidos durante la degradación del sustrato en donde crece el hongo (Guzmán *et al.*, 1993).

#### Cultivo de *Pleurotus* sobre Residuos Agroindustriales en México

Una de las prácticas utilizadas en el cultivo de hongos es la fermentación de los sustratos, así como la mezcla de éstos entre sí para ayudar a suplementar alguna deficiencia nutrimental (Guzmán *et al.*, 1993). En general, los subproductos agrícolas empleados en el cultivo contienen cantidades considerables de celulosa (40-60%), hemicelulosa (15-50%) y lignina (10-30%) de donde éste toma la energía necesaria para su crecimiento. De ahí que una gran parte de los desechos agrícolas puedan ser utilizados, aprovechando de esta manera la cualidad que este hongo posee de convertir los residuos lignocelulósicos de poco valor en alimento rico en proteínas (Martínez-Carrera *et al.*, 1988).

Los materiales lignocelulósicos que se han evaluado como sustratos para el cultivo de *Pleurotus* son pajas de diferentes cereales, por ejemplo, trigo, cebada, maíz, sorgo,



arroz y desechos agroindustriales como bagazo de caña de azúcar, pulpa de café, cáscara de cacahuate, fibra de coco, etc. También se han utilizado ampliamente como alimento para rumiantes, aunque éstos se consideran de poco valor alimenticio debido a que la celulosa y hemicelulosa que éstos poseen se encuentran ligadas a la lignina y por ello no disponibles para los animales (Martínez-Carrera y Larqué-Saavedra, 1990).

Con la finalidad de remover la lignina y de esta manera aumentar el valor nutricional de estos desechos agrícolas, se han aplicado varios tratamientos a base de ácidos, álcalis, sulfitos y cloruros, pero estos métodos han sido imprácticos debido a su alto costo y elevado grado de contaminación. En este contexto, la deslignificación biológica que representa *Pleurotus* es una solución para la utilización de este tipo de materiales, ya que al mismo tiempo que degrada lignina incrementa su valor alimenticio, aumentando el contenido de aminoácidos, vitaminas, grasas, etc. (Rajaratnam y Bano, 1989).

### Producción de Hongos Comestibles

#### Producción Mundial

La producción mundial de los hongos cultivados comercialmente para consumo humano se ha incrementado notablemente en los últimos años. En 1991, más de 120 países produjeron 4.3 millones de toneladas, ocupando el primer lugar con un 38% en el cultivo de *Agaricus bisporus* y el segundo lugar *Pleurotus* con un 25%, siendo China el primer productor de este último (Chang y Miles, 1991). Durante el período de 1986 a

1994, todas las especies cultivadas experimentaron un incremento en su producción, pero ninguno tan elevado como *Pleurotus* con un 471.6% (Chang, 1996).

En cuanto a los países productores durante el año 2000 (Fig. 2), China aportó el 30 % de la producción mundial, seguido por Estados Unidos (16 %), Holanda (10 %), Francia (6 %), Reino Unido (4 %), Polonia (4 %), España (3 %), Canadá (3 %), Japón (3 %), y el resto del mundo generó el 21 %.

#### Producción Nacional de *Pleurotus*

Más de 15 especies de hongos, agrupados en distintos géneros son cultivados a gran escala en distintos lugares del mundo, de las cuales 13 se encuentran creciendo en forma nativa en México (Guzmán, 1977). Estas especies son: *Agaricus bitorquis* (Quél.) Sacc., *Auricularia fusco-succinea* (Mont.) Farl., *A. polytricha* (Mont.) Sacc., *Dictyophora indusiata* (Vent.: Pres.) Desv., *Flammulina velutipes* (Curt.: Fr.) Sing., *Lentinus cubensis* (B. & C.) Sing., *Pholiota mutabilis* (Schaeff.: Fr.) Kumm., *Pleurotus smithii* Guzmán, *P. ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm., *P. cornucopiae* (Paul.: Fr.) Gill., *Volvariella bombycina* (Schaeff.: Fr.) Sing., *Tremella fuciformis* Berck. (Martínez y *et al.*, 1984).

La producción de hongos comestibles se inició en México con el género *Agaricus* en la década de los años 30, utilizando técnicas y cepas extranjeras. A partir de 1974, se inicia el cultivo de *Pleurotus ostreatus*, setas u orejas blancas (Martínez-Carrera *et al.*, 1991), pero es en los últimos años que el cultivo de hongos comestibles en nuestro país ha tenido un gran éxito por su impacto social, económico y ecológico en las zonas rurales (Martínez-Carrera *et al.*, 1996).

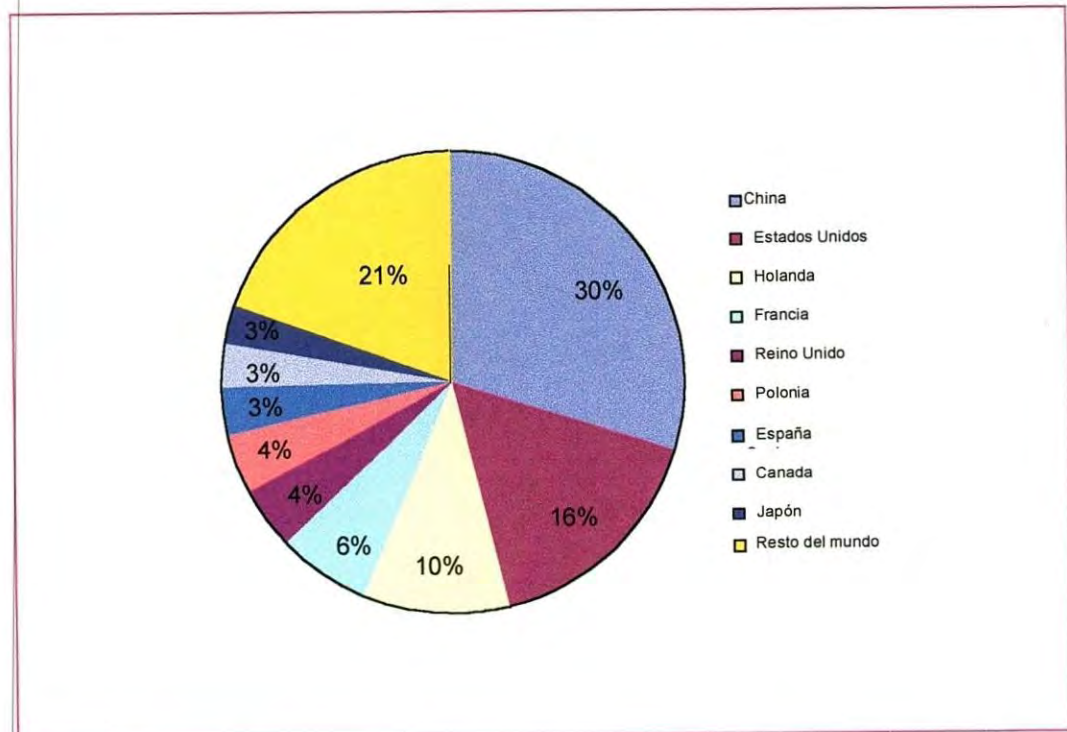


Fig. 2. Principales países productores de hongos comestibles durante el año 2000.  
Fuente: <http://www.mushworld.co.kr>

Martínez-Carrera *et al.* (1984) utilizaron la pulpa de café como sustrato para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*, logrando una eficiencia biológica del 113% durante un período de 40- 45 días al utilizar la cepa IE-8. Martínez-Carrera *et al.* (1988) aislaron 10 cepas de *P. ostreatus* que crecían en forma nativa en la región de Xalapa, Ver. Estas fueron cultivadas sobre pulpa de café y paja de cebada, obteniendo las mayores eficiencias biológicas (138%) con la cepa IE- 21 sobre pulpa de café e IE-26 en paja de cebada.

Acosta *et al.* (1988) aislaron ocho cepas de Morelos y cinco de ellas se seleccionaron para su cultivo sobre bagazo de caña de azúcar, olote de maíz y tamo de maíz, obteniendo la mayor eficiencia biológica (186%) sobre el tamo de maíz, mientras que para olote de maíz y bagazo de caña de azúcar fue de 50.5 y 15%, respectivamente.

Bernabé-González *et al.* (1993) cultivaron *Pleurotus ostreatus* var. *florida* sobre fibra de fruto del cocotero sola y en fresco, y mezclada con pulpa de café en proporciones de 1:1 y 1:2, con diferentes períodos de fermentación, logrando una eficiencia biológica para la fibra de coco sola de 80.6%; 152.2% al utilizar la mezcla de fibra de coco con la pulpa de café en la proporción 1:2, con tres días de fermentación y en la proporción 1:1 la máxima eficiencia biológica que lograron fue de 120.5% con cinco días de fermentación.

Bernabé-Gonzalez y Arzeta-Gómez (1994) utilizaron como sustrato la cáscara de cacahuete, las hojas secas de maíz y la mezcla de estos dos en proporción de 2:1, logrando las siguientes eficiencias biológicas 85, 144 y 95%, respectivamente. Hernández-Ibarra *et al.* (1995) evaluaron cinco cepas de la región de Tapachula, Chis., utilizando como sustrato la pulpa de café, resultando la cepa más prometedora ESC-



0105 de *Pleurotus flabellatus*, con una eficiencia biológica del 92% siendo estadísticamente similar a la obtenida por la cepa testigo IE-8 de *P. ostreatus* (99.38%).

Mata y Gaitán-Hernández (1995) utilizaron cuatro cepas y tres especies del género *Pleurotus* empleando las hojas secas de la caña de azúcar como sustrato. Se observó una gran diferencia en el comportamiento de cada una de las cepas evaluadas, ya que se obtuvieron de dos a cuatro cosechas y de 15 a 45 días para obtener las primeras fructificaciones. La cepa IE-129 de *P. ostreatus* presentó la menor eficiencia biológica (40.9%) y sólo dos cosechas. Valores intermedios se presentaron en las cepas IE-8 (70.6%) e IE-136 (74.0%) de las especies *P. ostreatus* y *P. columbinus*, respectivamente; mientras que la mayor eficiencia biológica (89.4%) la presentó *P. pulmonarius* con la cepa IE-115.

#### Calidad Nutricia de *Pleurotus*

Los cuerpos fructíferos de *Pleurotus* además de tener excelentes cualidades organolépticas son considerados como un alimento con alto valor nutritivo y medicinal, ya que son bajos en contenido energético y con buena cantidad de fibra dietria total, lo que ayuda a reducir el colesterol en plasma. Su elevado contenido de proteína (35% en base seca), los coloca en un nivel intermedio entre los productos de origen animal y vegetal. Además su proteína es considerada de buena calidad debido a que contiene la mayoría de los aminoácidos esenciales. Posee minerales, principalmente potasio, fósforo y magnesio y en menor cantidad calcio y hierro; vitaminas C, D y del complejo B,

niacina, ácido pantoténico y ácido fólico, lo que ayuda en el control de algunos tipos de anemia (Bano y Rajarathnam, 1988; Martínez-Carrera y Larqué-Saavedra, 1990).

Debido a que los hongos obtienen su alimento por absorción, la composición química de *Pleurotus* puede variar entre cepas, especies, sustrato en el cual fue cultivado y las condiciones de cultivo (Rajarathnam y Bano, 1989). En el Cuadro 1 se observa la variación en composición de tres cepas de *Pleurotus* cultivado sobre desechos vitivinícolas (Mendivil-Salmón *et al.*, 2001).

