

EFFECTO DE LA INOCULACION DEL HONGO COMESTIBLE *Pleurotus ostreatus* EN LA COMPOSICION QUIMICA Y DIGESTIBILIDAD DE LA PAJA DE CEBADA¹

Ma. Esther Ortega Cerrilla,² Braulio Can Acosta,²
Francisco Herrera Patiño³ y Fernando Pérez-Gil Romo²

División de Nutrición Experimental y Ciencia de los Alimentos
Instituto Nacional de la Nutrición "Salvador Zubirán",
México D.F., México

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue determinar si a los 45 y 60 días, el crecimiento del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* en paja de cebada, aumenta el valor nutritivo y digestibilidad de ésta para la alimentación de rumiantes, dada la capacidad significante del mismo. Para el caso, se realizaron las siguientes determinaciones en paja de cebada sin tratar (testigo), y en paja de cebada incubada con el hongo en cuestión por 45 ó 60 días: pH, humedad, proteína cruda, cenizas, hemicelulosa, celulosa, lignina, energía bruta y digestibilidad *in vitro* de la materia seca.

Los resultados mostraron que el porcentaje de proteína se mantuvo constante ($P \leq 0.05$) en todos los tratamientos (\bar{x} 2.67^o/o), aumentando el contenido de cenizas en la paja incubada con el hongo por 60 días. El porcentaje de hemicelulosa y celulosa disminuyó significativamente ($P \leq 0.05$) en la paja incubada por 45 ó 60 días (16.74, 32.24; 17.43, 32.41^o/o, respectivamente), en relación a la paja testigo (24.54; 40.15^o/o), mientras que el de lignina aumentó aunque no en forma significativa en la paja incubada por 45 ó 60 días, en relación con la paja testigo (8.36; 9.10; 9.06^o/o, respectivamente). Los valores de energía fueron menores en la paja incubada por 45 ó 60 días (2.70; 2.74 Kcal/g) que en la testigo (2.80 Kcal/g), no habiendo diferencia en el porcentaje de digestibilidad *in vitro* de la materia seca entre la paja testigo y la incubada por 45 ó 60 días (56.04; 52.65; 53.06^o/o, respectivamente).

Se concluye que la cepa de *Pleurotus ostreatus* utilizada en este trabajo no fue

Manuscrito modificado recibido: 21-11-85.

- 1 Este trabajo fue dado a conocer oralmente en el VII Congreso Latinoamericano de Nutrición, celebrado en Brasilia, Brasil, del 26 al 29 de noviembre de 1984.
- 2 Investigadores del Departamento de Nutrición Animal de la División de Nutrición Experimental y Ciencia de los Alimentos, Instituto Nacional de la Nutrición "Salvador Zubirán", Vasco de Quiroga No. 15, Col. y Deleg. Tlalpan, 14.000 México D.F., México.
- 3 Investigador del Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, de la misma División.

capaz de delignificar la paja, por carecer de fenoloxidasas, enzimas necesarias para degradar la lignina. Por consiguiente, se estima necesario realizar otros estudios al respecto, a fin de aislar cepas con gran capacidad delignificante, y lograr con ello, un mayor aprovechamiento de las pajas en el país.

INTRODUCCION

La elevada producción mundial de esquilmos agrícolas representa una fuente potencial de alimento, principalmente para los rumiantes (1). Los desperdicios agrícolas están compuestos por hemicelulosa, celulosa y lignina, pudiendo los dos primeros ser utilizados como fuente energética por los microorganismos ruminales (2). Sin embargo, aunque los tejidos vegetales contienen un alto porcentaje de celulosa, la lignina se encuentra íntimamente unida a ésta y a la hemicelulosa en las paredes celulares, por lo que sólo una parte de éstas es susceptible a la degradación biológica o química (3).

Esto se debe a que la mayor parte de los microorganismos que utilizan polisacáridos no son capaces de degradar la lignina a menos que también posean actividad ligninolítica (4).

Con la finalidad de delignificar pajas y rastrojos, se han usado métodos físicos y químicos (5) que presentan la desventaja de ser generalmente costosos y causar problemas de contaminación.

