

SECADO Y REHIDRATACIÓN DE LA SETA COMESTIBLE *Pleurotus ostreatus*

Yolexis R. Cardona-Soberao*¹, Lourdes M. Crespo-Zafra¹, Luisa Matos-Mosqueda¹, Yaritza Puig-Fernández¹ y
Amaury Pérez-Sánchez¹

¹Universidad de Camagüey “Ignacio Agramonte Loynaz”, Carretera Circunvalación Norte km 5½, Camagüey, Cuba,
C.P. 74650. E-mail: yolexis.cardona@reduc.edu.cu

Recibido: 09-06-2022 / Revisado: 13-07-2022 / Aceptado: 18-09-2022 / Publicado: 23-09-2022

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue validar el proceso de secado y rehidratación de la seta *P. ostreatus*. Se efectuó una investigación experimental para estudiar el proceso de secado de las setas a diferentes temperaturas (40, 50 y 60 °C) con el fin de proceder posteriormente a la rehidratación de las setas deshidratadas, utilizando para ello la cepa CCEBI 3024 de *P. ostreatus* var. Florida y el sustrato cascarilla de arroz hidrolizado. El estudio reveló que la deshidratación a 40 °C no ocasiona graves daños en el *P. ostreatus*, lo que posibilita una mejor rehidratación, mientras que el secado a 50 y 60 °C causó cambios no deseados en sus características estructurales. La cinética de secado del *P. ostreatus* referenció la presencia de un pequeño período de deshidratación a una velocidad constante en el transcurso del proceso, siendo la temperatura y el tiempo los parámetros estudiados.

Palabras clave: calidad, secado, *Pleurotus ostreatus*, rehidratación, temperatura.

ABSTRACT

Drying and rehydration of the edible mushroom *Pleurotus ostreatus*

The objective of the present work was to validate the drying and rehydration process of the *Pleurotus ostreatus* mushroom. An experimental investigation was carried out to study the drying process of the mushrooms at different temperatures (40, 50 and 60 °C) to subsequently proceed to the rehydration of the dehydrated mushrooms, using the CCEBI 3024 strain of *Pleurotus ostreatus* var. Florida and the substrate hydrolyzed rice husk. The study revealed that dehydration at 40 °C does not cause severe damage to the *Pleurotus ostreatus* enabling a better rehydration, while drying at 50 and 60 °C caused unwanted changes in their structural characteristics. The drying kinetics of the *Pleurotus ostreatus* referenced the presence of a small period of dehydration at a constant rate during the course, being the temperature and time, the parameters studied.

Keywords: quality, drying, *Pleurotus ostreatus*, rehydration, temperature.

INTRODUCCIÓN

A nivel alimenticio, las setas comestibles, poseen el doble del contenido de proteínas que los vegetales y disponen de los nueve aminoácidos esenciales, incluyendo leucina y lisina (ausente en la mayoría de los cereales). Asimismo, poseen alta cantidad de minerales (superando a la carne de muchos

pescados) y bajo contenido de calorías y carbohidratos (1). Son apetecidos ampliamente por su excelente sabor en cocina gourmet, por tanto, la producción de hongos actualmente moviliza cientos de millones de dólares y miles de puestos de trabajo en toda América, particularmente en América Latina ya que esta región tiene un gran potencial para el cultivo de las especies comestibles por la variedad de climas que posee y la gran diversidad de residuos orgánicos que se genera en los diferentes cultivos agrícolas (2, 3).

El género *Pleurotus* comprende especies comestibles de excelente gusto y sabor que generalmente son de color blanco, amarillento o rosado, a veces grisáceo o de color oscuro. A los hongos de este género se les denomina seta, aunque éstos también son conocidos popularmente como hongos ostra, orejas blancas, orejas de palo, orejas de patancán, orejas de cazahuate y orejas de izote. Hasta ahora se han registrado aproximadamente 70 especies del género *Pleurotus* y se siguen descubriendo nuevas especies. Las setas pertenecientes a este género han visto incrementada su popularidad a nivel mundial en los últimos años, debido a su capacidad para crecer en un amplio intervalo de temperaturas y utilizar como sustrato diversos materiales ricos en lignina y celulosa (4). Son varios los autores que han estudiado el cultivo (3, 5), capacidad productiva (6, 7), formulaciones de sustratos (8, 9), calidad alimenticia en estado fresco y deshidratado (10, 11), secado y posterior rehidratación (12) de la seta *P. ostreatus*.