#### Condiciones de Almacenamiento

Los hongos frescos están considerados como productos altamente perecederos debido a su acelerada pérdida de calidad aún bajo almacenamiento, lo cual es debido a su alta tasa respiratoria, elevado grado de deshidratación y rápida pérdida de color. La preservación del estado fresco de los hongos es importante para prevenir la pérdida de nutrientes y sus características organolépticas. Para lograr extender la vida de anaquel de los hongos es necesario conocer la fisiología del producto después de la cosecha, haciendo énfasis en el contenido de agua, respiración, textura, pérdida de color, actividad enzimática, así como en el contenido de azúcares solubles, aminoácidos y fenoles. (Handenburg *et al.*, 1988).

La deshidratación está correlacionada con la pérdida de peso y color del hongo, para evitar éstas se utilizan películas de plástico, las cuales evitan la pérdida de humedad y con esto

Cuadro 1. Composición Química de *Pleurotus* (g/100g BS) Cultivado Sobre Residuos Vitivinícolas.

	IE-8	CCMC- H041	IE-115
Humedad	92.90	92.44	92.63
Cenizas	6.56	6.56	6.59
Proteínas	16.87	17.63	16.42
Lípidos	1.74	1.39	3.23
Fibra Dietaria	37.39	37.33	39.04
Carbohidratos	37.13	37.02	34.72
Valor Energético	200.56	201.72	189.77

mg/100g peso seco

Sodio	202.87	188.52	329.50
Calcio	73.33	75.92	116.44
Fósforo	17.53	17.52	20.12
Fierro	3.57	3.91	3.12
Manitol	6.88	2.98	6.59
Manosa	3.41	5.16	2.12
Vitamina C	12.82	15.36	9.55
Esteárico (C18)	30.49	35.53	76.64
Palmitico (C16)	135.67	150.17	312.02
Oleico	140.83	147.20	358.14

Fuente: Mendivil-Salmón *et al.* (2001)



se retarda la senescencia del hongo (Handenburg *et al.*, 1988). El oscurecimiento de los hongos es debido a las enzimas llamadas polifenoloxidasas, las cuales en presencia de sustratos fenólicos y oxígeno, catalizan la oxidación de compuestos fenólicos a O-Quinonas, las cuales rápidamente se condensan para formar melaninas (compuestos complejos de color oscuro). Para disminuir la pérdida de color se ha utilizado las sales de bisulfito de sodio sin obtener buenos resultados. De igual manera la utilización de blanqueadores en solución han prevenido el oscurecimiento de los hongos, pero éstos experimentan un aumento en la pérdida de peso y cualidades organolépticas (Bano y Rajarathnam, 1988).

Estos mismos autores encontraron que existe una relación inversa en la concentración de CO<sub>2</sub> y la pérdida de color. Ésto hace suponer que la utilización de atmósferas controladas en la preservación de la calidad de *Pleurotus* pudiera dar buenos resultados, tal como sucede con *Agaricus* spp. al utilizar de 5-10 % de bióxido de carbono, 90-95 % de oxígeno y temperaturas de 0-4°C. Ésto con la finalidad de disminuir su tasa respiratoria. También se han utilizado las radiaciones con rayos gama y almacenamiento a baja presión de 10- 15mm de Hg, con el fin de reducir el crecimiento de bacterias como *Pseudomonas tolaasii* y aumentar así la vida útil de los hongos (Handenburg *et al.*, 1988).



### Efecto del Ácido Jasmónico en Algunos Productos Hortofrutícolas

El ácido jasmónico es un producto del metabolismo del ácido 13- hidropoxi 9, 11, 15- octadecatrienoico. Aunque se sabe poco del papel que juega en las funciones fisiológicas de las plantas, se tiene conocimiento que es una hormona que regula el crecimiento y activa los genes que se encuentran involucrados en la defensa de las plantas (Pérez *et al.*, 1997). Estos autores señalaron que las principales funciones del ácido jasmónico como regulador de crecimiento son inhibición en la germinación de semillas y crecimiento de callos vegetativos, promoción de la senescencia de la fruta y hoja de las plantas superiores, inhibición de raíces y abscisión de hojas. De igual manera, Tsai *et al.* (1996) citaron que la hoja de cebada tratada con ácido jasmónico es más sensitiva a la senescencia causada por el etileno endógeno, sin que el nivel de esta hormona se vea incrementado.

La capacidad del ácido jasmónico de reducir los daños por frío y un decremento en el rango del deterioro por microorganismos en apio fresco y chiles Bell almacenados a 5°C, fue probada por Buta y Moline (1998) al aplicar concentraciones de  $10^{-4}$  ó  $10^{-5}$  molar y de esta manera prolongar la vida de anaquel de estos productos por una semana con respecto a los testigos. Efectos similares fueron citados por Wang y Buta (1994) al retardar el daño por frío al incrementar la síntesis de ácido abscísico en calabaza Zucchini (*Cucurbita pepo* L.) al ser tratadas con soluciones de 0.05 – 1.0  $\mu$ M de ácido jasmónico, teniendo los mejores resultados en las concentraciones más elevadas. Estos autores señalan que el fruto tratado experimentó una disminución en los niveles de

poliaminas, lo que indica que el producto es más tolerante al estrés causado por bajas temperaturas de almacenamiento .

Otras aplicaciones en donde se ha visto que el ácido jasmónico tiene buenos resultados es en la estimulación del crecimiento y maduración de la fresa (*Fragaria ananassa* Duch.) cultivadas *in vitro*, en donde aplicaciones exógenas de 50  $\mu\text{M}$  estimularon la tasa de respiración, producción de etileno, evolución de color por promover la biosíntesis de antocianinas y degradación de clorofila A y B (Pérez *et al.*, 1997).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Cepas Estudiadas

El presente trabajo se realizó en las instalaciones del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD). Se utilizaron dos cepas de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm. (CCMC H-041 e IE-8); y una de *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quél. (IE- 115). IE- 8 e IE- 115 provenientes del INECOL (Xalapa, Ver.) y CCMC H-041 del CIATEJ (Guadalajara, Jal.).

### Conservación de las Cepas

Las cepas de *Pleurotus* spp. se conservaron en tubos con medio de agar con extracto de malta (Difco 0112-17-6). Se inocularon en el medio estéril e incubaron a temperatura de  $28 \pm 1^{\circ}\text{C}$  durante 10 a 15 días o hasta que el micelio cubrió completamente el medio. Para mantenerla en estado viable se conservaron en refrigeración a  $5^{\circ}\text{C}$  y se efectuaron resiembras cada mes como máximo.

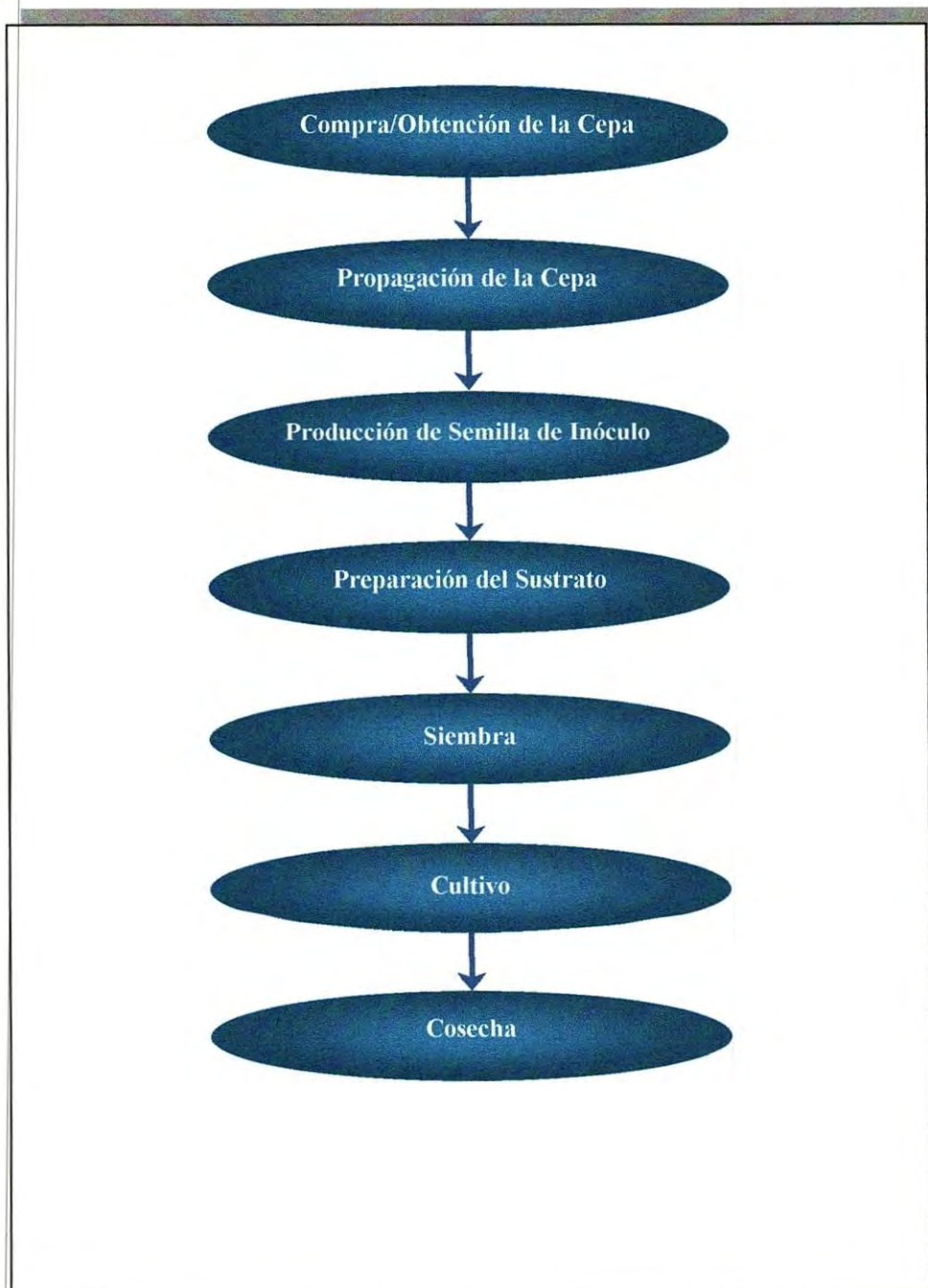


Fig. 3. Diagrama de flujo de la producción de *pleurotus*.



### Obtención del Inóculo

La propagación se llevó a cabo en cajas petri con medio de agar con extracto de malta. Para a la obtención del inóculo se utilizó grano de trigo, el cual fue previamente cribado y lavado con el objetivo de eliminar impurezas. Después se mantuvo sumergido en agua por un período entre 18 y 24 horas. Posteriormente, se escurrió para eliminar el exceso de agua y se colocó 200 gr en bolsas de alta densidad, en las cuales se esterilizó a 121°C y presión de 15 lbs/pg<sup>2</sup> durante 40 minutos y se enfrió a temperatura ambiente. Inmediatamente después se inoculó con micelio de la caja petri; el cual se cortó en cuadros de 1 cm<sup>2</sup> y se transfirieron 5 cuadros por bolsa repartidos uniformemente; ésto se realizó en un área estéril. Las bolsas se incubaron bajo oscuridad a 28°C hasta que el micelio invadió todo el grano (10 a 15 días).

### Cultivo de *Pleurotus*

Se utilizaron cinco mezclas: 1:0, 2:1, 1:1, 1:2 y 0:1 de madera de desecho de la poda de la vid y orujo de uva. La madera de vid se pasó por un molino con una criba de 3/8 de pg. de diámetro. El bagazo de uva se recolectó de la compañía vitivinícola de la comunidad y la madera de vid de viñedos de la Costa de Hermosillo, sin considerar la variedad. Una vez realizadas las mezclas, éstas se colocaron en costales de polietileno tejido y se siguió la técnica propuesta por Guzmán *et al.* (1993), en la cual el sustrato es

pasteurizado a 85°C por 1 hr. con la finalidad de eliminar posibles patógenos que pudieran competir con el hongo de interés.

