



Revista Cubana de Ciencia Agrícola

ISSN: 0034-7485

rcca@ica.co.cu

Instituto de Ciencia Animal

Cuba

Montañez, O.D.; Ortega, María Esther; Cobos, M.A.; Larqué, A.; García, J.E.  
Efecto de la alimentación con paja de trigo tratada con *Pleurotus florida* en la flora ruminal  
de ovinos

Revista Cubana de Ciencia Agrícola, vol. 38, núm. 3, 2004, pp. 249-257

Instituto de Ciencia Animal

La Habana, Cuba

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193017849005>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

## Efecto de la alimentación con paja de trigo tratada con *Pleurotus florida* en la flora ruminal de ovinos

O.D. Montañez<sup>1</sup>, María Esther Ortega<sup>1</sup>, M.A. Cobos<sup>1</sup>, A. Larqué<sup>1</sup> y J.E. García<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco km 36.5. 56230 Montecillo, Estado de México. Correo electrónico: meoc@colpos.colpos.mx

<sup>2</sup> Departamento de Nutrición Animal: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buena Vista, Saltillo, Coahuila

Se determinó el efecto del alimento en la digestibilidad *in vivo*, concentración de bacterias ruminales totales, celulolíticas y protozoarios, así como en el pH, nitrógeno amoniacal y producción de ácidos grasos volátiles en el rumen. Se usaron ovinos alimentados con paja de trigo utilizada para el cultivo del hongo comestible *Pleurotus florida*. Se emplearon ocho borregos criollos machos, de  $32 \pm 7.22$  kg de peso vivo promedio, con canula ruminal, alojados en jaulas individuales. Los animales se distribuyeron al azar en dos tratamientos: paja de trigo sin tratar (PST) y paja de trigo tratada con *Pleurotus florida* (PT) con cuatro animales por tratamiento. Las dietas consistieron en 70 % de PST o PT y 30 % de concentrado (67 % de maíz molido, 17 % de sorgo molido, 10 % de melaza, 5 % de harina de soya, 0.5 % de premezcla mineral y 0.5 % de sal común). El período de adaptación a las dietas fue de 15 d, y de 5 el de restricción alimentaria (90 %). Posteriormente, durante 8 d se recolectó el total de heces y en los dos últimos días del experimento, el fluido ruminal. Las medias obtenidas de cada tratamiento se compararon mediante una prueba de F. Entre los dos tratamientos no hubo diferencias en la digestibilidad de la materia seca, orgánica, proteína cruda, FND, FDA, celulosa, hemicelulosa, concentración de bacterias celulolíticas, protozoarios, pH ruminal, N amoniacal y concentración de ácidos grasos volátiles. Sólo el número total de bacterias ruminales fue mayor ( $P < 0.05$ ) en PT con respecto a PST. Los resultados indican que es posible utilizar la paja de trigo usada para cultivar *P. florida*, sin que se afecte la digestibilidad de la ración o la población microbiana del rumen.

Palabras clave: paja de trigo, *Pleurotus florida*, digestibilidad, microorganismos ruminales.

Los esquilmos agrícolas se utilizan en la alimentación de rumiantes, debido a la capacidad de éstos para consumir y nutrirse de subproductos con alto contenido de fibra. No obstante, una de sus principales limitaciones es su elevado contenido de lignina, celulosa y hemicelulosa, lo que provoca la formación de un complejo lignocelulósico difícil de aprovechar por los microorganismos del rumen (Zadrazil 1984 y Henics 1987). Se han utilizado diferentes métodos para producir la deslignificación o ruptura del complejo carbohidrato-lignina, y favorecer así el acceso de los microorganismos ruminales a los carbohidratos estructurales, mejorando su digestibilidad ruminal. Entre ellos se halla el uso de agentes biológicos, como son los hongos de la pudrición blanca, los que producen enzimas capaces de de-