Para aumentar vida útil de la seta del género *Pleurotus* se utilizan diferentes vías de conservación, entre las que se encuentran el secado (13, 14), lo cual es interés de esta investigación que contribuye al Proyecto de Investigación Territorial de la Universidad de Camagüey: “Desarrollo de tecnologías para la elaboración de alimento humano a partir de setas comestibles”.

De esta manera, en el presente trabajo se estudiaron los procesos de deshidratación y rehidratación a escala de laboratorio de la seta *Pleurotus ostreatus* para su conservación con fines comestibles.

MATERIALES Y MÉTODOS

La Tabla 1 muestra el diseño experimental utilizado durante el secado y posterior rehidratación de las setas comestibles *P. ostreatus*. El desarrollo experimental de esta investigación fue realizado en la Biorefinería Piloto de la Universidad de Camagüey "Ignacio Agramonte Loynaz". Este lugar cuenta con la planta de temperatura variable según las horas del día y las estaciones del año, humedad relativa del aire controlada a través de riego por aspersión e iluminación focalizada por luces fluorescentes en el techo y paredes.

Tabla 1. Diseño experimental para efectuar el secado y rehidratación de las setas comestibles

Variable	Nivel
Cepa	<i>Pleurotus ostreatus</i> var. Florida
Sustrato	Cascarilla de arroz hidrolizada
Tamaño del bioreactor	1 kg
Cosecha	30 g
Secado o deshidratación	40 °C por 120 min
	50 °C por 90 min
	60 °C por 45 min
Rehidratación	Temperatura de inmersión en agua (25 °C)
	Tiempo de inmersión en agua (30 min)

Se empleó la var. Florida CCEBI 3024, perteneciente a la Colección de Cultivo del Centro de Estudios de Biotecnología Industrial (CEBI) de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Oriente. El sustrato empleado en el cultivo de *P. ostreatus* fue la cascarilla de arroz, obtenida en la Empresa Agroindustrial de Granos UEB Molino Arroceros Tato Rodríguez Vedo, de la provincia de Camagüey. Es un subproducto resultante del proceso de obtención del grano arroz. En la etapa de pretratamiento este residuo fue colocado en un área libre de riesgo de contaminación. El pretratamiento se realizó con ácido sulfúrico al 1 % durante 2 h a 30 °C en la estufa para liberar la lignina y dejar expuesta la celulosa y la

hemicelulosa. Esta se sumergió en la solución ácida en una relación 1:9 en el mezclador. Después se lavó la cascarilla de arroz hidrolizada hasta que el agua de enjuague alcanzó un pH igual a 7,0; luego se secó hasta alcanzar una humedad del 55 % (15).

Para el cultivo de *P. ostreatus* se mezcló el inóculo con el sustrato preparado entre 24 y 25 °C. La cámara de fermentación donde se ubicaron las muestras fue esterilizada a 200 °C. Estas bioceldas previamente esterilizadas fueron rellenadas alcanzando un peso de 564 g del medio de cultivo

y posteriormente fueron colocadas en una bandeja dentro del bioreactor.

P. ostreatus colonizó el sustrato empleado a los 7 d. Los primordios se obtuvieron durante este período, caracterizándose por tener crecimientos protuberantes que permitieron distinguir las copas del respectivo hongo. Las setas llegaron a su madurez a los 8 d de la aparición de los primordios.

De manera general, las setas presentaron un buen desarrollo en ambas fases de crecimiento (incubación y fructificación), observándose que los cuerpos fructíferos crecen en forma de racimos o ramilletes a partir de un tallo o tronco central. Estos racimos siempre se orientan en busca de luz. La adecuada iluminación en el biorreactor permitió que los cuerpos fructíferos desarrollaran menos estípites y más píleo (estructura de mejor textura y gusto al paladar). La cosecha se realizó a los 18 d de la inoculación cuando las orejas estaban completamente planas, con coloración blanquizca o grisácea, y consistencia carnosa típica.

La cosecha se hizo de forma manual, cortando los racimos con una cuchilla bien afilada y esterilizada para evitar remover el sustrato ya que los hongos se producen en oleadas, por lo que el sustrato no debe ser maltratado, teniendo en cuenta el crecimiento de esta seta en la próxima cosecha. Después de la cosecha se almacenaron 30 g de setas comestibles en refrigeración a -4 °C por 24 h. Transcurridas las 24 h se extrajo la muestra y se pesó nuevamente obteniendo una masa de 27,25 g, esto ocurrió como consecuencias de la pérdida de humedad de los cuerpos fructíferos. Esta masa fue dividida en tres muestras a partes iguales aproximadamente, la muestra 1 con un valor de 9,05 g; la muestra 2 con un valor de 9,09 g y la muestra 3 fue de 9,10 g.