Una vez pasteurizado el sustrato, éste se dejó enfriar a temperatura ambiente sobre una superficie limpia y desinfectada. Posteriormente se colocó 500g de residuos vitivinícolas en bolsas de plástico junto con el 5% del inóculo ambos en base seca y se mezcló homogéneamente. Los tratamientos se ubicaron sobre estantes de madera con malla gallinera en una habitación con temperatura y humedad controlada donde se mantuvieron en la oscuridad. Después de dos días de la inoculación se hicieron pequeños orificios en las bolsas para facilitar el intercambio gaseoso. Las bolsas se conservaron a  $29^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  hasta la formación de los primeros primordios, después de esto se bajó a  $26 \pm 1^{\circ}\text{C}$ . Las bolsas se abrieron para facilitar el crecimiento de los cuerpos fructíferos. Con el fin de evitar la deshidratación de los hongos en esta etapa fue necesario la utilización de dos humidificadores (Humidifier) Modelo 500-U (Trion, Stanford, NC.) para mantener la humedad relativa entre 75 y 85%; al mismo tiempo se proporcionó luz difusa por periodos de 12 hrs ya que esta práctica favorece la formación de cuerpos fructíferos.

La comparación entre mezclas se realizó en función de a) Eficiencia Biológica (EB), que es el valor resultante del peso de los cuerpos fructíferos frescos entre el peso del sustrato seco expresado en porcentaje; b) Rendimiento (R), definido como la relación de los carpóforos secos producidos entre los gramos de sustrato utilizado; y c) Tasa de Producción (TP), la cual se calcula como el valor que se obtiene al dividir la EB entre el tiempo de incubación del hongo en el sustrato, más el tiempo requerido para la obtención de las fructificaciones hasta el último corte (Tchierpe y Hartman, 1977). Así mismo se evaluó el peso y los diámetros alcanzados por los cuerpos fructíferos cosechados en cada

una de las mezclas y se clasificaron en tres grupos de acuerdo al diámetro del pileo:  $G_1 < 5.0$  cm;  $G_2$  de 5.0 a 10 cm y  $G_3 > 10$  cm. La bioconversión de las cepas evaluadas se determinó mediante la pérdida del peso seco del sustrato después de la fructificación.

### Composición Química del Sustrato

Con la finalidad de conocer los cambios químicos del sustrato después del cultivo de *Pleurotus* se realizó un análisis proximal: Humedad (AOAC No. 7.003, 1990), minerales (AOAC No. 7.0009, 1990), grasa (AOAC No. 7.060, 1990) y proteínas (AACC No. 9555.04, 1983), Fibra Dietaria Neutra (AOAC, 1990). La determinación del carbono total se obtuvo restando al contenido del peso seco los minerales totales o cenizas (Salmones *et al.*, 1996).

### Fenoles Totales

Para la determinación de fenoles totales se utilizó el método descrito por Golan *et al.*, (1977). En tubos de ensayo se colocó 0.5 g de sustrato y 5 ml de etanol absoluto, los cuales se colocaron en baño maría por una hora, se filtraron con papel Whatman No. 41 y se tomó 40  $\mu$ l del extracto, a los cuales se les agregó 60  $\mu$ l de etanol absoluto, 0.4 ml de agua destilada, 5 ml del reactivo A (hidróxido de sodio 0.1 N + 2 g de carbonato de sodio por cada 100 ml de hidróxido de sodio) y 0.5 ml del reactivo B (Folín Ciocalteau + agua destilada en partes iguales). La mezcla se agitó en vortex y se dejó



reposar por 30 min. Posteriormente se midió la absorbancia a 750 nm en un espectrofotómetro uv/visible de Perkin-Elmer modelo Lamda A. Las lecturas obtenidas se compararon con la curva de calibración basada en una concentración de 0 a 100 µl de catequina (Sigma C-1251).

#### Azúcares Totales

Los azúcares totales fueron cuantificados por el método colorimétrico del Fenol- $H_2SO_4$  (Dubois *et al.* 1956). 50 g de muestra se homogenizaron con 80 ml de agua, se filtró y del sobrenadante se tomó 0.2 ml y se aforó a 2 ml con agua, a los cuales se les agregó 1.5 ml de fenol al 5 % y después 5 ml de  $H_2SO_4$  concentrado; se dejó enfriar a temperatura ambiente por 10 min. se agitó y dejó reposar por 20 min en baño de agua a 25°C. Se determinó la absorbancia a 490 nm en un espectrofotómetro uv/vis marca Perkin-Elmer modelo Lamda 3.

#### Ácidos Grasos

Los ácidos grasos fueron extraídos de acuerdo al método 965.49 de la AOAC (1990). Los lípidos se extrajeron con cloroformo y metanol. La purificación del extracto se hizo con una serie de lavados con agua-metanol. Los ácidos grasos se recuperaron con heptano. La muestra se inyectó en un cromatógrafo de gases Varian 3600 con detector de ionización de flama, la columna utilizada fue de la misma compañía (Chromosorb WAW 100/120 de 6' x 1/8" DI). La temperatura de la columna fue de 150-190°C con



incrementos de 5°C. Se inyectó 1 µl, empleando una temperatura de 250°C de inyector. El tiempo de corrida fue de 25 min. Se utilizaron estándares de Sigma Chemical Co. (St. Louis, MO).

### Estudio Postcosecha de *Pleurotus pulmonarius*

Para evaluar el efecto del ácido jasmónico y una concentración elevada de bióxido de carbono al 5% en la prolongación de la vida de anaquel de *P. pulmonarius* se realizaron los siguientes tratamientos: Empaque, Empaque + ácido jasmónico (50 µl x L<sup>-1</sup>), CO<sub>2</sub> (5%), CO<sub>2</sub> (5%) + ácido jasmónico (50 µl x L<sup>-1</sup>).

Para el testigo (Tratamiento 1) se utilizó una charola de poliestireno de 16 x 25 cm y se cubrió con una película de cloruro de polivinilo (PVC) con la finalidad de mantener en el interior una humedad relativa de 75 a 85%. Para evitar la condensación de agua se realizaron dos perforaciones en los extremos del recipiente. En los tratamientos con una concentración elevada de CO<sub>2</sub> se utilizó un estándar de este gas al 5% (Linde, Hillo., Son.). Se le aplicó un flujo de 1 min., tiempo suficiente para que la atmósfera interior del recipiente alcanzara un 5% de CO<sub>2</sub>. Para evitar la pérdida de la atmósfera modificada se utilizaron recipientes de vidrio (974 ml) y en su interior se colocó cloruro de calcio (25 g) como absorbente del exceso de humedad. El ácido jasmónico se aplicó hongo por hongo hasta antes de escurrir con un aspersor casero. Para cada unidad experimental se utilizaron 50 ± 5 g de hongos.

Para la realización de este experimento se utilizó la mezcla 2:1 de madera de vid y orujo de uva inoculada con la cepa IE-115, ya que fue la que tuvo los cuerpos fructíferos de mayor diámetro y por su color blanco cremoso, el cual es más atractivo para el consumidor. La temperatura que se empleó para el almacenamiento fue de 2°C, siendo las variables a medir:

#### Pérdida de Peso

Esta se midió por diferencia de peso utilizando una balanza analítica Modelo Sartorius (Brinkman Instrument Co., NY).

#### Respiración

Se utilizó un cromatógrafo de gases modelo Start 3400 (Varian, Walnut, CA) con detector de ionización de flama, (FID). Se empleó una columna Haysep N de 2 m de longitud, con diámetro externo de 1/8 pg, 80/100 µm de tamaño de partícula y utilizando 25 ml/min de nitrógeno como gas acarreador, 300 y 30 ml/min para el aire y oxígeno, respectivamente, las condiciones de temperatura fueron de 80, 170, 205 y 100°C para la columna, detector, filamentos e inyector, respectivamente.

#### Resistencia al Corte

Se tomó con un analizador de textura modelo TA-XT 2, (Stable Micro Systems, Texture Technologies Co., NY).

## Cambios en Color

Se utilizó un miniscan modelo MS/B de la marca Hanter Lab. (Hunter Associates Lab., VA).

### Análisis Estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar. Se emplearon tres cepas de *Pleurotus* y cinco mezclas, todas las observaciones fueron realizadas por triplicado dando un total de 45 lotes experimentales. Se hizo un análisis de varianza para cada una de las variables estudiadas y en los casos en que existió diferencia significativa se aplicó una comparación de medias según la prueba de rangos múltiples de Tukey, para lo cual se utilizó el paquete estadístico SAS (1994).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Velocidad de Crecimiento

Se observó una mayor velocidad de crecimiento en los sustratos con mayor proporción de madera, apareciendo los primeros primordios a los 12 días sobre la mezcla con la relación 2:1 de madera y orujo de uva inoculada con la cepa CCMC H-041. En el resto de los tratamientos, la aparición de los hongos fue hasta los 15 a 17 días después de la inoculación. Este tiempo se considera significativamente corto si se compara con los resultados de otros autores. Bernabé-González *et al.* (1993) obtuvieron los primeros primordios en un período entre 17 y 42 días al inocular la cepa IE-4 de *Pleurotus ostreatus* sobre la mezcla 1: 2 de fibra de coco y pulpa de café, fermentados y sin fermentar, respectivamente; León-Chocooj *et al.* (1988) reportaron entre 20 y 25 días al utilizar la cepa IE-8 sobre pulpa de café. Con la misma cepa, Martínez-Carrera *et al.* (1985) obtuvieron las fructificaciones a los 15, 18 y 21 días sobre madera fermentada de canela, zacate limón y madera de canela sin fermentar, respectivamente.



### Eficiencia Biológica

La eficiencia biológica, tal vez es la manera más representativa de expresar la capacidad de un sustrato para la producción de cuerpos fructíferos de una determinada cepa o especie de hongos (Martínez-Carrera *et al.*, 1988; Bernabé-González y Arzeta-Gómez, 1994). Ésta varía entre especies, entre una misma especie al ser cultivada sobre diferentes sustratos y aún en la misma especie creciendo sobre el mismo sustrato bajo condiciones de cultivo diferentes (Rajarathnam y Bano, 1989).

En el Cuadro 2 se presentan los flujos de cosecha, producción total y eficiencia biológica (EB) obtenidas en las tres cepas estudiadas de *Pleurotus* y en cada una de las cinco mezclas utilizadas. Los resultados más elevados de EB (78.7 %) se obtuvieron con la cepa IE-8 al ser inoculada en 100 % de madera de vid, mientras que la menor EB fue del 37.3 %, en la mezcla con 100 % de orujo de uva inoculada con la cepa CCMC H-041. Estos valores son inferiores a los observados para las mismas cepas en otros sustratos. León-Chocooj *et al.* (1988) reportaron una eficiencia biológica del 140% al utilizar la cepa IE-8 sobre pulpa de café. Hernández-Ibarra *et al.* (1995) obtuvieron una EB de 99.4 % al inocular esta misma cepa sobre pulpa de café; mientras que Mata y Gaitán-Hernández (1995) lograron una EB de 70.6 y 89.4 % al cultivar las cepas IE-8 e IE-115 respectivamente, sobre hojas de caña de azúcar.

Una explicación del por qué la eficiencia biológica baja conforme el contenido de orujo aumenta, tal vez sea al alto contenido de taninos, ácidos grasos y de nitrógeno presentes en la semilla y orujo de este sustrato, Saura-Calixto (1991) reportó 36.4mg de

Cuadro 2. Flujo de Cosechas. Producción Total y Eficiencia Biológica Obtenidas con *Pleurotus* Inoculado en Residuos Vitivinícolas.