gradar la lignina de pajas y rastrojos (Ruiz-Dueñas *et al.* 1999, Toumela *et al.* 2000, Saparrat *et al.* 2002 y Tuomela 2002). Con ellos aumenta la digestibilidad y el consumo de estos forrajes (Agosin *et al.* 1985, Henicz 1987, Yamakawa *et al.* 1992a, Permana *et al.* 2000 y Arora *et al.* 2002). Sin embargo, se ha encontrado que durante la degradación de la lignina se forman diferentes ácidos fenólicos (Jung y Fahey 1983, Agosin *et al.* 1986, Henicz 1987, Akin *et al.* 1993, Hofrichter 2002 y Koroleva *et al.* 2002) y en particular el ácido ferúlico y p-cumárico (Chesson *et al.* 1982), los que pueden afectar el crecimiento de algunas bacterias ruminales como *Ruminococcus albus*, *R. flavesfaciens* y *Fibrobacter succinogenes*.

Por esto, el objetivo de este estudio fue determinar si al alimentar borregos con paja de

trigo, en la que se cultivó el hongo comestible de la pudrición blanca *Pleurotus florida*, se afecta la digestibilidad del alimento, así como el número de bacterias totales, celulolíticas, protozoarios, pH, concentración de amoníaco ruminal y ácidos grasos volátiles en el rumen.

### Materiales y Métodos

Se utilizaron ocho borregos criollos machos con canula ruminal, con  $32 \pm 7.22$  kg de peso promedio, desparasitados con Ivomec-F (1 mL  $50 \text{ kg}^{-1}$  de peso vivo) e inyectados con vitamina A, D y E antes de iniciar el experimento. Estos se alojaron en jaulas individuales. Posteriormente, se distribuyeron al azar en dos tratamientos: dieta con paja de trigo sin tratar (PST, Testigo) y dieta con paja de trigo tratada con *Pleurotus florida* (PT), con cuatro repeticiones por tratamiento.

La paja de trigo tratada se utilizó previamente como sustrato para cultivar el hongo comestible *Pleurotus florida* durante 60 d. Después de la cosecha, la paja que quedó se utilizó para alimentar a los borregos.

Las dietas consistieron en 70 % de paja de trigo (PST o PT) y 30 % de un concentrado balanceado (67 % de maíz molido, 17 % de sorgo molido, 10 % de melaza, 5 % de harina de soya, 0.5 % de premezcla mineral y 0.5 % de sal común), destinado a cubrir los requerimientos de mantenimiento de estos animales (NRC 1985).

Los animales tuvieron un período de adaptación a las dietas de 15 d. El alimento se ofreció dos veces al día (8:00 y 4:00 h), con acceso libre al consumo de agua, la cual se cambió diariamente. En este período se ofreció el alimento *ad libitum* durante 10 d, para estimar el consumo diario por animal. Posteriormente, durante cinco días, se redujo al 90 %, con el propósito de asegurar que los animales consumieran la dieta en su totalidad. En los últimos tres días de adaptación, a cada animal se le colocó una bolsa recolectora de heces, para que cada uno se acostumbrara a ella.

Concluido este período, durante ocho días se recolectaron totalmente las heces, para de-

terminar la digestibilidad *in vivo* de la materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FND), fibra detergente ácido (FDA), celulosa y hemicelulosa. En las dietas y en las pajas (tratada y sin tratar) se determinó MS, PC y cenizas, según AOAC (1990) y la FND, FDA, celulosa, hemicelulosa y lignina, de acuerdo con van Soest *et al.* (1991). En las heces se realizaron las determinaciones antes señaladas, a excepción de la lignina.

Dos días antes de concluir la recolección de heces, y 3 h después de ofrecido el alimento de la mañana, se extrajo líquido ruminal a cada animal mediante la canula. Inmediatamente se midió el pH con un potenciómetro portátil y se tomaron muestras para determinar la concentración de AGV por cromatografía de gases (Erwin *et al.* 1961) y nitrógeno amoniacal (McCullough 1967).

