EL RENDIMIENTO MÁXIMO SIGNIFICATIVO PARA EL ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA PRODUCCIÓN DE *LENTINULA EDODES* EN SUBSTRATO COMERCIAL DE ASERRÍN

REBECA RAMÍREZ CARRILLO & HERMILO LEAL LARA

Departamento de Alimentos y Biotecnología, Facultad de Química, Conjunto E, UNAM.
Cd. Universitaria 04510, México D.F. *rebecarc@servidor.unam.mx*

ABSTRACT

THE MAXIMUM SIGNIFICANT YIELD FOR STATISTICAL ANALYSIS OF PRODUCTION OF *LENTINULA EDODES* ON COMERCIAL SAWDUST SUBSTRATE. Rev. Mex. Mic. 17: 7-10 (2001-2003). Seven strains of *L. edodes* were grown on a commercial sawdust substrate. Data of accumulated biological efficiencies (BE = g fresh mushrooms /100 g dry substrate) were compared with maximum significant yield. To account the effect of replicates, univariable and multivariable analysis of independent variables resulted necessary for a correct interpretation of production data. Statistical analysis was simplified by using the maximum significant yield. Since this parameter allows detection of higher yielding strains and optimum cropping time for each strain, three strains of *L. edodes* with high BE were identified and statistically separated, L9 (261%), L15 (170%) and L5 (130%).

Key words: Statistical analysis, maximum significant yield, mushroom production, *Lentinula edodes*.

RESUMEN

Se cultivaron 7 cepas de *L. edodes* en un sustrato de aserrín comercial y para cada cepa se comparó la eficiencia biológica total (EB = g hongo fresco / 100 g sustrato seco) con el rendimiento máximo significativo. Para la interpretación estadística de los resultados se realizaron dos análisis de varianza, uno de tipo univariable y otro multivariable para evaluar el efecto de las repeticiones. El análisis estadístico puede simplificarse y hacerse más eficaz al utilizar el rendimiento máximo significativo, parámetro de gran utilidad ya que además de identificar a las cepas más productivas permite conocer el tiempo óptimo de cosecha para cada cepa. De esta manera se identificaron 3 cepas con eficiencias biológicas elevadas y significativamente distintas, L9 (261%), L15 (170%) y L5 (130%).

Palabras clave: Análisis estadístico, rendimiento máximo significativo, producción de hongos comestibles, *Lentinula edodes*.

Introducción

Por lo general el análisis e interpretación de los resultados de producción de hongos comestibles se realiza considerando el peso de hongos frescos cosechados respecto al peso del sustrato (base húmeda o base seca). Este valor se reporta por brote, semana de producción, o bien al final del ciclo de cultivo. Si bien la eficiencia biológica (EB = g de hongo fresco/100 g de sustrato seco) es el parámetro más utilizado para indicar el rendimiento (Tschierpe & Hartmann, 1977), con frecuencia se reportan también los valores de producción total (g de hongo fresco/unidad de cultivo). No obstante, el uso de estos parámetros para la interpretación estadística de los resultados, únicamente permite identificar a las cepas, sustratos o condiciones con las que se logra la mayor producción de hongos (Calvo-Bado *et al.*, 1996; Villa Cruz *et al.*, 1999; Sánchez *et al.*, 2002; Shen & Royse, 2002). El objetivo de este trabajo fue evaluar la producción de 7 cepas de *L. edodes* durante 3 brotes e introducir, para la interpretación estadística de los resultados, el parámetro del rendimiento máximo significativo (rms), el cual esta relacionado con el brote donde una cepa alcanza su máximo rendimiento.

Materiales y métodos

Material biológico. Las 7 cepas de *Lentinula edodes* utilizadas en este estudio se encuentran depositadas en el cepario del Departamento de Alimentos y Biotecnología de la Facultad de Química, UNAM. En la Tabla 1 se indica el origen de cada cepa y sus principales características.

Producción de esporóforos de *Lentinula edodes*. Se evaluaron los rendimientos de 7 cepas de *L. edodes* en un sustrato de aserrín proporcionado por la empresa

Tabla 1: Principales características de las cepas de *Lentinula edodes*

Clave UNAM	Donador	Principales características
L5	I. Reid (Canadá)	Fructifica en medio PDA.
L9	T.S. Lee (Corea)	Recomendadas por alta productividad.
L15		
L18	R.L. Andrade (Querétaro)	Comerciales de EUA, Virginia.
L19		
L20		
L21	Amycel	Comercial de EUA, California.