Cepa	Mezcla Madera:Orujo	1er. Corte		2do. Corte		Total G	% de Eficiencia Biológica
		g	%	g	%		
CCM C 041	1:0	268.0	83	56.0	17	324.0 ± 30.6	64.80 ± 6.1 <sup>abc</sup>
	2:1	152.0	55	125.7	45	277.7 ± 50.0	55.53 ± 10.0 <sup>abc</sup>
	1:1	225.3	78	63.7	22	289.0 ± 55.5	57.80 ± 1.10 <sup>abc</sup>
	1:2	181.3	67	91.3	33	272.7 ± 11.5	54.53 ± 2.30 <sup>abc</sup>
	0:1	145.0	78	41.3	22	186.3 ± 34.5	37.27 ± 6.90 <sup>ac</sup>
IE- 115	1:0	224.3	78	66.3	22	290.7 ± 30.7	58.13 ± 3.13 <sup>abc</sup>
	2:1	228.7	89	56.0	11	284.7 ± 97.2	56.93 ± 19.43 <sup>abc</sup>
	1:1	203.7	65	109.7	35	313.3 ± 38.0	62.67 ± 7.60 <sup>abc</sup>
	1:2	187.7	84	35.3	16	223.0 ± 60.4	44.60 ± 12.08 <sup>bc</sup>
	0:1	142.7	75	48.7	25	191.3 ± 59.7	38.27 ± 11.95 <sup>abc</sup>
IE-8	1:0	287.0	73	106.7	27	393.7 ± 77.4	78.73 ± 15.48 <sup>bc</sup>
	2:1	285.3	89	68.3	11	353.7 ± 102.9	70.73 ± 20.58 <sup>ab</sup>
	1:1	210.7	79	57.7	21	268.3 ± 17.2	53.67 ± 3.45 <sup>abc</sup>
	1:2	193.0	74	60.3	26	253.3 ± 55.6	50.53 ± 6.93 <sup>ab</sup>
	0:1	161.3	79	44.0	21	204.7 ± 28.7	40.93 ± 5.74 <sup>bc</sup>

Valores seguidos en una misma columna con letras diferentes son estadísticamente diferentes ( $p < 0.05$ ).

catequina/g de orujo entero y Hoon (1985) menciona que los taninos son compuestos polifenólicos que forman complejos con las proteínas, siendo éstas menos digeribles. Además, Sandoval-Nolasco (1995) cita que el orujo es difícil de digerir debido a su acidez y alto contenido de taninos. Por otro lado, Rajaratham y Bano (1989) demostraron que incrementando el contenido de nitrógeno en el medio de cultivo, se obtenía una disminución progresiva en la producción de micelio de *Pleurotus flabellatus*. Thomas *et al.* (1998) encontraron que la EB aumentó de 38.2 a 58.9%, cuando el contenido de nitrógeno fue tres veces menor en el sustrato utilizado.

En general, se obtuvo una mayor EB en un tiempo más corto cuando se inoculó cualquiera de las cepas utilizadas de *Pleurotus* en las mezclas con mayor contenido de madera de vid. Lo contrario sucedió al utilizar orujo de uva, ya que la EB fue significativamente menor y contrariamente, mayor tiempo requerido para la fructificación.

Se realizaron dos cosechas por tratamiento, obteniéndose desde un 55 a 89 % de la producción durante el primer corte y del 11 al 45% durante el segundo corte, dependiendo de la mezcla utilizada (Cuadro 2). Esta misma tendencia a la disminución de la producción con respecto al tiempo de cosecha es reportada por diversos autores para cepas de *Pleurotus* sobre diferentes sustratos (León-Chocooj *et al.*, 1988; Guzmán y Martínez-Carrera, 1985; Bernabé-González *et al.*, 1993; Bernabé-González y Arzeta-Gómez, 1994; Hernández-Ibarra *et al.*, 1995). Esta reducción con respecto al tiempo de cosecha es debido a que existe una disminución en el contenido de materia orgánica y otros nutrimentos, los cuales son utilizados para la formación de los cuerpos fructíferos de los hongos (Rajarathnam y Bano, 1989).



### Rendimiento

Se puede observar en el Cuadro 3 el rendimiento de cada una de las cepas estudiadas al ser inoculadas en las distintas mezclas utilizadas, en las cuales no existió una diferencia significativa entre ninguno de los tratamientos evaluados ( $p > 0.05$ ). Los valores más elevados fueron 5.7 % y se obtuvieron al inocular la cepa CCMC H-041 sobre la mezcla 1:2 de madera:orujo e IE-8 en la mezcla 1:1. El valor menor se registró al utilizar la mezcla de 100 % de orujo de uva (3.1 %) tanto con la cepa CCMC H-041 como con la IE-115. Hernández-Ibarra *et al.* (1995) reportaron una variación en el rendimiento del 5.8 a 11 %. Ésto es debido a que utilizaron la pulpa de café como sustrato, en el cual se alcanzan eficiencias biológicas más elevadas (León-Chacooj *et al.*, 1988; Bernabé-González *et al.*, 1993; Ortega, 1996) que las obtenidas en los desechos vitivinícolas.

### Tasa de Producción

En el Cuadro 3 se presentan los resultados de la tasa de producción, observándose tres grupos; uno lo forman las mezclas inoculadas con la cepa IE-115, cuyos valores variaron de 1.2 % a 4.2 % en 100 % orujo de uva y 100 % madera de vid, respectivamente. Ésto es debido a la precocidad de esta cepa, ya que los dos cortes se realizaron en un período de 31.9 días. Las tasas de producción más bajas se obtuvieron al inocular la cepa IE-8 en todas las mezclas, variando del 0.20 a 0.76 %. Ésto obedece a



Cuadro 3. Determinación del Rendimiento, Tasa de Producción y Bioconversión de *Pleurotus* Inoculado Sobre Residuos Vitivinícolas.

Cepas	Mezclas Madera: Orujo	Rendimiento %	Tasa de Producción %	Bioconversión Después de Fructificación (%)
CCMC H-41	1:0	4.47 ± 0.96 <sup>a</sup>	1.22 ± 0.09 <sup>b</sup>	34.93 ± 0.82 <sup>ab</sup>
	2:1	4.20 ± 0.80 <sup>a</sup>	1.21 ± 0.10 <sup>b</sup>	29.76 ± 1.71 <sup>bc</sup>
	1:1	4.93 ± 1.46 <sup>a</sup>	1.03 ± 0.00 <sup>b</sup>	30.76 ± 0.69 <sup>bc</sup>
	1:2	5.70 ± 0.79 <sup>a</sup>	1.08 ± 0.08 <sup>b</sup>	27.88 ± 1.55 <sup>cd</sup>
	0:1	3.13 ± 0.75 <sup>a</sup>	1.03 ± 0.00 <sup>b</sup>	20.11 ± 0.15 <sup>efg</sup>
IE-115	1:0	4.10 ± 0.36 <sup>a</sup>	4.16 ± 0.09 <sup>a</sup>	34.96 ± 1.81 <sup>ab</sup>
	2:1	4.30 ± 0.52 <sup>a</sup>	3.43 ± 0.53 <sup>ab</sup>	26.17 ± 1.21 <sup>cd</sup>
	1:1	3.50 ± 0.83 <sup>a</sup>	3.47 ± 0.31 <sup>ab</sup>	30.84 ± 1.87 <sup>bc</sup>
	1:2	3.17 ± 0.45 <sup>a</sup>	3.89 ± 0.52 <sup>a</sup>	23.06 ± 1.70 <sup>def</sup>
	0:1	3.13 ± 0.60 <sup>a</sup>	1.17 ± 0.48 <sup>bc</sup>	16.74 ± 0.44 <sup>g</sup>
IE-8	1:0	4.90 ± 0.90 <sup>a</sup>	0.22 ± 0.03 <sup>c</sup>	38.89 ± 0.27 <sup>a</sup>
	2:1	3.93 ± 0.23 <sup>a</sup>	0.23 ± 0.03 <sup>c</sup>	30.27 ± 0.69 <sup>bc</sup>
	1:1	5.70 ± 1.82 <sup>a</sup>	0.20 ± 0.00 <sup>c</sup>	29.31 ± 5.81 <sup>bc</sup>
	1:2	4.63 ± 0.15 <sup>a</sup>	0.20 ± 0.00 <sup>c</sup>	25.74 ± 0.31 <sup>cde</sup>
	0:1	3.30 ± 1.31 <sup>a</sup>	0.76 ± 0.50 <sup>c</sup>	19.42 ± 2.19 <sup>fg</sup>

Valores seguidos en una misma columna con letras diferentes son estadísticamente diferentes (<0.05).

que esta cepa tuvo el crecimiento más lento, necesitando de 38 días para terminar con el segundo corte. El grupo intermedio lo formó la cepa CCMC H-041, oscilando los valores entre 1.0 y 1.2 % en los sustratos con 100 % orujo de uva y 100 % madera de vid, respectivamente. Hernández-Ibarra *et al.* (1995) registraron una tasa de producción del 2.2 % al inocular la cepa IE-8 sobre pulpa de café, logrando una eficiencia biológica del 99.4 %, con cinco cortes en un período de 45 días.

### Bioconversión

En el Cuadro 3 se observa la variación de peso promedio del sustrato por el efecto del crecimiento de los cuerpos fructíferos de cada una de las tres cepas evaluadas de *Pleurotus* sobre las cinco mezclas utilizadas. Así mismo, el porcentaje de bioconversión ocasionado por el metabolismo de cada cepa, ésto después de la fructificación, ya que es cuando ocurre la mayor actividad enzimática y catabólica de los macromicetos (Rajaratnam y Bano, 1989; Hernández-Ibarra *et al.*, 1995).

Se aprecia un comportamiento semejante en cada una de las cepas evaluadas, ya que el porcentaje de bioconversión se fue reduciendo a medida que aumentó el contenido de orujo de uva en las diferentes mezclas. Los porcentajes más bajos se obtuvieron en 100 % de orujo de uva, siendo del 16.7, 19.4 y 20.1 para las cepas IE-115, IE-8 y CCMC H-041, respectivamente. Los valores mayores se alcanzaron en 100 % madera de vid, con una tasa de bioconversión del 38.8, 35.0 y 34.9 % para las cepas IE-8, IE-115 y CCMC H-041, respectivamente.

Independientemente de la cepa utilizada, la mayor bioconversión se logró con la madera de vid, mientras que los valores más pequeños con el 100% de orujo de uva, pudiéndose observar una correlación entre eficiencia biológica y bioconversión del 99, 89 y 93% para las cepas CCMC H-041, IE-115 e IE-8, respectivamente. Esta misma tendencia fue reportada por Rajarathnam y Bano (1989).

### Tamaño del Píleo

El porcentaje en el diámetro del píleo alcanzado por las diferentes cepas inoculadas en cada una de las mezclas utilizadas se puede observar en el Cuadro 4. La cepa IE-115 presentó los diámetros de mayor tamaño (5.0-10 cm) y la producción más homogénea, ya que del total de los hongos cosechados en todas las mezclas varió del 18.1 a 23.9 % al ser inoculada sobre madera de vid y orujo de uva, respectivamente, durante la primera cosecha. En la segunda cosecha, esta misma cepa presentó las tallas de mayor tamaño, pero en este caso la variación fue mayor dependiendo de la mezcla utilizada desde un 21.5 % (mezcla 1:2 madera: orujo) hasta un 75.8 % (mezcla 1:1 madera: orujo) de los hongos cosechados pertenecieron a este grupo. Los diámetros de menor tamaño ( $G_1 < 5\text{cm}$ ) se obtuvieron con la cepa IE-8, siendo en el primer corte del 56.5 al 98.2 %, dependiendo de la mezcla utilizada y del 88.5 al 100 % durante la segunda cosecha.