En el último día del experimento se volvió a extraer líquido ruminal a todos los animales, para el conteo de bacterias totales (BT), bacterias celulolíticas (BC) y protozoarios. Se prepararon dos medios de cultivo anaerobios para BT y BC (Cobos y Yokoyama 1995). Para estimar la concentración de BT, se inoculó 1 mL de fluido ruminal con 9 mL de medio de cultivo en tubos de  $18 \times 150$  mm y se realizaron diluciones de  $10^{-1}$  a  $10^{-12}$ . Esta serie de diluciones se realizó por triplicado. Para estimar la concentración de BC se siguió el mismo procedimiento usado para BT, con diluciones de  $10^{-1}$  hasta  $10^{-10}$ . En ambos casos, la concentración de bacterias por mL de fluido ruminal se estimó con la técnica del número más probable (Harrigan y Cance 1990).

Para facilitar el conteo de protozoarios se mezcló 1 mL de líquido ruminal fresco con 1 mL de solución de Coleman (Williams y Coleman 1992) en tubos de cultivo de  $13 \times 100$  mm. El conteo se realizó con una cámara de Neubauer y un microscopio de contraste, a una magnificación total de 400X. Se estimó la media como el promedio de 20 observaciones por animal.

Los datos obtenidos se analizaron mediante una comparación de medias, utilizando una prueba de F (SAS 1999).

### Resultados

El contenido de MS en la paja tratada y sin tratar fue similar, pero sí hubo diferencias entre ambas ( $P < 0.05$ ), ya que en la paja tratada, usada para cultivar los hongos, aumentó el contenido de MO, PC, FND, FDA y celulosa. Sin embargo, el de hemicelulosa y cenizas disminuyó (tabla 1).

Los coeficientes de digestibilidad no mostraron diferencias entre los dos tratamientos (tabla 2). Los valores de pH, nitrógeno amoniacal, ácido acético, propiónico y butírico fueron similares en ambos. La concentración por mL de BT fue superior ( $P < 0.05$ ) en la paja tratada, sin que se encontraran diferencias entre las dos dietas en la concentración de BC o protozoarios (tabla 3).

Tabla 1. Análisis de la paja de trigo tratada con *Pleurotus florida* y sin tratar

Componentes	Paja de trigo sin tratar, %	Paja de trigo tratada, %	EE $\pm$
Materia seca	92.03	92.03	0.22
Materia orgánica	81.87 <sup>b</sup>	83.07 <sup>a</sup>	0.10
Proteína cruda	3.36 <sup>b</sup>	8.50 <sup>a</sup>	0.07
FND	75.85 <sup>b</sup>	79.49 <sup>a</sup>	0.37
FAD	51.14 <sup>b</sup>	61.80 <sup>a</sup>	0.39
Celulosa	25.70 <sup>b</sup>	42.82 <sup>a</sup>	1.51
Hemicelulosa	24.71 <sup>a</sup>	17.68 <sup>b</sup>	0.55
Lignina	12.45	11.50	0.25
Cenizas	10.16 <sup>a</sup>	8.96 <sup>b</sup>	0.19

<sup>ab</sup>Valores con distinta literal son diferentes ( $P < 0.05$ )

Tabla 2. Coeficientes de digestibilidad *in vivo* de las dietas experimentales

Componente	Paja de trigo sin tratar, %	Paja de trigo tratada, %	EE $\pm$
Materia Seca	64.03	67.37	4.51
Materia Orgánica	88.14	90.78	1.68
Proteína Cruda	53.89	43.00	4.61
FND	52.15	56.15	5.81
FAD	51.60	53.31	6.30
Celulosa	56.46	62.19	4.89
Hemicelulosa	52.82	64.94	4.97

Tabla 3. pH ruminal, nitrógeno amoniacal, número de bacterias totales, celulolíticas y protozoarios en borregos alimentados con paja de trigo sin tratar (DPST) o tratada con *P. florida* (DPT)