Se han utilizado también tratamientos biológicos empleando hongos, ya que se ha visto que en algunos de ellos, los denominados de la pudrición blanca, tienen capacidad delignificante (4). En trabajos en los que se han incubado hongos de la pudrición blanca, como son los del género *Pleurotus* (*Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus florida*) con pajas, se ha observado un aumento en la digestibilidad de estas últimas, además de tener buena aceptación y no producir efectos fisiológicos adversos al ser consumidas por los animales (6,7).

En base a lo expuesto, el objetivo de este trabajo fue evaluar si al ser incubada la paja de cebada por 45 ó 60 días con el hongo comestible *Pleurotus ostreatus*, mejoraba el valor nutritivo y aumentaba la digestibilidad de la paja, a fin de usarla en la alimentación de rumiantes.

MATERIAL Y METODOS

La paja de cebada entera se remojó en agua por tres días, agregándose cinco partes de agua por una de cebada (V/V). Posteriormente se pasteurizó por seis horas a 55°C y se adicionó 1% de carbonato de calcio para tener un pH neutro en la paja.

Para inocularla con el hongo *Pleurotus ostreatus*, se empleó como vehículo grano de avena previamente inoculado con el hongo (la cepa se obtuvo de la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México). Se tomó así, con el asa, una muestra de micelio de un cultivo en agar de *Pleurotus ostreatus*. Esta se transfirió a un frasco de vidrio que contenía 500 g de grano de avena estéril, siendo utilizada para inocular la paja hasta que el hongo cubrió completamente la avena. Luego se inoculó la paja en una proporción de cuatro partes de avena por 96 de paja de cebada (P/P).

La paja se colocó suelta, en cinco cilindros de alambre, cada uno de los cuales contenía 4 kg de paja. Se dejó incubar en un ambiente de humedad saturada a temperatura ambiente (15-20°C) cubriéndose la paja con bolsas de poliuretano negro, para protegerla de la luz. Esto se hizo así ya que durante los primeros 30 días los hongos del género *Pleurotus* crecen mejor en la oscuridad (8).

Transcurridos 45 días de incubación, que es cuando se presenta la primera fructificación del hongo, se quitaron los hongos que habían crecido en la paja y se tomaron muestras de cada cilindro. La muestra se dejó secar para su análisis posterior, y lo mismo se hizo a los 60 días, que es cuando ocurre la segunda fructificación.

Tanto en la paja sin tratar (testigo), como en las incubadas por 45 y 60 días, se llevaron a cabo las siguientes determinaciones: pH, humedad, cenizas y proteína cruda, según los métodos de AOAC (9), fracciones de fibra (contenido celular, paredes celulares, hemicelulosa, celulosa y lignina), por los métodos propuestos por Goering y Van Soest (10), energía bruta por medio de bomba calorimétrica (11), así como digestibilidad *in vitro* de la materia seca (12).

Los resultados se analizaron por análisis de varianza y las diferencias por la prueba de rango múltiple de Duncan (13).

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos (Tabla 1), después de incubar la paja de cebada por 45 ó 60 días con el hongo *Pleurotus ostreatus*, mostraron que no había diferencia ($P < 0.05$) en los valores de pH entre las pajas incubadas con el hongo, y la testigo. El contenido de humedad fue mayor en las pajas tratadas, ya que aun cuando se secaron al sol después de quitárseles los hongos, se estuvieron humedeciendo constantemente por 45 ó 60 días, lo que ocasionó que tuviesen más humedad que la testigo. El porcentaje de proteína cruda se mantuvo constante tanto en la paja tratada con el hongo por 45 ó 60 días, como en la testigo.

El contenido de cenizas aumentó ($P < 0.05$) a los 60 días de incubada la paja, debido posiblemente a que hubo una mayor utilización de materia orgánica por parte del hongo, y éstas se concentraron.

El porcentaje de paredes celulares disminuyó a los 45 y 60 días después de la incubación con el hongo, al igual que el de hemicelulosa y celulosa, lo que indica que los hongos pueden usar estos compuestos para desarrollarse (14).