Las tallas grandes ( $G_3 > 10\text{ cm}$ ) fueron las menos frecuentes, ya que el mayor porcentaje de los hongos cosechados en este grupo fue sólo del 10 %, lográndose esto



Cuadro 4. Porcentaje de Producción con Base en los Diámetros de los Cuerpos Fructíferos Durante la Primera y Segunda Cosecha de *Pleurotus* Inoculado Sobre Residuos Vitivinícolas.

Cepa	Mezcla Madera: Orujo	Diámetro					
		1 <sup>ra</sup> cosecha			2 <sup>da</sup> cosecha		
		G1	G2	G3	G1	G2	G3
CCMC H-041	1:0	95.70	4.29	0	93.55	5.43	1.08
	2:1	64.67	26.61	8.53	73.30	26.69	0
	1:1	65.70	26.65	9.95	86.70	13.29	0
	1:2	84.82	19.48	3.61	79.46	17.90	2.66
	0:1	84.52	15.47	0	97.53	2.47	2.42
IE-115	1:0	75.20	18.06	0	72.33	27.66	0
	2:1	77.80	21.23	0	68.78	31.21	0
	1:1	73.00	23.07	4.4	24.24	75.75	0
	1:2	75.40	23.00	2.6	78.43	21.46	0
	0:1	75.96	23.87	0	71.82	28.17	0
IE-8	1:0	98.23	1.65	0	90.23	9.75	0
	2:1	86.90	13.10	0	88.46	11.53	0
	1:1	85.20	9.76	5.1	94.73	5.26	0
	1:2	56.50	37.67	5.8	89.48	10.50	0
	0:1	96.32	3.37	0	100	0	0

Valores seguidos en una misma columna con letras diferentes son estadísticamente diferentes ( $p < 0.05$ ).

G<sub>1</sub> < 5.0 cm. G<sub>2</sub> de 5.0 a 10 cm y G<sub>3</sub> > 10 cm.



únicamente con la cepa CCMC H-041 al ser inoculada sobre la mezcla 1:1 de madera de vid y orujo de uva, durante la primera cosecha. La misma tendencia a la disminución en el tamaño de los cuerpos fructíferos de los hongos fueron obtenidos por Mata y Gaitán-Hernández (1995) al utilizar las hojas de la caña de azúcar como sustrato para cultivo de las cepas IE-8, IE-115, IE-129 e IE-136 de *Pleurotus*. El tamaño de los hongos disminuye con respecto al número de cosecha debido a que durante su crecimiento la cantidad de nutrimentos va siendo cada vez menor, y que éstos son utilizados para la formación de los cuerpos fructíferos (Rajarithnam y Bano, 1989). Cave mencionar que las tallas pequeñas son preferidas para su procesamiento, mientras que las medianas se prefieren para la comercialización en fresco.

### Composición Química

En el Cuadro 5 se presentan los análisis bromatológicos y FDN.

#### Humedad

Se observa un efecto significativo ( $p < 0.05$ ) en cuanto a la capacidad del sustrato para retener más humedad después del cultivo del hongo, debido al crecimiento inherente del micelio y a la bioconversión de éste. Todas las mezclas de los testigos son similares entre sí ( $p > 0.05$ ) variando de 6.6 a 7.3 % la humedad, pero significativamente diferente al resto de las mezclas inoculadas con *Pleurotus*, en donde el porcentaje osciló de 9.1 hasta 12.1 % dependiendo de la cepa y mezcla utilizada. La misma tendencia fue presentada por Rao (1995) al inocular *Pleurotus* sobre paja de trigo y arroz, previamente

Cuadro 5. Composición Proximal de la Madera de Vid y Orujo de Uva Antes y Después de la Inoculación con *Pleurotus*.

Cepas	Mezcla Madera :Orujo	Humedad	Proteína Cruda	Grasa	Cenizas	FDN
Control	1:0	6.57 <sup>h</sup>	4.1 <sup>bc</sup>	0.51 <sup>g</sup>	4.30 <sup>a</sup>	77.97 <sup>abc</sup>
	2:1	7.03 <sup>h</sup>	6.24 <sup>bc</sup>	2.90 <sup>ef</sup>	4.79 <sup>a</sup>	74.46 <sup>ef</sup>
	1:1	6.94 <sup>h</sup>	6.16 <sup>bc</sup>	2.06 <sup>f</sup>	4.75 <sup>a</sup>	72.93 <sup>efg</sup>
	1:2	7.24 <sup>h</sup>	8.5 <sup>abc</sup>	3.70 <sup>de</sup>	5.12 <sup>a</sup>	73.17 <sup>efg</sup>
	0:1	7.30 <sup>h</sup>	7.94 <sup>abc</sup>	5.72 <sup>a</sup>	5.73 <sup>a</sup>	73.18 <sup>efg</sup>
CCMC H-41	1:0	9.96 <sup>efg</sup>	2.73 <sup>bc</sup>	0.43 <sup>g</sup>	4.27 <sup>a</sup>	76.64 <sup>abcd</sup>
	2:1	11.53 <sup>bcd</sup>	6.61 <sup>abc</sup>	4.59 <sup>abcd</sup>	5.37 <sup>a</sup>	74.81 <sup>ef</sup>
	1:1	11.00 <sup>abcde</sup>	1.32 <sup>c</sup>	2.80 <sup>ef</sup>	5.28 <sup>a</sup>	74.50 <sup>ef</sup>
	1:2	11.76 <sup>bc</sup>	8.71 <sup>abc</sup>	4.61 <sup>abcd</sup>	5.52 <sup>a</sup>	72.89 <sup>efg</sup>
	0:1	12.140 <sup>a</sup>	10.66 <sup>a</sup>	5.75 <sup>a</sup>	5.83 <sup>a</sup>	72.45 <sup>efg</sup>
IE-115	1:0	10.00 <sup>efg</sup>	2.62 <sup>abc</sup>	0.43 <sup>g</sup>	4.41 <sup>a</sup>	79.32 <sup>ab</sup>
	2:1	10.8 <sup>bcdef</sup>	6.66 <sup>abc</sup>	3.77 <sup>de</sup>	5.47 <sup>a</sup>	73.66 <sup>ef</sup>
	1:1	10.57 <sup>cdef</sup>	5.53 <sup>abc</sup>	3.55 <sup>de</sup>	5.30 <sup>a</sup>	73.36 <sup>efg</sup>
	1:2	11.50 <sup>bcd</sup>	1.76 <sup>c</sup>	4.53 <sup>abcd</sup>	5.50 <sup>a</sup>	71.01 <sup>efgh</sup>
	0:1	11.80 <sup>ab</sup>	9.71 <sup>abc</sup>	5.45 <sup>abc</sup>	5.41 <sup>a</sup>	71.57 <sup>efgh</sup>
IE-8	1:0	9.07 <sup>g</sup>	3.11 <sup>bc</sup>	0.29 <sup>g</sup>	5.47 <sup>a</sup>	80.06 <sup>a</sup>
	2:1	10.37 <sup>def</sup>	6.5 <sup>bc</sup>	4.19 <sup>bcd</sup>	4.72 <sup>a</sup>	73.74 <sup>ef</sup>
	1:1	9.70 <sup>fg</sup>	5.84 <sup>abc</sup>	3.19 <sup>def</sup>	4.42 <sup>a</sup>	75.22 <sup>e</sup>
	1:2	10.67 <sup>bcd</sup>	8.84 <sup>abc</sup>	4.07 <sup>cde</sup>	4.61 <sup>a</sup>	75.17 <sup>e</sup>
	0:1	11.25 <sup>bcd</sup>	8.5 <sup>ab</sup>	5.55 <sup>ab</sup>	5.17 <sup>a</sup>	74.89 <sup>ef</sup>

Valores seguidos en una misma columna con letras diferentes son estadísticamente diferentes ( $p < 0.05$ ).

remojadas en una solución tampón con una variación en pH del 0.6 - 2.0. En este caso, el porcentaje de agua aumentó dependiendo del pH y la solución utilizada, de 9.5 a 18.6% para la paja de trigo y de 4.9 a 10.1% para la paja de arroz.

### Minerales

No existió un efecto significativo en el contenido de minerales después del cultivo del hongo (Cuadro 5). Los valores máximos (5.8 %) y mínimos (4.3 %) se obtuvieron al inocular la cepa CCMC H-041 en 100 % orujo de uva y 100 % de madera de vid, respectivamente. Resultados similares (5.7 % BS) fueron reportados en el orujo de uva por Sandoval-Nolasco (1995).

Estos cambios son debido a la constante utilización de la materia orgánica durante el crecimiento del hongo, siendo una parte de estos minerales transferidos del sustrato al cuerpo fructífero. Kahlon y Dass (1987) al inocular paja de cebada con *Pleurotus ostreatus* observaron que el contenido de minerales totales se incrementa con respecto al tiempo de incubación de 19.8 a 30.9 % en BS entre 0 y 18 días; después tiende a bajar ligeramente su porcentaje de 30.9 a 29.9 % BS entre los 18 a 30 días. Así mismo, el contenido de minerales es afectado por la temperatura de inoculación del hongo, aumentando el contenido de cenizas de 17 a 30.6 % en BS de 0 a 25°C y disminuyendo de 30.6 a 20.9 % en BS de 25 a 40°C.



## Extracto Etéreo

En lo referente al contenido de grasa (cuadro 5) se aprecia una diferencia significativa debido al efecto de las mezclas más no por el crecimiento del hongo. Ésto es debido a que el orujo de uva contiene alrededor de 5.7 % de grasa, mientras que en la madera de vid es sólomente 0.5 %. Sandoval-Nolasco (1995) determinó un 8.7 % de grasa en el orujo de uva. Esta diferencia en los contenidos de grasa en el orujo de uva, tal vez se deba a diferencias de cultivares, al porcentaje en el contenido de semillas del orujo entero y/o al tiempo de almacenamiento de los residuos.

Se aprecia una reducción más clara en el contenido de grasa en 100 % de madera de vid y 100 % de orujo de uva, que en el resto de las mezclas. En 100 % madera de vid, el contenido de grasa en el testigo fue de 0.5 %, variando a 0.3, 0.4 y 0.4 % con las cepas IE-8, IE-115 y CCMC H-041, respectivamente. En 100 % de orujo de uva se observó 5.7 % de grasa en el testigo, variando 5.7, 5.5 y 5.6 % con las cepas CCMC H-041, IE-115 e IE-8, respectivamente. Estos resultados indican que las cepas utilizadas en este trabajo difieren en su capacidad para desdoblar o absorber la grasa del sustrato en el que crecen. Mendivil *et al.* (2001) al inocular estas tres mismas cepas sobre una mezcla 2:1 madera de vid:orujo de uva, obtuvieron 1.7, 1.4 y 3.2 % de grasa en los cuerpos fructíferos de las cepas IE-8, CCMC H-041 e IE-115, respectivamente.

Esta misma tendencia a disminuir el contenido de grasa en el sustrato fue publicada por Rajaratham y Bano (1989) al inocular *Pleurotus sajor-caju* sobre paja de trigo, encontrando una disminución del contenido de grasa de 1.6 a 0.6 % después de la cosecha.