Indicadores	Paja de trigo sin tratar	Paja de trigo tratada	EE ±
Bacterias totales mL <sup>-1</sup> x 10 <sup>10</sup>	0.30 <sup>a</sup>	1.83 <sup>b</sup>	0.27
Bacterias celulolíticas mL <sup>-1</sup> x 10 <sup>7</sup>	2.48	2.13	0.75
Protozoarios mL <sup>-1</sup> x 10 <sup>5</sup>	5.26	7.46	0.90
pH ruminal	6.45	6.62	0.16
Nitrógeno amoniacal, mg dL <sup>-1</sup>	2.03	1.58	0.78
Acido acético, mmolL <sup>-1</sup>	16.63	12.20	1.19
Acido propiónico, mmolL <sup>-1</sup>	4.93	4.07	2.00
Acido butírico, mmolL <sup>-1</sup>	3.45	4.85	2.45

<sup>ab</sup>Valores con distinta literal son diferentes (P<0.05)

### Discusión

El contenido de MS en la paja tratada y sin tratar fue similar, lo que se corresponde con lo obtenido por Apréiz (1989), Coronel y Martínez (1995) y Aceves (1997), quienes tampoco encontraron diferencias significativas con respecto al contenido de MS de la paja tratada y sin tratar. También coincide con los resultados de Kishan *et al.* (1990), Jung *et al.* (1992), Kerem *et al.* (1992) y Triparthi y Yadav (1992), los que informaron pérdidas en el contenido de los sustratos utilizados.

El contenido de MO fue mayor en la paja de trigo tratada que en la no tratada (P < 0.05), presentando ésta un menor contenido de cenizas con respecto a la paja testigo. Estos resultados contrastan con los obtenidos por Langar *et al.* (1980), quienes observaron que durante la fructificación de *Pleurotus ostreatus* sobre la paja de trigo, la materia orgánica y otros componentes de la pared celular, excepto la lignina, disminuyeron su contenido después de la cosecha. Ortega *et al.* (1986) informaron que el contenido de cenizas aumentó a los 60 d de incubada la paja de cebada con *Pleurotus ostreatus*, debido a que hubo posiblemente una mayor utilización de materia orgánica por parte del hongo.

En otro estudio en el que se incubó *Pleurotus ostreatus* en una combinación de 50 % de paja de trigo y 50 % de ensilado de

algodón, se encontró que la pérdida de materia orgánica fue baja al combinar pajas tratadas (Silanikove *et al.* 1988). Por otra parte, al cultivar dos hongos *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus florida* en paja de cebada, se encontró que la materia orgánica de la paja tratada con *Pleurotus florida* tuvo un coeficiente de digestibilidad mayor que el de la paja tratada con *Pleurotus ostreatus*, en tanto que la menor digestibilidad la tuvo la paja sin tratar (Coronel y Martínez 1995). También Karunanandaa *et al.* (1995) informaron pérdidas de materia orgánica en paja de arroz tratada con hongos de la pudrición blanca, principalmente en el momento de la fructificación.

Se observó una mayor concentración de proteína cruda en la paja de trigo tratada con respecto a la no tratada (P < 0.05). Iguales resultados obtuvieron Coronel y Martínez (1995) y Coronel y Ortega (1998), quienes encontraron diferencias significativas en paja de trigo y cebada, tratadas con especies del género *Pleurotus* y concluyeron que este incremento en la proteína cruda se debía a la presencia de tallos y cuerpos fructíferos del hongo en el sustrato, los que quedan después de la cosecha. Rao y Naik (1990), al utilizar *Pleurotus ostreatus*, incubado en paja de trigo, para romper el complejo ligno-celulosa, y después ofrecer la paja tratada a animales rumiantes, encontraron que mejoró el consumo y aumentó el

porcentaje de proteína cruda de las pajas. Estos mismos autores plantean que algunos microorganismos asociados con el hongo tienen la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, lo que resulta en mayor contenido de nitrógeno en las pajas tratadas. Sin embargo, Ortega *et al.* (1986) y Aceves (1997), no informaron diferencias significativas en los valores de proteína cruda, ya sea en la paja de trigo tratada como en la sin tratar.