Estas muestras se colocaron según su orden en una estufa a temperaturas de secado diferentes para cada una (40, 50 y 60 °C), con circulación de aire forzado y a una humedad relativa del aire del 75 %. La muestra 1 con una masa de 9,09 g se colocó primeramente en la estufa a temperatura de secado igual a 40 °C y cada 15 min se extraía la muestra, se dejó secar en la desecadora a temperatura ambiente, posteriormente se colocó en una placa Petri y se pesó en una balanza analítica. Luego se incorporaba nuevamente en la estufa y se repetía el mismo procedimiento hasta obtener una humedad de 12 % aproximadamente de los cuerpos fructíferos. Se realizó el mismo procedimiento con las otras dos muestras, pero éstas cuando se pesaron antes de ser introducidas en la estufa se observó una deficiencia en el peso obteniéndose un peso de 6,33 g para la muestra 2 y 5,44 para la muestra 3. Esto fue provocado por la exposición de los cuerpos fructíferos al medio ambiente, ocasionando disminución de la humedad en los mismos. Se tomaron las masas de las muestras registradas

cada 15 min y fueron utilizadas para realizar los cálculos necesarios y para elaborar las curvas de secado.

Para determinar la humedad de las muestras se utilizó el método gravimétrico secando en estufa a 90 °C durante 48 h. Pasadas las 48 h se extrajo la muestra y se pesó, con los resultados obtenidos de la masa pesada inicialmente antes de someterse al secado y la masa final después de sometida al secado se realizó el cálculo necesario obteniéndose el valor de la humedad inicial de los cuerpos fructíferos.

La ecuación 1 se empleó para determinar la masa de agua de la muestra, mientras que la ecuación 2 se utilizó para determinar el porcentaje de humedad en base seca.

Masa de agua que contiene la muestra [$m(\text{agua})$]:

$$m(\text{agua}) = m(\text{humedad}) - m(\text{seca}) \quad \text{ec. 1}$$

Donde $m(\text{agua})$: masa de agua de la muestra (g),
 $m(\text{humedad})$: masa de la muestra húmeda (g),
 $m(\text{seca})$: masa de la muestra seca (g).

Porcentaje de humedad de la muestra en base seca (%H):

$$\%H = 100 \times \frac{m(\text{agua})}{m(\text{seca})} \quad \text{ec. 2}$$

Los parámetros de rehidratación se evaluaron con un diseño experimental en el que la temperatura de secado (40, 50 y 60 °C), la temperatura de inmersión en agua (25 °C) y el tiempo de inmersión en agua (30 min) fueron los factores investigados. Esto dio lugar a tres experimentos. En cada experimento se sumergieron 2 g de hongos secos en 100 mL de agua. Después de la rehidratación, se drenó el exceso de agua, las muestras se secaron con papel absorbente y se pesaron nuevamente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las setas *P. ostreatus* fueron cosechadas a los 18 d de la inoculación, cuando las orejas se encontraban completamente planas, con coloración blanquizca o grisácea, y consistencia carnosa típica pero frágil, con orejas de bordes finos con una ligera ondulación. La masa obtenida en la cosecha fue de 30 g y contenía 15 orejas del mismo, con un diámetro aproximadamente entre 3,0 cm y 6,5 cm.

Las Figs. 1 a 3 muestran las curvas de secado obtenidas a diferentes temperaturas de secado de los cuerpos fructíferos de la seta. Las pendientes de las curvas indican la presencia de un pequeño período de secado a una velocidad constante en el transcurso del proceso de secado.