### Ácidos Grasos

En el Cuadro 6 se observa el porcentaje de los ácidos grasos contenidos en el extracto etéreo de la madera de vid y orujo de uva. El ácido palmítico se encuentra en mayor proporción tanto para la madera de vid (51.7 %) como en el orujo de uva (53.6 %). Las diferencias más notorias estuvieron en el ácido estearico, ya que para la madera de vid fue de 16.1%, mientras que el orujo de uva carece de este ácido graso. El contenido del ácido oleico se duplica en el orujo de uva (38.4%) con respecto a la madera de vid (16.7%). En el resto de los ácidos grasos analizados, el contenido fue menor al 5% tanto para la madera de vid como el orujo de uva.

Mendivil-Salmón *et al.* (2001) al inocular estas tres mismas cepas sobre una mezcla 2:1 de madera de vid : orujo de uva encontraron diferencias en el contenido de ácidos grasos para cada una de las cepas, lo cual significa que tienen diferente capacidad para absorber o sintetizar ácidos grasos a partir del sustrato, siendo el ácido linoleico el que se encuentra en mayor proporción 661, 704 y 870 mg/100g de peso seco en las cepas IE-8, CCMC H-041 e IE-115, respectivamente.

### Proteína Cruda

El contenido de proteínas en el sustrato se ve principalmente modificado por las mezclas más que por el efecto del crecimiento del hongo. Se observó más proteínas en las mezclas con mayor contenido de orujo de uva, incrementando cuando el nitrógeno es alto y disminuyendo cuando éste es escaso como en la madera de vid. La proteína

Cuadro 6. Porcentaje de Ácidos Grasos Contenidos en el Extracto Etéreo de Madera de Vid y Orujo de Uva Sin Fermentar.

Ácidos Grasos	100% Madera de Vid	100% Orujo de Uva
Undecanoico	0.0	0.0
Tridecanoico	0.0	0.06
Mirístico	0.0	0.22
Palmítico	51.69	53.60
Palmitoléico	2.33	1.61
Estéarico	16.10	0.0
Oléico	16.71	38.44
Linoleico	5.52	0.0
Nonadecanoico	1.30	0.46
Araquídico	3.15	1.91
Heneidcanoico	0.79	0.37
Behenoico	2.40	3.09
Tricosanoico	0.0	0.24

aumentó en el orujo de uva un 2.8, 1.8 y 0.6% con las cepas CCMC H-041, IE-115 e IE-8, respectivamente; ésto se debe al crecimiento del micelio en el sustrato. Por otro lado, se aprecia una reducción en el contenido de nitrógeno total en la madera de vid, siendo 1.3, 1.5, 1.0% con las cepas CCMC H-041, IE-115 e IE-8, respectivamente. Tal vez se deba a que el nitrógeno es requerido por los hongos para elaborar ciertos compuestos como proteínas, purinas y pirimidinas y forma parte estructural de la quitina, principal componente de la pared celular de los hongos (Beltrán-García, 1995).

#### Fibra Dietaria Neutra

Los desechos agrícolas también se pueden utilizar para la alimentación animal. Al cultivar *Pleurotus* sobre esos residuos, por la capacidad del hongo para degradar lignina, es posible aumentar la digestibilidad de los mismos y ser mejor aprovechados por los rumiantes. Al alimentar novillos con paja con *P. ostreatus* o con heno, el consumo de alimento, ganancia diaria de peso, peso final y características de la canal fueron similares entre el testigo y los tratamientos (Ortega, 1996).

En el Cuadro 5 se observan valores con diferencias significativas de la FDN ( $p < 0.05$ ). Estas diferencias son más evidentes entre mezclas que por la presencia del hongo pudiéndose observar que la FDN disminuye en las mezclas con mayor contenido de orujo de uva.



### Relación Carbono-Nitrógeno.

En el Cuadro 7 se presenta los valores de la relación C:N de las distintas mezclas utilizadas, antes y después de la inoculación; observándose que esta relación en los sustratos sin inocular se encuentra entre los rangos de 100 a 50:1, reportados para las distintas pajas de cereales (Rajarathnam y Bano, 1989). En general, la madera de vid presentó la mayor relación (88.5) mientras que en el orujo de uva fue de 48.8. Por ende, el contenido de nitrógeno es más elevado en las mezclas con mayor proporción de orujo de uva. Aunque la relación C:N no presenta una tendencia muy clara, se puede observar en general, que las mayores eficiencias biológicas se lograron en las proporciones con mayor contenido de carbono, disminuyendo la producción de cuerpos fructíferos a la vez que decrece la relación de C:N.

De acuerdo a Rajarathnam y Bano (1989), el nitrógeno no es un factor muy determinante en la degradación del sustrato, ya que no se ha observado ningún efecto en los desechos lignocelulósicos por adición de este elemento, con respecto a los sustratos sin tratar. Aún más, algunas fuentes de nitrógeno como la urea y el sulfato de amonio son tóxicos para el micelio al ser convertidos a amonio, pudiéndose observar una reducción en la degradación de lignina por el hongo.

### Fenoles

En la Cuadro 8 se observa que el contenido de fenoles totales es mayor en los testigos, tanto para la madera de vid (47.01  $\mu\text{g/g}$ ) como para el orujo de uva (21.71  $\mu\text{g/g}$ ). Después de la inoculación y crecimiento del hongo existe una reducción más drástica



Cuadro 7. Relación C: N en Residuos Vitivinícolas Antes y Después de la Inoculación con *Pleurotus*.

Mezclas		Control	IE-8	IE-115	CCMC H-41
Madera:Orujo					
1:0		88.52 ± 5.99 <sup>cdef</sup>	122.65 ± 21.84 <sup>bedef</sup>	157.55 ± 64.2 <sup>edf</sup>	138.17 ± 10.66 <sup>cdef</sup>
2:1		62.84 ± 2.55 <sup>ef</sup>	64.70 ± 5.09 <sup>lef</sup>	68.85 ± 7.06 <sup>eslf</sup>	292.61 ± 42.72 <sup>a</sup>
1:1		264.38 ± 88.56 <sup>cdlef</sup>	57.28 ± 3.56 <sup>ef</sup>	51.60 ± 4.42 <sup>ef</sup>	46.96 ± 0.77 <sup>ef</sup>
1:2		46.77 ± 3.39 <sup>ef</sup>	54.80 ± 21.62 <sup>ef</sup>	213.67 ± 41.63 <sup>ab</sup>	42.14 ± 0.71 <sup>f</sup>
0:1		48.81 ± 7.98 <sup>ef</sup>	43.37 ± 4.46 <sup>f</sup>	168.65 ± 42.15 <sup>bc</sup>	36.76 ± 1.52 <sup>f</sup>

Valores seguidos con letras diferentes son estadísticamente diferentes ( $p < 0.05$ ).

Cuadro 8. Contenido de Fenoles Totales ( $\mu\text{g/g}$ ) en Residuos Vitivinícolas Antes y Después de la Inoculación con *Pleurotus*.

Cepas	100% madera de vid ( $\mu\text{g/g}$ )	100% orujo de uva ( $\mu\text{g/g}$ )
Control	$47.01 \pm 3.61^a$	$21.71 \pm 1.11^{bc}$
IE-8	$26.13 \pm 4.87^{11}$	$19.71 \pm 1.99^{bc}$
IE-115	$22.0 \pm 3.99^{bc}$	$17.72 \pm 1.55^c$
CCMC H-41	$20.3 \pm 1.85^{bc}$	$18.06 \pm 1.16^{bc}$

Valores seguidos con letras diferentes son estadísticamente diferentes ( $p < 0.05$ ).

la madera de vid, degradando el 56.8, 53.2 y 44.4 % con las cepas CCMC H-041, IE-115 e IE-8 respectivamente. La disminución de los fenoles totales en el orujo de uva fue del 18.4, 16.8 y 9.2 % con las cepas IE-115, CCMC H-041 e IE-8, respectivamente. Se puede observar que las mayores EB se obtienen en las mezclas con mayor contenido de madera de vid, la cual posee un mayor contenido de fenoles que el orujo de uva.

Rajarathnam y Bano (1989) reportaron una disminución de fenoles a medida que el tiempo de incubación y fructificación aumentaron debido a que el micelio de *Pleurotus* secreta enzimas oxidativas, las cuales degradan los fenoles de los sustratos en donde crece. El hecho de que estos compuestos se vean reducidos en menor proporción en el orujo de uva, probablemente se deban a que las proteínas y los taninos forman complejos difíciles de digerir por el hongo, lo que repercute en una baja producción de cuerpos fructíferos. Wong y Wang (1991) citan que el contenido de taninos del bagazo de café disminuyó de 11.2 a 1.7 mg/g en base seca (87%) en un período de 32 días cuando éste fue inoculado con la cepa PL-27 de *Pleurotus sajor-caju*.

#### Azúcares Totales

El contenido de azúcares totales varió significativamente entre cepas y mezclas ( $p < 0.05$ ) (Cuadro 9). La diferencia en el contenido es mucho mayor en la madera de vid (231.24 mg/g) que en el orujo de uva (36.28 mg/g); así mismo, se aprecia claramente una disminución de los azúcares después de la fructificación, en casi todas las mezclas, con excepción del orujo de uva, donde aumentó el contenido. Ésto tal vez debido a

Cuadro 9. Contenido de Azúcares Totales (mg/g) en Residuos Vitivinícolas Antes y Después de la Inoculación con *Pleurotus*.

Mezclas				
Madera : Orujo	Control	IE-8	IE-115	CCMC H-41
1:0	231.42 ± 30.01 <sup>a</sup>	111.50 ± 22.25 <sup>cde</sup>	125.72 ± 24.89 <sup>bc</sup>	107.19 ± 22.45 <sup>cde</sup>
2:1	124.91 ± 21.74 <sup>b</sup>	80.91 ± 1.98 <sup>cdefg</sup>	73.21 ± 11.25 <sup>defg</sup>	69.12 ± 7.61 <sup>efg</sup>
1:1	167.19 ± 12.30 <sup>abc</sup>	101.17 ± 7.68 <sup>cdef</sup>	76.39 ± 10.83 <sup>cdefg</sup>	110.37 ± 4.95 <sup>cde</sup>
1:2	121.17 ± 6.82 <sup>bcd</sup>	100.94 ± 6.38 <sup>cdef</sup>	48.66 ± 12.11 <sup>g</sup>	107.19 ± 22.45 <sup>cde</sup>
0:1	36.28 ± 3.58 <sup>g</sup>	84.12 ± 18.92 <sup>cdefg</sup>	54.23 ± 5.28 <sup>fg</sup>	75.71 ± 8.87 <sup>cdefg</sup>

Valores seguidos con letras diferentes son estadísticamente diferentes ( $p < 0.05$ ).



la bioconversión o pérdida del peso seco de la mezcla a través de la producción de cuerpos fructíferos.

En general, las mezclas con mayor contenido de madera de vid presentaron la mayor pérdida de azúcares totales y tuvieron la mayor eficiencia biológica. Esta pérdida de azúcares totales durante la fructificación es debido a la necesidad de energía del hongo para la formación de cuerpos fructíferos. Contrariamente en 100 % de orujo de uva se incrementó de 36.28 mg/g de azúcares totales (testigo) a 84.12, 54.23 y 75.71 mg/g al ser inoculado con las cepas IE-8, IE-115 y CCMC H-041, respectivamente.

Este aumento en el contenido de azúcares totales, tal vez se deba al hecho que durante el crecimiento micelial, el hongo sintetiza azúcares como triosas y manitol (principales azúcares del micelio) a partir de otros compuestos del sustrato. Esta falta de azúcares disponibles para el hongo en el orujo de uva, podría justificar la baja eficiencia biológica que estas mezclas experimentaron. Rajarathnam y Bano (1989) encontraron resultados similares, al inocular *Pleurotus ostreatus* sobre paja de trigo.