La FND y FAD fueron mayores en la paja de trigo tratada con el hongo que en la testigo ( $P < 0.05$ ). Estos resultados contrastan con los de Coronel y Martínez (1995) y Aceves (1997), quienes no encontraron diferencias significativas con respecto a la FND entre la paja de trigo y cebada, tratadas con especies de hongos del género *Pleurotus*, y la paja sin tratar, aunque sí observaron aumento no significativo en FAD. Asumieron así que las cepas de *Pleurotus* utilizaron estos componentes como fuente de energía. Ortega *et al.* (1986) observaron disminución en la paredes celulares (FND) a los 45 y 60 d después de incubada la paja de cebada con *Pleurotus ostreatus*. En un estudio de Silanikove *et al.* (1988), en el que se utilizaron tres sustratos para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*, al combinar 50 % de paja de trigo y 50 % de ensilado de algodón, se encontró que las pérdidas del complejo lignina-carbohidrato fueron significativas, con lo que se incrementó el contenido de fibra detergente soluble, y mejoró la calidad del sustrato. Por esto, se puede pensar que el sustrato sobre el que se inocula este hongo influye en los cambios de los componentes de la fibra. Calzada *et al.* (1987a), al incubar *Pleurotus ostreatus* en paja de trigo y pulpa de café, encontraron pérdidas en FND y en carbohidratos estructurales.

La celulosa fue mayor en la paja tratada, no sucedió así con la hemicelulosa y las cenizas, las que resultaron mayores en la paja de trigo sin tratar ( $P < 0.05$ ). Por otra parte, el contenido de lignina fue menor en la paja de trigo tratada con *Pleurotus florida*, con respecto a la sin tratar, aunque no hubo diferencias significativas entre tratamientos. Estos resultados son similares a los de Gintevorá y Lazarová

(1987 y 1988), quienes al incubar *Pleurotus ostreatus* en paja de trigo, observaron que la hemicelulosa y lignina eran descompuestas en mayor cantidad que la celulosa. Debido a que son dos componentes energéticos, se metabolizan casi en la misma proporción, durante la fase de crecimiento del hongo. Moyson y Verachtert (1991) y Jung *et al.* (1992) observaron que la lignina no es el único componente que se degrada durante el crecimiento fungal, y asumieron que la energía liberada durante la ruptura de la lignina no es suficiente para el crecimiento del hongo, por lo que otros componentes como la glucosa, hemicelulosa y celulosa, se utilizan como fuente de energía para el desarrollo del hongo. Esto depende en gran parte de la especie y la cepa que se emplee. López y González (1997) plantean que antes de la formación del cuerpo fructífero, la degradación de hemicelulosa, celulosa y lignina presenta pocas alteraciones. Sin embargo, en el momento de la fructificación, y hasta después de la cosecha, la cantidad de estos compuestos se reduce hasta en 80 %. Ortega *et al.* (1986) y Tsang *et al.* (1987) al trabajar con especies del hongo *Pleurotus*, encontraron en el sustrato utilizado mayor disminución del contenido de celulosa y hemicelulosa que de lignina. Langar *et al.* (1980), Yamakawa *et al.* (1992ab) y López y González (1997) afirman que durante la fructificación del *Pleurotus ostreatus*, la materia orgánica y otros componentes de la pared celular, excepto la lignina, disminuyen su contenido después de la cosecha, la hemicelulosa casi desaparece y la celulosa baja en 50 %. Coronel y Martínez (1995) no encontraron diferencias en el contenido de celulosa, tanto en la paja de cebada tratada como en la no tratada, por lo que concluyeron que las cepas del hongo *Pleurotus*, usaron hemicelulosa como fuente de energía. También informaron menor contenido de lignina en la paja de cebada tratada, aunque no hubo diferencias significativas. Atribuyeron estos resultados a las bajas temperaturas y a las variaciones en la humedad relativa, las que se presentaron durante el crecimiento y desarrollo del hongo, así como también a otros factores como

el tiempo de incubación en el sustrato, su composición, la actividad enzimática y el genotipo de la cepa. Sin embargo, Ortega *et al.* (1986) informaron al trabajar con paja de cebada, inoculada por 45 o 60 d, aumento en la lignina, aunque no fue significativo. Esto tuvo su explicación por la disminución del porcentaje de FND, hemicelulosa y celulosa, el cual provoca mayor concentración de lignina. También agregan que el alto contenido de lignina en las pajas tratadas puede deberse a la gran variabilidad genética entre cepas de *Pleurotus ostreatus*, las que tienen diferencias en cuanto a la cinética con la que degradan los diferentes componentes del sustrato utilizado, ya que tienen cepas incapaces de producir enzimas fenoloxidasas, encargadas de la degradación de la lignina (Leal 1982).