El contenido de lignina aumentó aunque no significativamente ($P < 0.05$) en la paja incubada por 45 ó 60 días, debido a que al disminuir el porcentaje de paredes celulares, hemicelulosa y celulosa, hubo una mayor concentración de la misma. Por otra parte, el hecho de no haber reducido el contenido de lignina por la presencia de los hongos, puede atribuirse a que existe gran variabilidad genética entre las distintas cepas de *Pleurotus ostreatus*. Por lo tanto, se presentan diferencias considerables en la cinética con que cada componente del sustrato es degradado (3), habiendo cepas incapaces de producir fenoloxidasas (3), enzimas cuya presencia es indispensable para degradar la lignina.

La energía en la paja acusó una disminución a los 45 y 60 días de incubación en relación a la paja sin incubar, coincidiendo con los resulta-

TABLA 1

COMPOSICION QUIMICA Y DIGESTIBILIDAD DE LA PAJA DE CEBADA
INCUBADA POR 45 ó 60 DIAS CON EL HONGO COMESTIBLE

*Pleurotus ostreatus*¹

	Testigo	45 Días posteriores a la incubación	60
pH	6.75 ^a	6.95 ^a	6.80 ^a
Humedad (°/o)	6.45 ^a	7.72 ^b	7.65 ^b
Proteína cruda (N x 6.25) (°/o)	2.41 ^a	2.57 ^a	3.06 ^a
Cenizas (°/o)	7.28 ^a	7.58 ^a	8.48 ^b
Paredes celulares (°/o)	79.10 ^a	64.56 ^b	66.99 ^b
Hemicelulosa (°/o)	24.54 ^a	16.74 ^b	17.43 ^b
Celulosa (°/o)	40.15 ^a	32.24 ^b	32.41 ^b
Lignina (°/o)	8.36 ^a	9.10 ^a	9.06 ^a
Energía bruta (Kcal/g)	2.80 ^a	2.70 ^b	2.74 ^c
DIVMS ² (°/o)	56.04 ^a	52.65 ^a	53.06 ^a

1 Datos notificados en base seca.

2 Digestibilidad *in vitro* de la materia seca.

a,b,c, Los valores con distinta literal, son diferentes ($P \leq 0.05$).

dos notificados por Lynch, *et al.* (14), ya que debió ser utilizada para el crecimiento de los hongos. La digestibilidad *in vitro* de la materia seca no aumentó en las pajas incubadas con el hongo, al igual que en los resultados reportados por Streeter *et al.* (15), debido a que no disminuyó el contenido de lignina en la paja. Este hecho bien pudo haber limitado el aprovechamiento de otros compuestos por parte de los microorganismos ruminales.

En base a los resultados obtenidos en este trabajo, podemos concluir que, a pesar de haberse suscitado una disminución significativa en los porcentajes de paredes celulares, hemicelulosa y celulosa en la paja incubada por 45 ó 60 días con el hongo *Pleurotus ostreatus* la lignina no fue utilizada, por lo que no se logró un aumento en la digestibilidad *in vitro* de la materia seca de la paja de cebada.

Así, se estima necesario continuar los estudios en esta área, sometiendo a prueba diferentes cepas de *Pleurotus ostreatus*, a fin de aislar aquellas que tengan mayor capacidad delignificante, ya que la delignificación biológica de los esquilmos agrícolas puede servir de ayuda para lograr un mayor aprovechamiento de éstos con miras a utilizarlos en la alimentación animal.

SUMMARY

EFFECT OF THE INOCULATION OF *Pleurotus ostreatus* ON THE CHEMICAL COMPOSITION AND DIGESTIBILITY OF BARLEY STRAW

The purpose of the present study was to determine whether incubation of the

edible mushroom *Pleurotus ostreatus* in barley straw for 45 or 60 days, proved to be a means of increasing the nutritive value and digestibility of the straw for ruminant animals. In this respect, the following determinations were performed in untreated barley straw (control), and in incubated barley straw with the mushroom strain mentioned previously, for 45 or 60 days: pH, moisture, crude protein, ash, hemicellulose, cellulose, lignin, gross energy and *in vitro* digestibility of the dry matter.