Hongos Leben. Se empacaron 2 Kg de sustrato húmedo (54% de humedad) en bolsas de polipropileno/etileno (32x49 cm), provistas con un filtro de microporo (4x4 cm) ubicado a 13 cm de la orilla superior. Las bolsas con sustrato se esterilizaron en autoclave por 2 h a 121°C y 15 lb/in^2. El sustrato se enfrió a temperatura ambiente y se inocularon tres bolsas de sustrato para cada cepa, con inóculo de grano al 5%. Posteriormente las bolsas inoculadas fueron incubadas a 24°C durante 70 días. Las bolsas de sustrato invadidas con micelio fueron transferidas al cuarto de fructificación, la cuál se indujo mediante riegos (3 al día de 20 minutos), ventilación por dos horas con aire húmedo (una hora después de cada riego) e iluminación (12 h por día) (Ramírez & Leal, 2002). Con la producción de hongos frescos de cada bolsa se calculó la EB (g hongos frescos/100 g de sustrato seco) por brote y la EB acumulada.

Análisis estadístico. Con el análisis de varianza se detectaron diferencias (significativas o altamente significativas) entre las variables independientes. Cuando se encontraron diferencias se utilizó la prueba de rango múltiple de Duncan para identificar la variable que permitió obtener mayores rendimientos (Montgomery, 1994).

Resultados y discusión

No obstante que únicamente es posible obtener conclusiones válidas por medio del análisis estadístico, existen diferentes maneras de aplicar esta herramienta a los resultados experimentales (Robinson, 2000). La producción de 7 cepas de *L. edodes* (en 3 brotes) se interpretó considerando la eficiencia biológica total y se comparó con el parámetro del rendimiento máximo significativo.

Rendimiento máximo significativo. En la Tabla 2 se presenta la eficiencia biológica acumulada para las 7 cepas de *L. edodes* en 3 brotes de producción. Para identificar el brote donde cada cepa alcanzó su rendimiento máximo significativo (rms) se realizaron 2 análisis de varianza con los valores de producción de cada cepa. El análisis univariable consideró únicamente a los brotes como variable independiente, mientras que para el análisis multivariable, las variables independientes fueron brotes y repeticiones. La interpretación se realizó con el análisis de varianza donde se obtuvieron los valores más altos de $F_{calculada}$ para el factor brotes. El análisis univariable presentó un mayor valor de $F_{calculada}$ para las cepas L5, L9, L15 y L21, mientras que el análisis multivariable dio una mayor valor de $F_{calculada}$ para las cepas L18, L19 y L20 e indicó sólo para la cepa L20, diferencias altamente significativas entre las repeticiones (señalando que con la cepa L20 el número de repeticiones no fue suficiente). Para las cepas L18 y L21 el análisis de varianza indicó que no hubo diferencias significativas entre los tres brotes, es decir el rendimiento máximo se obtiene en el primer brote. Para el resto de las cepas donde se observaron diferencias significativas entre los tres brotes, por medio de la prueba de Duncan se determinó que las cepas L5, L19 y L20 alcanzaron su rendimiento máximo al segundo brote y sólo las cepas L9 y L15 alcanzaron su rendimiento máximo al tercer brote, ya que se observan incrementos significativos en los rendimientos de cada brote.

Una vez identificado el brote donde cada cepa alcanzó su rendimiento máximo, con estos valores fueron realizados nuevamente dos análisis de varianza, uno de tipo univariable (donde ahora las cepas fueron consideradas como la variable independiente) y otro de tipo multivariable (donde las variables independientes fueron cepas y repeticiones). El análisis de varianza multivariable fue el que presentó el mayor valor de $F_{calculada}$ para la variable cepas e indicó diferencias altamente significativas para las repeticiones. Por medio de la prueba de Duncan (Tabla 3), se identificó a la cepa L9 como la más productiva (grupo f) seguida de las cepas L15 (e), L5 (d), L20 (c) y L21 (b), siendo las cepas L18 y L19 las menos productivas (grupo a).

Eficiencia biológica total. En la Tabla 3 también se presentan los valores correspondientes a la eficiencia biológica total (al tercer brote). Para su interpretación estadística se realizó nuevamente un análisis de tipo univariable, el cual consideró a las cepas como la

Tabla 2. Determinación del rendimiento máximo significativo de cada cepa de *L. edodes*

Cepas	Eficiencia biológica (EB) (g de hongos frescos /100 g de sustrato seco) Brotes		
	1ro.	2do.	3ro.
L18	29.6 ± 23 [a]	54.8 ± 25 [a]	63.6 ± 17 [a]
L21	53.6 ± 18 [a]	70.5 ± 11 [a]	78.2 ± 8 [a]
L19	4.6 ± 7 [a]	17.1 ± 0 [b]	24.0 ± 10 [b]
L20	44.8 ± 51 [a]	79.2 ± 31 [b]	83.5 ± 34 [b]
L 5	83.4 ± 7 [a]	130.5 ± 5 [b]	143.9 ± 11 [b]
L15	102.5 ± 6 [a]	151.2 ± 4 [b]	170.1 ± 10 [c]
L 9	138.9 ± 10 [a]	176.8 ± 6 [b]	261.3 ± 7 [c]

Brote donde se obtiene el rendimiento máximo significativo.
Letras diferentes en una misma cepa indican diferencias significativas entre brotes de acuerdo a la prueba de Duncan (α=0.05).

variable independiente y otro de tipo multivariable, donde las variables independientes fueron cepas y repeticiones. La interpretación se realizó con el análisis multivariable, el cual indicó que ambas variables presentaron un efecto altamente significativo. En experimentos futuros deberá por lo tanto incrementarse el número de réplicas. Con la prueba de rango múltiple de Duncan se identificó a la cepa L9 como la más productiva (grupo E), seguida de las cepas L15 (D) y L5 (C), mientras que las cepas L18, L20 y L21 se ubicaron en un solo grupo (B) y la cepa L19 fue la menos productiva (grupo A).