Los mayores coeficientes de digestibilidad se observaron en el tratamiento de paja tratada, exceptuando a la proteína cruda, aunque estas diferencias no fueron significativas. En estudios (Calzada *et al.* 1987b) con borregos alimentados con paja de cebada y trigo, inoculada con hongos del género *Pleurotus*, se obtuvo una mayor digestibilidad de la MS, FND, FAD y celulosa que la encontrada en este trabajo. Sin embargo, la composición del sustrato en el que se cultivan los hongos, la duración del cultivo y las cepas que se utilicen, afectan la degradación de los diferentes componentes de la paja (Mester y Tien 2000 y Kapich *et al.* 2004). Así lo demuestra el trabajo de Bis'ko y Bilav (1992), quienes cultivaron tres cepas diferentes de *P. ostreatus* en tres sustratos (paja de trigo, residuos de lino y residuos de girasol). Estos se analizaron antes de inocularlos con el hongo, después del crecimiento del micelio y al aparecer los cuerpos fructíferos. La utilización de celulosa y lignina fue diferente en dependencia de la cepa utilizada. La pérdida de celulosa fue mayor en el período de crecimiento y durante la aparición de los cuerpos fructíferos; mientras que, después de la aparición de ellos, se utilizó la celulosa y lignina de manera similar, exceptuando los residuos de girasol, en los que hubo mayor utilización

de lignina. Esto se atribuye a la mayor actividad de las enzimas fúngicas monofenol-monoxigenasa y endo-1,4- $\beta$ -glucanasa en el girasol, que a su vez depende de la disponibilidad de oxígeno y de la interacción del micelio con el sustrato.

Karunanandaa *et al.* (1995) estudiaron diferentes fracciones botánicas de paja de arroz (hoja o tallo), colonizadas por varios hongos de la pudrición blanca, *Cyathus stercoreus* (Cs), Atcc-36910, *Phanerochaete chrysosporium* (Pc) BKM y *Pleurotus sajor-caju* (Ps) 537, e informaron que en la paja testigo la digestibilidad *in vitro* fue similar para hojas y tallos. En la paja tratada con Cs y Ps aumentó la digestibilidad de las hojas, debido a una mayor degradación de hemicelulosa que de celulosa. En contraste, Pc degradó en forma similar la hemicelulosa y celulosa de las hojas, reduciendo la digestibilidad de la paja una vez cosechado el hongo, en tanto que solamente Ps aumentó la digestibilidad de los tallos. Estos autores concluyen que el aumento en la digestibilidad de las pajas tratadas con hongos, depende de la especie de hongo, sustrato y fracciones botánicas de ésta.

Todos estos factores afectan el aprovechamiento de las pajas utilizadas para el cultivo de hongos por parte de los animales que las consumen. En este estudio no se observaron diferencias en la digestibilidad de las dietas que contenían paja tratada y sin tratar. Aunque disminuyó el contenido de lignina en la paja tratada, esta disminución no fue significativa, lo que coincide con lo observado por otros autores (Adamovic *et al.* 1998). Esto pudo ocasionar que otros componentes de la paja tratada no fueran degradados en el rumen en una mayor proporción que los de la paja no tratada.

En cuanto al pH y a la concentración de nitrógeno amoniacal en el rumen, no se encontraron diferencias significativas al proporcionar las dos dietas. Estos resultados son similares a los encontrados por Henics (1987), quien no observó diferencias cuando utilizó paja de trigo tratada con *Pleurotus ostreatus* para alimentar novillos.