Results showed that crude protein percentage remained constant ($p \leq 0.05$) in all treatments (\bar{x} 2.67%), increasing the ash content of the straw incubated for 60 days. The hemicellulose and cellulose percentages diminished significantly ($p \leq 0.05$) in the straw incubated for 45 or 60 days (16.74, 32.24; 17.43, 32.41% respectively) than in the control straw (24.54, 40.15%). The lignin percentages increased, although not significantly in the straw incubated for 45 or 60 days with respect to the control straw (8.36; 9.10, 9.06%, respectively). Energy values were lower for the straw incubated 45 or 60 days (2.70; 2.74 Kcal/g) than for the control straw (2.80 Kcal/g), without difference in the *in vitro* dry matter digestibility by incubating the straw for 45 or 60 days with *Pleurotus ostreatus* and the control (56.04; 52.65; 53.06% respectively).

It is concluded that the *Pleurotus ostreatus* strain used in this study was unable to delignify the straw, because of its lack of fenoloxidases, enzymes which are necessary for lignin biodegradation. Therefore, it is deemed convenient that new studies along these lines be carried out, in order to isolate strains with delignifying capacity and, thus, achieve a greater utilization of straws for ruminant nutrition in the country.

BIBLIOGRAFIA

1. Jackson, M.G. Review article: The alkali treatment of straw. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 2:105-130, 1977.
2. Church, D.C. (Ed.) *Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants*. Vol. 1 2nd ed. London, New York, N.Y., Oxford Press, Inc., 1979, p. 222-223.
3. Van Soest, P.J. Plant fiber and its role in herbivore nutrition. *Cornell Vet.*, 67: 307-326, 1977.
4. Leal, J. La importancia del papel de la lignina en la utilización de los desperdicios agrícolas. Cuadernos de Posgrado. 4 Alimentos. Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, 1982, p. 82-108.
5. Anderson, A.W. & J.F. Anderson. On finding a use for straw. En: *Utilization and Recycle of Agricultural Residues*. M.L. Shuler (Ed.). Boca Ratón, Fla., CRC Press, Inc., 1980, p. 237-272.
6. Herzog, I., M. Dvorak & Z. Vezník. Treatment of litter straw by application of the fungus *Pleurotus ostreatus* (Jacq). *Biolog. a chem. Zyzivy Zuirat*, 3:249-253, 1968.
7. Zadrazil, F. The conversion of straw into feed by basidiomycetes. *Eur. J. Appl. Microbiol.*, 4: 273-281, 1977.
8. Streeter, C.L., K.E. Conway & G.W. Horn. Effect of *Pleurotus ostreatus* and *Erwinia carotovora* on wheat digestibility. *Micology*, 72: 1040-1048, 1981.
9. Association of Official Analytical Chemists. *Official Methods of Analysis of the AOAC*. 13th. ed. Washington, D.C. The Association 1980, p. 133,211,220-547.
10. Goering, H. & P.J. Van Soest. Forage fiber analysis. *Agricultural Research Science. Agricultural Handbook N. 379*, 1975.
11. Bateman, J.V. *Nutrición Animal. Manual de Métodos Analíticos*. México, Herrero Hnos. Suc., S.A. 1970, p. 269-281.
12. Tejada, I. *Manual de Laboratorio para Análisis de Ingredientes Utilizados en la*

- Alimentación Animal.** Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias. SARH. México, 1983, p. 311-313.
13. Steel, R.G.D. & J.H. Torrie. **Principles and Procedures of Statistics.** 2nd ed. Mc Graw Hill Kogokusha Ltd. 1980, p. 35.
 14. Lynch, G.P., D.F. Smith, F.D. Jackson, R.C. Cope & M.E. Simpson. Fungal degradational value of cellulosic wastes. *J. Anim. Sci.*, 44: 883-888, 1977.
 15. Streeter, C.L., K.E. Conway, G.W. Horn & T.L. Mader. Nutritional evaluation of wheat straw incubated with the edible mushroom, *Pleurotus ostreatus*. *J. Anim. Sci.*, 54: 183-188, 1982.