### Manejo Postcosecha de *Pleurotus pulmonarius*

#### Pérdida de Peso

El principal factor que promueve cambios indeseables en gran parte de los alimentos frescos durante su almacenamiento es el contenido de humedad, pudiéndose relacionar la deshidratación con la pérdida de peso y cambios en color (Handenburg *et al.*, 1988).

Los cuerpos fructíferos de la cepa IE-115 de *Pleurotus pulmonarius* presentaron un contenido de humedad del 96 %. En la Fig. 4 se aprecia la pérdida de peso acumulado de los diferentes tratamientos en el almacenamiento a 3°C durante 15 días, observándose que los hongos tratados con ácido jasmónico presentaron la menor pérdida de peso (8.3 %).

Los hongos cubiertos con cloruro de polivinilo (PVC) perdieron un 8.5 % de peso en el mismo período, mientras que los tratamientos con 5 % de CO<sub>2</sub> y ácido jasmónico + 5 % de CO<sub>2</sub> tuvieron la mayor pérdida con 28.5 % y 12.5 %, respectivamente. Este último en un período de nueve días únicamente. En *Agaricus bisporus* se encontró la misma tendencia al aplicar sorbitol siendo proporcional la pérdida de peso a la cantidad aplicada de este compuesto (Roy *et al.*, 1995). Estos autores reportaron una pérdida de peso con respecto al testigos de 7, 10, 11, 14 y 15 % cuando fueron tratados con 5, 10, 15, 20 y 25 gramos de sorbitol, respectivamente.

#### Pérdida de Color

Otro de los factores que afectan en gran medida la calidad de los hongos es el cambio de color, de ahí la importancia de evitar al máximo el oscurecimiento de los mismos durante el almacenamiento. En el Cuadro 10 se presenta el incremento total del color ( $\Delta E$ ) en los cuerpos fructíferos, en cada uno de los tratamientos durante el almacenamiento, observándose un menor  $\Delta E$  ( $4.9 \pm 3.7$ ) cuando la atmósfera se saturó con 5 % de CO<sub>2</sub>. Ésto se debe a la falta de O<sub>2</sub> para que se lleve a cabo las reacciones de oxidación de los compuestos fenólicos. Este  $\Delta E$  es bajo si se compara con el testigo

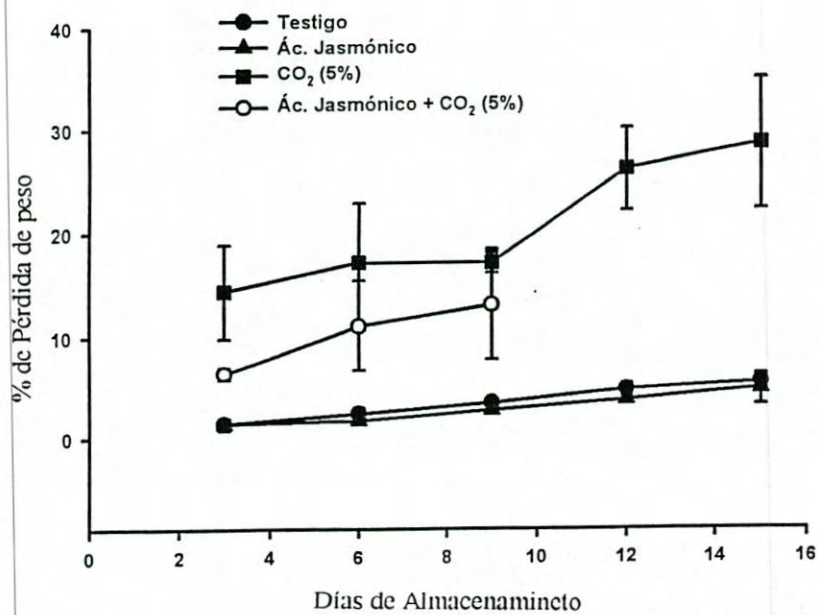


Fig. 4. Porcentaje de Pérdida de Peso de *Pleurotus pulmonarius* Durante el Almacenamiento a 3°C.



( $11.7 \pm 2.5$ ); valores superiores se obtuvieron en los tratamientos con ácido jasmónico ( $13.5 \pm 4.6$ ) y la combinación de ácido jasmónico + CO<sub>2</sub> ( $12.2 \pm 3.5$ ) en un período de 12 días. Esta misma tendencia observaron Roy *et al.* (1995) al utilizar sorbitol para disminuir la pérdida de peso en *Agaricus bisporus*, reportando un incremento de color de 12 a 24 con 5 a 25 g de sorbitol, respectivamente. Se atribuyó ésto más fuertemente a la pérdida de humedad que a la concentración del sorbitol.

#### Cambios en Firmeza

La firmeza o resistencia al corte que los hongos presentan es otro importante atributo de calidad que se debe conservar, para que no pierdan sus propiedades organolépticas, viéndose ésta afectada por la pérdida de humedad y alta tasa de respiración de los hongos. En el Cuadro 11 se observan los cambios en firmeza expresados en NW de los diferentes tratamientos durante el almacenamiento por 15 días. La menor pérdida (0.88 NW) de firmeza fue en los cuerpos fructíferos de los testigos al finalizar el período de almacenamiento; mientras que los tratados con 5% de CO<sub>2</sub> experimentaron una disminución de 1.48 NW en el mismo lapso de tiempo. Valores superiores se obtuvieron en los tratamientos aplicados con ácido jasmónico (3.02 NW). En el tratamiento con ácido jasmónico + 5% de CO<sub>2</sub>, la firmeza disminuyó 1.57 NW en un período de 9 días.

Cuadro 10. Diferencia Total de Color de *Pleurotus pulmonarius* Durante el Almacenamiento.

Tratamiento	Días de almacenamiento a 3° C				
	3	6	9	12	15
Empaque	5.33 ± 0.89	7.62 ± 3.52	8.81 ± 0.31	10.98 ± 1.73	11.72 ± 2.52
Jasmónico (50 µl/L)	9.49 ± 3.79	10.73 ± 4.22	11.91 ± 4.04	13.30 ± 4.4	13.48 ± 4.61
CO <sub>2</sub> (5%)	2.53 ± 1.46	2.75 ± 1.78	3.35 ± 1.99	3.95 ± 1.10	4.94 ± 3.71
Jasmónico + CO <sub>2</sub> (50 µl/L; CO <sub>2</sub> 5%)	1.49 ± 1.10	5.31 ± 1.73	12.21 ± 3.46	ND	ND

Cuadro 11. Cambios en Firmeza (NW) de *Pleurotus pulmonarius* Durante el Almacenamiento.

Tratamiento	Días de almacenamiento a 3° C					
	0	3	6	9	12	15
Empaque	6.0 ± 0.77	4.92 ± 1.09	5.10 ± 0.56	5.05 ± 0.55	5.56 ± 1.08	5.11 ± 0.09
Jasmónico (50 µl/L)	6.0 ± 0.77	5.44 ± 0.60	4.53 ± 0.44	3.96 ± 0.77	4.08 ± 0.24	2.98 ± 0.60
CO <sub>2</sub> (5%)	4.12 ± 0.31	3.89 ± 0.81	3.46 ± 0.31	4.34 ± 0.40	3.42 ± 0.29	2.64 ± 0.52
Jasmónico + CO <sub>2</sub> (50 µl/L; CO <sub>2</sub> 5%)	4.36 ± 0.65	6.03 ± 0.96	4.67 ± 1.74	2.79 ± 0.40	ND	ND



## Producción de CO<sub>2</sub>

Una elevada tasa de respiración está generalmente asociada con una vida postcosecha corta debido a la gran cantidad de sustratos (principalmente carbohidratos), que se utilizan durante este proceso. Una reducción en la respiración (objetivo principal de la refrigeración) asegura en cierta medida una mayor vida postcosecha de los productos perecederos (Handenburg *et al.*, 1988).

En la Figura 5 se observa la producción de CO<sub>2</sub> en ml/ Kg de cuerpos fructíferos de la cepa IE-115 de *Pleurotus pulmonarius*, observándose en general una disminución de la respiración con respecto al tiempo de almacenamiento en todos los tratamientos evaluados. Esta disminución de CO<sub>2</sub> varió más ampliamente en el testigo de  $130.94 \pm 42.50$  a  $14.02 \pm 1.67$  ml / Kg; mientras que experimentó un aumento moderado de  $29.36 \pm 4.34$  a  $38.69 \pm 18.05$  ml / Kg en el tratamiento donde se saturó la atmósfera del empaque con CO<sub>2</sub> al 5%. En los tratamientos con ácido jasmónico se obtuvieron valores intermedios, disminuyendo de  $87.09 \pm 30.98$  a  $14.42 \pm 2.69$  y de  $50.55 \pm 4.77$  a  $41.43 \pm 15.13$  ml/kg en los tratamientos donde se combinó este ácido + CO<sub>2</sub> al 5%.

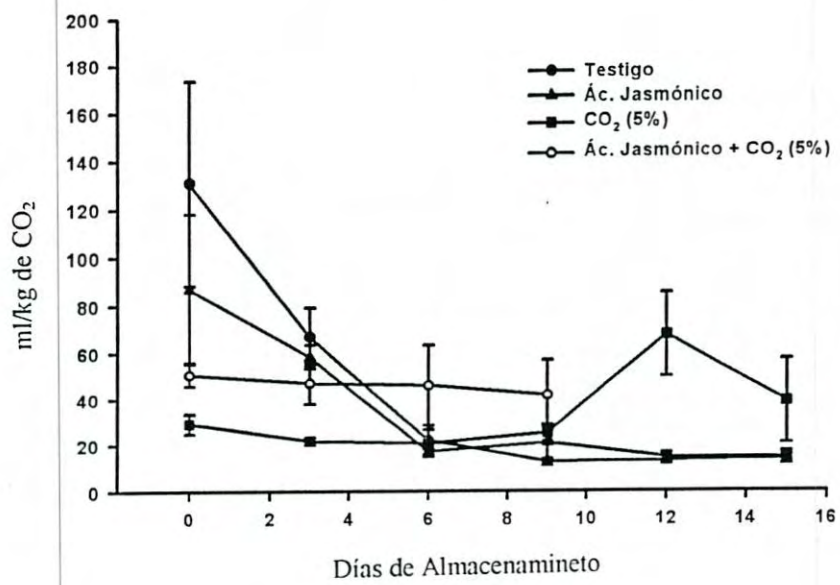


Fig. 5. Producción de CO<sub>2</sub> de *Pleurotus pulmonarius* Durante el Almacenamiento a 3°C.

## CONCLUSIONES

Con base en la evaluación del efecto de la fermentación sólida de los residuos vitivinícolas con *Pleurotus* y la utilización del ácido jasmónico sobre la vida postcosecha de este hongo, se establecen las siguientes conclusiones:

Es factible la utilización de los residuos vitivinícolas para la producción del hongo comestible *Pleurotus*, en un tiempo relativamente corto, lográndose los mejores resultados de eficiencia biológica, porcentaje de bioconversión, rendimiento y tasa de producción en las mezclas con mayor porcentaje de madera de vid.

Los cambios más sobresalientes del sustrato después de la fructificación de *Pleurotus* sobre los residuos vitivinícolas fueron la capacidad del sustrato para retener humedad, relación C:N, contenido de fenoles y azúcares totales, mientras que la proteína cruda, grasas totales, minerales totales y FDN no presentaron cambios significativos por la presencia del hongo.

Debido a los cambios que el sustrato experimenta por la fermentación sólida con *Pleurotus*, además de la composición inherente de estos residuos, es el orujo de uva, el que presenta el mayor potencial para alimentación de rumiantes, recomendándose realizar estudios *in vivo* para un mejor aprovechamiento de este recurso.