Tampoco se encontraron diferencias en la concentración de ácidos grasos volátiles entre los dos tratamientos. Esto resulta similar a lo observado por Jalc *et al.* (1994), quienes al realizar la fermentación ruminal *in vitro* de paja de trigo sin tratar y tratada con hongos de la pudrición blanca, no encontraron diferencias en la concentración de ácidos grasos volátiles, ni en la producción total de masa microbiana, lo que podría indicar que el crecimiento del hongo en la paja no afecta la fermentación ruminal, ni el desarrollo de los microorganismos ruminales.

El contenido de bacterias totales fue mayor ( $P < 0.05$ ) en el tratamiento con paja tratada. Sin embargo, la concentración promedio determinada en ambos tratamientos se encontró en el rango normal inferior de bacterias ruminales totales ( $10^{10}$ - $10^{12}$  bacterias por mL de fluido ruminal) (Cobos 1994). Esto pudo contribuir a que no se observaran diferencias en otras variables, como lo es la digestibilidad.

La concentración de bacterias celulolíticas fue similar en ambos tratamientos y se encuentra dentro de valores normales ( $10^7$  bacterias por mL de fluido ruminal) (Vélez y Cobos 1997). Encontrar concentraciones similares de estas bacterias en las dos dietas indica que el crecimiento del hongo en la paja no afecta ciertos factores que determinan la concentración de bacterias celulolíticas, como son el pH ruminal y las características propias del forraje, por lo que tampoco influyó en el nivel de hidrólisis de celulosa (Dehority y Tirabasso 1998).

Con respecto a la concentración de protozoarios ruminales por mL de fluido ruminal, tampoco se observaron diferencias significativas entre tratamientos. La concentración determinada se encuentra dentro del intervalo normal ( $10^4$ - $10^6$ ) (Cobos 1994), lo que demuestra que el cultivo de *Pleurotus florida* en paja de trigo no afecta la viabilidad de bacterias y protozoarios ruminales.

Los resultados de este trabajo indican que al tratar la paja con el hongo *Pleurotus florida* no mejoró su digestibilidad. Sin embargo, demuestran que es posible usar la paja de trigo, que ha sido utilizada como sustrato para culti-

var este hongo, en dietas para ovinos, sin que se afecte la digestibilidad de la ración o la población microbiana del rumen.

## Referencias

- Aceves, O. J. 1997. Evaluación nutricional de la paja de trigo tratada con el hongo *Pleurotus ostreatus* en ovinos. Tesis de Maestría. Centro de Ganadería. Colegio de Postgraduados. 100 pp
- Adamovic, M., Grubic, G., Milenkovic, I., Jovanovic, R., Protic, R., Sretenovic, L. & Stoicevic, L. 1998. The biodegradation of wheat straw by *Pleurotus ostreatus* mushrooms and its use in cattle feeding. Anim. Feed Sci. Technol. 71:357
- Agosin, E., Monties, B. & Odier, E. 1985. Structural changes in wheat straw components during decay by lignin-degrading white-rot fungi in relation to improvement of digestibility for ruminants. J. Sci. Food Agric. 36:925
- Agosin, E., Tollier, M.T., Brillouet, J.M., Thivend, P. & Odier, E. 1986. Fungal pretreatment of wheat straw: Effects on the biodegradability of cell walls, structural polysaccharides, lignin and phenolic acids by rumen microorganisms. J. Sci. Food Agric. 37:97
- Akin, D.E., Borneman, W.S., Rigsby, L.L. & Martin, S.A. 1993. P-coumaroyl and feruloyl arabinoxylans from plant cell walls as substrates for ruminal bacteria. Appl. Environ. Microbiol. 59:644
- AOAC 1990. Official Methods of Analysis. Ass. Off. Anal. Chem. 15<sup>th</sup> Ed. Washington, D.C.
- Apráez, G.J.E. 1989. Evaluación de la digestibilidad y paredes celulares de la pulpa de café inoculada con el hongo *Pleurotus ostreatus*. Tesis de Maestría. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. División de Estudios de Postgrado. UNAM. México, D. F. 65 pp.
- Arora, D.S., Chander, M. & Gill, P.K. 2002. Involvement of lignin peroxidase, manganese peroxidase and laccase in degradation and selective ligninolysis of wheat straw. Int. Biodeterioration Biodegradation 50:115
- Bis'ko, N.A. & Bilay, V.T. 1992. The growth of *Pleurotus ostreatus* on lignocellulosic materials. Micol. Neotrop. Appl. 5:49
- Calzada, J.F., de León, R., de Arriola, M.C. & Rolz, C. 1987a. Growth of mushrooms on wheat straw and coffee pulp: Strain selection. Biological Wastes 20:217
- Calzada, J.F., Franco, L.F., de Arriola, M.C., Rolz, C. & Ortiz, M.A. 1987b. Acceptability, body