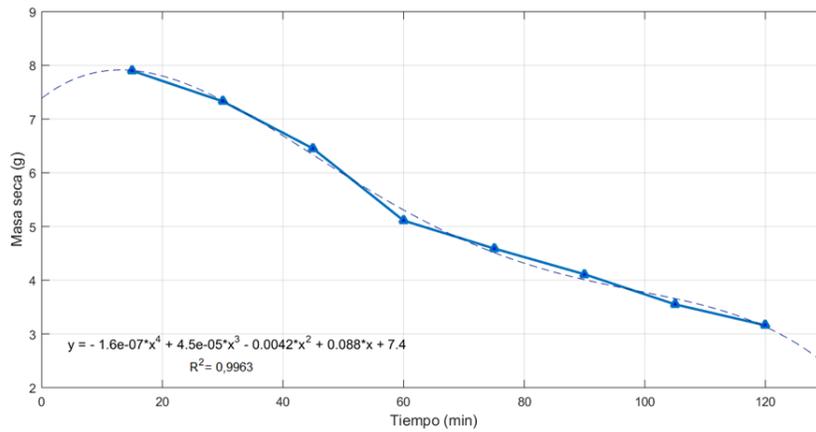


Fig. 1. Curva de secado obtenida para 40 °C con masa inicial de 9,05 g.

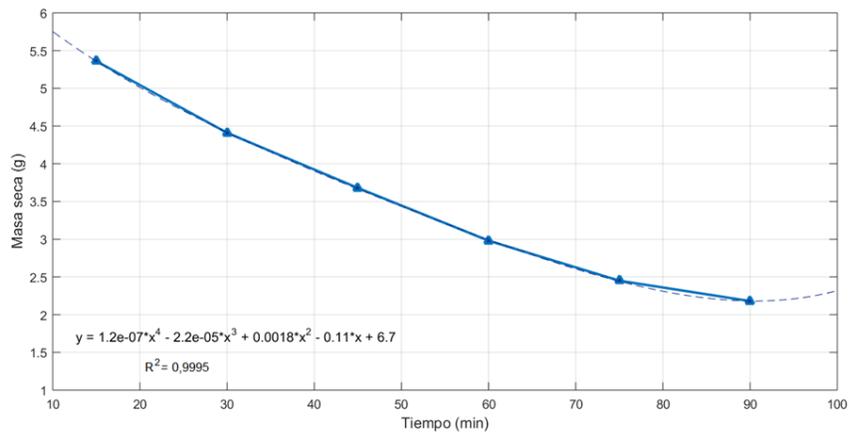


Fig. 2. Curva de secado obtenida para 50 °C con masa inicial de 6,33 g.

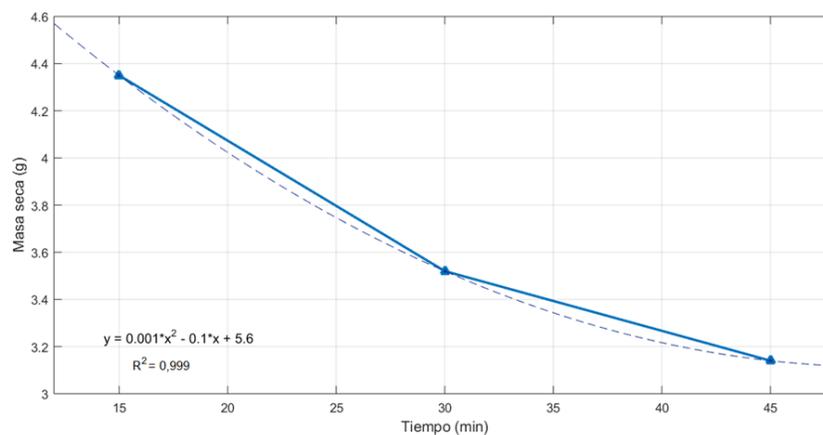


Fig. 3. Curva de secado obtenida para 60 °C con masa inicial de 5,44 g.

La duración de la etapa de secado fue de aproximadamente 120 min a 40 °C, 90 min a 50 °C y 45 min a 60 °C. Como se esperaba, se observó un aumento en la velocidad de secado con el aumento de la temperatura de secado. Esto implicó una reducción del 43,7 % en el tiempo de proceso cuando la temperatura de secado cambió de 40 a 60 °C y una reducción del 28,6 % cuando la temperatura cambió de 50 a 60 °C. La calidad visual de los hongos deshidratados se vio afectada por las temperaturas de secado utilizadas en este trabajo, principalmente por las temperaturas más altas debido a que ocurren cambios de coloración y textura. Esto ocurre por las altas temperaturas que son sometidos los cuerpos fructíferos (13).

La Fig. 1 muestra la cinética de secado de las setas comestibles a 40 °C, junto con el ajuste del modelo polinomial. Las setas

disminuyen el contenido de humedad hasta 12 % en base seca. En la Fig. 2 se nota que a medida que aumenta el tiempo de secado, disminuye la humedad en base seca de las setas, alcanzando un valor del 12 %. También se muestra el ajuste polinomial de esta curva de secado. En la Fig. 3 se observa la cinética de secado de las setas comestibles a 60 °C, mostrando su ajuste del modelo polinomial. Las setas reducen su contenido de humedad hasta 12 % en base seca.