Es factible la utilización de atmósferas modificadas para extender la vida de anaquel de *Pleurotus*, encontrándose que el ácido jasmónico ayuda a reducir la pérdida de peso, pero incrementa la pérdida de color y pérdida de firmeza del hongo.

## BIBLIOGRAFIA

- AACC. 1983. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 8th ed.; AACC: St. Paul.
- Acosta, L., G. Bustos y D. Portugal. 1988. Aislamiento y caracterización de cepas de *Pleurotus ostreatus* y su cultivo en residuos agroindustriales en el Estado de Morelos. *Rev. Mex. Mic.* 4:13-20.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15ed. Ed. Association of Analytical Chemists. Arlington, Virginia.
- Bano, Z. y S. Rajarathnam. 1988. *Pleurotus* mushrooms, Part.II Chemical composition, nutritional value, post-harvest physiology, preservation and role as human food. *CRC Critical Rev. Food Sci. Nut.* 27:87-158.
- Beltrán-García, M. 1995 *Extracción e Identificación de Compuestos Volátiles del Hongo Comestible Pleurotus ostreatus con Actividad Inhibitoria de Microorganismos*, Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Guadalajara, Guadalajara, Jalisco, Mex.
- Bernabé-González, T., M.S. Domínguez Rosales y S. A. Bautista Baltazar. 1993. Cultivo del Hongo Comestible *Pleurotus ostreatus* var. Florida Sobre Fibra de Coco y Pulpa de Café. *Rev. Mex. de Mic.* 9:13-18.
- Bernabé-González T. y J. M. Arzeta-Gómez. 1994. Cultivo de *Pleurotus ostreatus* Sobre Cáscara de Cacahuete y Hoja Seca de Maíz. *Rev. Mex. Mic.* 10:15 - 20.

- Buta, J. G. y H.E. Moline. 1998 Methyl jasmonate extends shelf life and reduces microbial contamination of fresh-cut celery and peppers. *J. Agric. Food Chem.* 46:1253-1256.
- Chang, S.T. y P. G. Miles. 1991. Recent trends in world production of cultivated edible mushrooms. *Mush. J.* 503: 15-18.
- Chang, S.T. 1996. Mushroom research and development quality and mutual benefit. *Mush. Biol. and Mush. Production* 2:1-10.
- De la Torre, L.M. 1985. Aprovechamiento de esquilmos agrícolas y residuos agroindustriales. *In: Prospectiva de la Biotecnología en México.* Quintero R. (comp.). Fundación Javier Barrios Sierra, A.C. *Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología*, México. pp: 219-234.
- Dubois, M., K.A Gilles, J. K. Hamilton, P.A. Rebers y F. Smith. 1956 Colorimetric Method for Determination of sugars and related Substances. *Anal. Chem.* 28:350-356.
- Golan, A., V. Kahn., y A.Y. Sadoski. 1977 Relationship between Polyphenols and Browning in Avocado Mesocarp. Comparison between the Fuerte and Lerman Cultivars, *J. Agric. Food Chem.*, 25 (6) 1253-1259.
- Ginterová, A. y A. Lazarová. 1987. Degradation dynamics of lignocellulose materials by wood-rotting Pleurotus fungi. *Folia Microbiol.* 32: 434-437.
- Guzmán, G. 1977. *Identificación de los hongos.* Ed. Limusa, México, D.F.
- Guzmán, G. y D. Martínez-Carrera. 1985. Planta productora de hongos comestibles sobre pulpa de café. *Ciencia y Desarrollo.* 11(65): 41- 48.



- Guzmán, G., G. Mata, D. Salomone, C. Soto-Velasco y L. Guzmán-Dávalos. 1993 *El Cultivo de los Hongos Comestibles*. Instituto Politécnico Nacional. México, D.F.
- Guzmán, G., L. Montoya, G. Mata y D. Salomones. 1994. Studies in Genus *Pleurotus*, III. The Varieties of *P. Ostreatus*-Complex Based in Interbreeding Strain and in the Study of Basidiomata Obtained in Culture. *Mycotaxon*. L, pp 365 – 378.
- Handenburg, R. E., A.E. Watada y C. Wang. 1988. *The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks*. Agriculture Handbook No. 66. United States Department of Agriculture, E.U.A.
- Hernández-Ibarra H., J. E. Sánchez-Vázquez y L. A. Calvo-Bado. 1995. Estudio de 5 Cepas Nativas de *Pleurotus* spp. de la Región de Tapachula, Chiapas, México, *Rev. Mex. Mic.* 11: 29-38.
- Herrera, T., M. Ulloa. 1990. *El Reino de los Hongos. Micología básica y aplicada*, ed. Universidad Nacional Autónoma de México - Fondo de Cultura Económica, México, D.F.
- Hoon, Il Oh., J.E. Hoof y A.L.Haff. 1985 Immobilized Condensed Tannins and Their Interaction with Protein. *J. Food Sci.* 50: 1652-1654.
- INEGI, 1997 *Anuario Estadístico del Estado de Sonora*. INEGI- Gobierno de Sonora: México, p 73.
- Kahlon Surinder S., K. Dass Suman. 1987 Biological Conversion of Paddy into Feed. *Biological Wastes*, 22:11-21.
- León-Chocooj, R., G. Guzmán y D. Martínez Carrera. 1988. Planta Productora de Hongos Comestibles (*Pleurotus ostreatus*) en Guatemala. *Rev. Mex. Mic.* 4: 297-301.



- Martin, S. y D.E.Akin. 1988. Effect of phenolic monomers on the growth and beta-glucosidase activity of *Bacteroides ruminicola* and on the carboxymethylcellulase, beta-glucosidase, and xylanase activities on *bacteroides succinogenes*. *Appl. Environ. Microbiol.* 54:3019-3022.
- Martínez-Carrera, D., M. Quiariarte, C. Soto. D. Salmones y G. Guzmán. 1984. Prespectivas sobre el cultivo de hongos comestibles en residuos Agro-industriales en México. *Bol. Soc. Mex. Mic.* 19: 207- 219.
- Martínez-Carrera, D., G. Guzmán y C. Soto. 1985. The effect of fermentation of coffee pulp in the cultivation of *Pleurotus ostreatus* in Mexico. *Mush. Newslett. Tropics.* 6, 21-28.
- Martínez-Carrera, D., P. Morales y M. Sobal. 1988. Cultivo de diversas cepas mexicanas de *Pleurotus ostreatus* Sobre Pulpa de Café y Paja de Cebada. *Rev. Mex. Mic.* 4:153 - 60.
- Martínez-Carrera, D. y A. Larqué-Saavedra. 1990. Biotecnología en la Producción de Hongos Comestibles. *Ciencia y Desarrollo.* 16 (95): 53- 64.
- Martínez-Carrera, D., R. Leben, P. Morales y G. Guzmán. 1991. Historia del cultivo comercial de hongos comestibles en México. *Ciencia y Desarrollo* 96: 33-43.
- Martínez-Carrera, D., F. Vergara, S. Juárez, A. Aguilar, M. Sobal, W. Martínez y A. Larqué-Saavedra,. 1996. Simple technology for canning cultivated edible mushrooms in rural conditions in Mexico. *Micol. Neotrop. Apl.* 9: 15-27.
- Mata, G. y R. Gaitán-Hernández. 1995 Cultivo de *Pleurotus* en Hojas de Caña de Azúcar. *Rev. Mex.Mic.* 11: 17-22.

- Mendivil-Salmón, C., A. Sánchez, M.I. Grijalva y M. Esqueda. 2001. Composición química de *Pleurotus* cultivado sobre residuos vitivinícolas. *Rev.Iber. Tecnología Postcosecha* 3: 207- 214.
- Ortega, M.E. 1996 Aprovechamiento de esquilmos agrícolas como sustrato para el cultivo de hongos del género *Pleurotus*. *Agrociencia* 30 (4) 581-586.
- Pacionni, G. 1982. *Guía de Hongos*. ed. Grijalbo, Barcelona Esp. pp. 113.
- Pérez, A. G., C. Sans, R. Olías y J. M Olías. 1997. Effect of methyl jasmonate on in vitro strawberry ripening. *J. Agric. Food Chemic.* 45: 3733-3737.
- Rajaratnam, S. y Z. Bano. 1989 *Pleurotus* Mushrooms. Part III. Biotransformations of natural lignocellulosic wastes: commercial applications and implications. *CRC Critical Rev. Food Sci. Nutrition.* 28: 31-113.
- Rao, Raman. 1995. Compositional changes during the fermentation of buffered staws with *Pleurotus ostreatus* and *Sporotrichum thermophile*. *Indian Journal of Animal Sciences.* 65(6): 675- 677.
- Roy, S., C. Anantheswarn, y R. B. Beelman. 1995. Sorbitol increases shelf life of fresh mushrooms stored in conventional packages. *J. Food Sci.* 60: 1254-1259.
- Salisbury, F. B. y C.W. Ross. 1994. *Fisiología Vegetal*, Editorial Iberoamérica, México, D.F.
- Salmones, D., K. N. Waliszewski y G. Guzmán. 1996 Use of some agro-industrial lignocellulose by-products for edible mushroom *Volvariella volvacea* cultivation. *Rev. Int. Cont. Ambient.* 12: 69-74.



- Sandoval-Nolasco M. L. 1995 *Estudio del orujo de uva como posible fuente de fibra dietaria para consumo humano*, Tesis de Licenciatura, Universidad de Sonora. Hermosillo, Sonora.
- Saura-Calixto F., I. Goñi, E. Mañas y R. Abia. 1991. Klason Lignin Condensed Tanins and Resistent Protein as Dietary Constituents: Determination in Grape pomaces. *Food Chemistry*. 39: 299-309.
- SAS. 1994. *SAS/STAT User's Guide. Release 6.08 Version*. Cary: SAS Institute Inc. pp. 705.
- Singleton, V.L. y J.A. Rossi, 1965 Colorimetry of total Phenolics whit Phosphomolybdi-phosphotungstic acid regents, *Am. J. Enol. Vitic.* 16:144-158.
- Solís-Martínez I. 1995. *Cultivo del hongo Pleurotus ostreatus sobre paja de trigo tratada con alcalis y determinación de su similitud geométrica*, Tesis de Licenciatura, Instituto Tecnológico de Sonora, Cd. Obregón, Sonora.
- Stamets, P. y J.S. Chilton. 1983. *The Mushroom Cultivator, A practical Guide to Growing Mushrooms at Home*. Agrikon Press, Olympia, Washington.
- Tchierpe, M. J. y K. Hartman. 1977. A comparation of different growing methods. *Mush. J.* 60: 404-406.
- Thomas, G.V., S.R. Prabhu, M.Z. Reeny y B.M. Bopaiah. 1998 Evaluation of lignocellulosic biomass from coconut palm as substrate for cultivation of *Pleurotus sajor-caju* (Fr.)Singer, *Word J. Microbiol. & Biotechnol.* 14, 879-882.
- Tsai, F.-Y., K. T. Hung, y C. H. Kao. 1996 An Increase in ethylene sensitivity is associated with jasmonate-promoted senescence of detached riceleaves. *J. Plant Growth Regulation*. 15:197-200



- Vail, M.E., W.D. Gubler y J.E. Adaskaveg. 1995 First report of *Pleurotus ostreatus* causing a wood rot of grapevines in California vineyards. *Plant Dis.* 79, 1187.
- Wong, Y. S. y X. Wang. 1991 Degradation of tannins in spent coffee grounds by *Pleurotus sajor-caju*. *World Journal of Microbiology and Biotechnology.* 7: 573-574.
- Wang, C. Y. y J.G. Buta. 1994 Methyl jasmonate reduces chilling injury in *Cucurbita pepo* through its regulation of abscisic acid and polyamine levels. *Environmental and Experimental Botany.* 34: 427-432.