Tabla 3. Comparación de la producción de 7 cepas de *L. edodes* de acuerdo a la EB total y el rendimiento máximo significativo (g de hongos frescos /100 g de sustrato seco)

Cepas	Eficiencia biológica total		Rendimiento máximo significativo		Brote*
	$\bar{x}$ ± σ		$\bar{x}$ ± σ		
L19	24.0 ± 10	B	17.1 ± 0	a	2do
L18	63.6 ± 17	B	29.6 ± 23	a	1ro
L21	78.2 ± 8	B	53.6 ± 18	b	1ro
L20	83.5 ± 34	B	79.2 ± 31	c	2do
L 5	143.9 ± 11	C	130.5 ± 5	d	2do
L15	170.1 ± 10		170.1 ± 10	e	3ro
L 9	261.3 ± 7	E	261.3 ± 7	f	3ro

Letras diferentes en cada parámetro indican diferencias significativas entre cepas de acuerdo a la prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$).
*Brote donde se obtiene el rendimiento máximo significativo.

En la Tabla 3 también se presenta una comparación de la clasificación de las cepas usando la prueba de Duncan, en función de la eficiencia biológica total y el rendimiento máximo significativo. Como se puede observar la clasificación de las cepas utilizando la eficiencia biológica total y el rendimiento máximo significativo es diferente, ya que con el primer parámetro sólo se obtienen 5 grupos y con el segundo parámetro 6 grupos. Es decir el rendimiento máximo significativo permite una mejor separación de las cepas en grupos estadísticamente diferentes y como ventaja adicional permite conocer el brote donde cada cepa alcanza su rendimiento máximo o tiempo óptimo de cosecha.

El parámetro del rendimiento máximo significativo es muy valioso para la producción comercial, no únicamente de *Lentinula*, sino de todos los hongos comestibles cultivados. Aumenta la productividad de la capacidad instalada ya que la duración de los ciclos de cultivo se reduce al mínimo número de semanas producción que se requieren para alcanzar la máxima producción de hongos. Se optimiza así el uso de las instalaciones y se reducen los costos de operación.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo financiero del Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (Proyecto IN208798) de la DGAPA, UNAM, asimismo agradecen a la empresa Hongos Leben, su apoyo en facilitar los sustratos y materiales necesarios para las evaluaciones realizadas.

Literatura citada

Calvo-Bado, L.A, J.E. Sánchez-Vázquez, G. Huerta-Palacios. 1996. Cultivo de *Auricularia fuscosuccinea* (Mont.) Farlow sobre sustratos agrícolas en el Soconusco, Chiapas, México. **Micol. Neotrop. Apl. 9**: 95-106.

Montgomery, D.C., 1994. **Design and Analysis of Experiments**. 2nd ed. John Wiley and Sons. Inc. New York.

Ramírez-Carrillo, R., H. Leal-Lara, 2002. Culture conditions for increasing yields of *Lentinula edodes*. *In:* J.E. Sánchez, G. Huerta, E. Montiel (eds.) **Proceedings of the IVth International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products**, Cuernavaca, México. 289-294.

Robinson, G.K., 2000. **Practical Strategies for Experimenting**. Wiley. New York.

Sánchez, J.E., D.J. Royse, G. Hernández, 2002. Development of non-composted substrates for production of *Agaricus bisporus*. *In:* J.E. Sánchez, G. Huerta, E. Montiel (eds.) **Proceedings of the IVth International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products**, Cuernavaca, México, 265-270.

Shen, Q., D.J. Royse, 2002. Crop cycle time, yield and quality of maitake *Grifola frondosa* as influenced by nutrient supplements. *In:* J.E. Sánchez, G. Huerta, E. Montiel (eds.) **Proceedings of the IVth International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products**, Cuernavaca, México, 233-238.

Tschierrpe, H.J., K. Hartmann, 1977. A comparison of different growing methods. **Mushroom J. 60**: 404-416.

Villa Cruz, V., G. Huerta-Palacios, J.E. Sánchez-Vázquez, 1999. Fermentation of a mixture of corn-cobs and coffe pulp for the cultivation of *Pleurotus ostreatus*. **Micol. Neotrop. Apl. 12**: 67-74.

Recibido: 10 de septiembre, 2002. Aceptado: 21 de mayo, 2003.
Solicitud de sobretiros: Rebeca Ramírez Carrillo.