Para la seta *P. ostreatus* se debe evaluar la capacidad y calidad de rehidratación del producto. Se observó que los hongos rehidratados tenían buen aspecto y aumentaban de peso, aun así, no recuperaron el mismo aspecto de los hongos frescos, pues no se rehidrataron completamente y sufrieron algunos cambios en las condiciones de secado (Fig. 4).

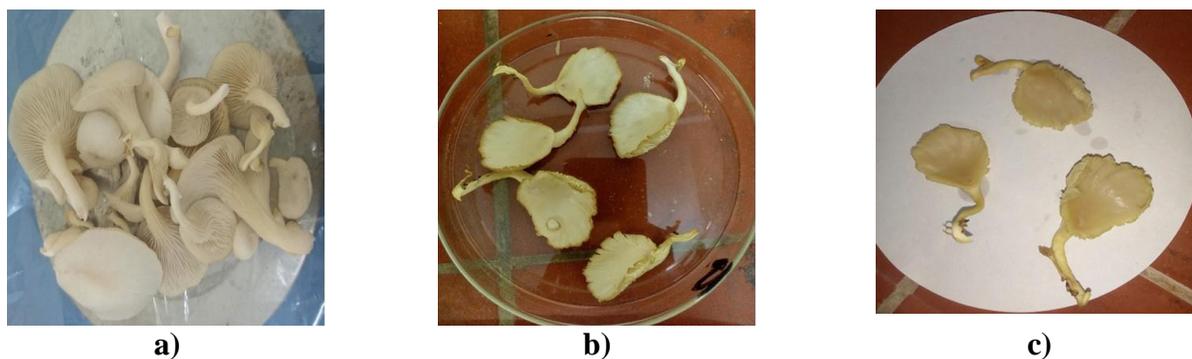


Fig. 4. Secuencia de secado y rehidratación de las setas. a) setas frescas, b) setas secadas, c) setas rehidratadas.

La capacidad de rehidratación se relacionó con la temperatura de secado, que presentó efectos significativos. Sin embargo, el aumento de la temperatura de secado tuvo una influencia negativa en la capacidad de rehidratación de la seta. La capacidad de rehidratación disminuyó con el aumento de la temperatura de secado, lo que podría estar asociado a la deformación de la seta con mayor énfasis a temperaturas más altas (Fig. 5).

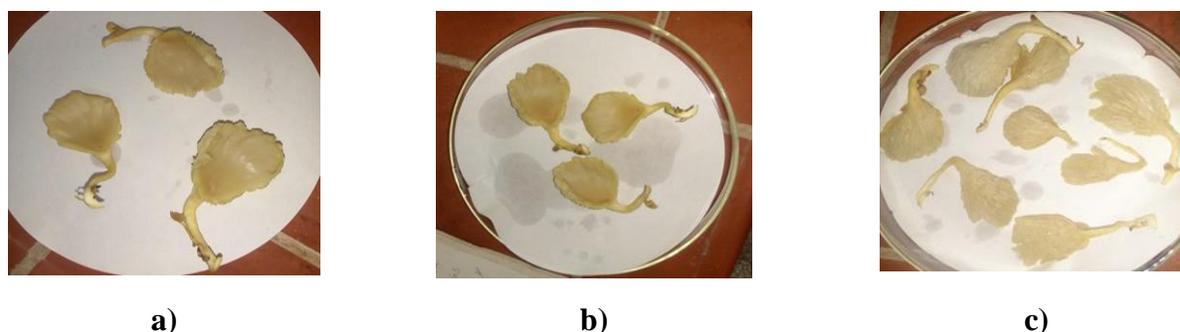


Fig. 5. Secuencia de setas rehidratadas después de experimentar diferentes temperaturas de secado. a) setas secadas a 40 °C y luego rehidratadas, b) setas secadas a 50 °C y luego rehidratadas, c) setas secadas a 60 °C y luego rehidratadas.

De acuerdo con otros autores (16), el aumento de la temperatura de secado conduce al aumento de la tasa de liberación de agua, promoviendo importantes deformaciones de la estructura en el material biológico (14). Por lo tanto, teniendo en cuenta el rendimiento de la rehidratación, la temperatura de secado más baja (40 °C) podría sugerirse para la deshidratación del *P. ostreatus*.

CONCLUSIONES

Al deshidratar la seta *Pleurotus ostreatus* a 40, 50 y 60 °C se observó que a temperaturas mayores de 40 °C ocurren cambios significativos en su estructura, siendo 40 °C la óptima para el proceso de secado y rehidratación por no tener influencia en los cambios estructurales de la seta. La cinética de secado de la seta indica que a medida que transcurrió el tiempo disminuyó la humedad de estos cuerpos fructíferos. Al someter las setas al proceso de secado se pueden observar daños en su estructura, pero al ser rehidratadas estas adquieren características estructurales similares a las setas frescas iniciales.

REFERENCIAS

1. Gaitán R., Salmones D, Pérez R., Mata G. Manual práctico del cultivo de setas. Aislamiento, siembra y producción. Veracruz: Instituto de Ecología A.C; 2006.
2. Bonatti M, Karnopp P, Soares HM, Furlan SA. Evaluation of *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus sajor-caju* nutritional characteristics when cultivated in different lignocellulosic wastes. Food Chem 2004; 88:425-28.
3. López C, Hernández R, Suárez C, Borrero M. Evaluación del crecimiento y producción de *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales del departamento de Cundinamarca. Universitas Scientiarum 2008; 13(2):128-37.
4. Piña AB, Nieto DA, Robles F. Utilización de residuos agrícolas y agroindustriales en el cultivo y producción del hongo comestible seta (*Pleurotus* spp.). Rev Int Contamin Ambie 2016; 32:141-51.
5. Das N, Mukherjee M. Cultivation of *Pleurotus ostreatus* on weed plants. Biores Technol 2007; 98:2723-2726.
6. Romero O, Huerta M, Damián MA, Macías A, Tapia, AM, Parraguirre JFC, Juárez J. Evaluación de la capacidad productiva de *Pleurotus ostreatus* con el uso de hoja de plátano (*Musa paradisiaca* L., cv. Roatan) deshidratada, en relación con otros sustratos agrícolas. Agronomía Costarricense 2010; 34(1):53-63.
7. Romero O, Valencia MA, Rivera A, Tello I, Villarreal OA, Damián MÁ. Capacidad productiva de *Pleurotus ostreatus* utilizando alfalfa deshidratada como suplemento en diferentes sustratos agrícolas. Agricultura, Sociedad y Desarrollo 2018; 15(2):145-60.
8. Ancona L, Sandoval CA, Belmar R, Capetillo CM. Effect of substrate and harvest on the amino acid profile of Oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). J Food Comp Anal 2005; 18:447-50.
9. García N, Bermúdez RC, Serrano M. Formulaciones de sustratos en la producción de setas comestibles *Pleurotus*. Rev Tecnol Quím 2011; 31(3):272-82.
10. García PA, Rodríguez W, Chalarca EK, Andrade A. Estudio microbiológico y fisicoquímico de hongos comestibles (*Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus pulmonarius*) frescos y deshidratados. Ingenierías & Amazonia 2014; 7(1):41-7.
11. Vallejo CA, Díaz R, Morales W, Vera J, Cortéz TM. Calidad alimenticia del hongo *Pleurotus ostreatus*, fresco y deshidratado, cultivado en tres residuos agrícolas. Revista ESPAMCIENCIA 2017; 8(2):51-9.
12. Apati GP, Furlan SA, Laurindo JB. Drying and rehydration of oyster mushroom. Braz Arch Biol Technol 2010; 53(4):945-52.
13. Beltrán M. Diseño de un deshidratador de hongos comestibles (*Boletus luteus*) de 900 kg de capacidad para la fundación Grupo Juvenil Salinas (proyecto de grado). Sangolquí: Facultad de Ingeniería Mecánica, Escuela Politécnica del Ejército; 2005.
14. Castro K. Validación de deshidratación convencional para la conservación del hongo comestible *Pleurotus sajor-caju*. Revista Universidad de Caldas 2006; 26(1-2):123-33.
15. Leon GG. Diseño del proceso de fermentación sólida a escala piloto para la producción de celulasas con residuos agroindustriales (tesis doctoral). Camagüey: Facultad de Ciencias Aplicadas, Universidad de Camagüey; 2017.
16. Ferrant G. Diseño y Construcción de un Secador Solar para Secado de Setas (tesis de magister). Veracruz: Facultad de Ingeniería Mecánica-Eléctrica, Universidad Veracruzana; 2012.