- weight changes and digestibility of spent wheat straw after harvesting of *Pleurotus sajor-caju*. *Biological Wastes* 22:303
- Chesson, A., Stewart, C.S. & Wallace, R.J. 1982. Influence of plant phenolic acids on growth and cellulolytic activity of rumen bacteria. *Appl. Environ. Microbiol.* 44:597
- Cobos, M.A. 1994. Microbiología del rumen. En: Producción de carne bovina en corrales. Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México. p.165
- Cobos, M.A. & Yokoyama, M.Y. 1995. *Clostridium paraprutificum* var. Ruminantium: colonisation and degradation of shrimp carapaces *in vitro* observed by scanning electron microscopy. En: Rumen Ecology Research Planning. Proc. of Workshop held at International Livestock Research Institute. Addis Abeba, Etiopía. Nairobi, Kenya. p. 151
- Coronel, R.U. & Martínez, J.S. 1995. Efecto de la inoculación del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* sobre el valor nutricional de la paja usada en la alimentación de rumiante. Tesis de Licenciatura. Departamento de Zootecnia. UACH. Chapingo, México. 111 pp
- Coronel, R.U. & Ortega, C.M.E. 1998. Effect of feeding barley straw upgraded by *Pleurotus* in sheep. *Proc. Nutr. Soc.* 57:81A.
- Dehority, B.A. & Tirabasso, P.A. 1998. Effect of ruminal cellulolytic bacterial concentrations on *in situ* digestion of forage cellulose. *J. Anim. Sci.* 76:2905
- Erwin, E.S., Marco, G.J. & Emery, E. 1961. Volatile fatty acid analysis of blood and rumen fluid by gas chromatography. *J. Dairy Sci.* 44:1768
- Ginterová, A. & Lazarová, A. 1987. Degradation dynamics of lignocellulose materials by wood-rotting *Pleurotus* fungi. *Folia Microbiol.* 32:434
- Ginterová, A. & Lazarová, A. 1988. Energy transformation of lignocellulosics into fruit bodies of the wood-rotting fungus *Pleurotus*. *Folia Microbiol.* 34:141
- Harrigan, W.F. & Cance, E.Mc. 1990. Laboratory methods in food and dairy microbiology. 8<sup>th</sup> Ed. Harrigan, W.F. (Eds.). Academic Press, Great Britain. 452 p.
- Henics, Z. 1987. Wheat straw upgraded by *Pleurotus ostreatus*. *World Rev. Anim. Prod.* 23:56
- Hofrichter, M. 2002. Review: Lignin conversion by manganese peroxidase (MnP). *Enzyme Microbial Technol.* 30:454
- Jalc, D, Zitnan, T. & Nerud, F. 1994. Effect of fungus-treated straw on ruminal fermentation *in vitro*. *Anim. Feed Sci. Technol.* 46:131
- Jung, H.G. & Fahey, G.C. 1983. Nutritional implications of phenolic monomers and lignin. A review. *J. Anim. Sci.* 57:206
- Jung, H.G., Valdez, F.R., Abad, A.R., Blanchette, R.A. & Hatfield, R.D. 1992. Effect of white rot basidiomycetes on chemical composition and *in vitro* digestibility of oat straw and alfalfa stems. *J. Anim. Sci.* 70:1928
- Kapich, A. N., Prior, B. A., Botha, A., Galkin, S., Lundell, T. & Hatakka, A. 2004. Effect of lignocellulose-containing substrates on production of ligninolytic peroxidases in submerged cultures of *Phanerochaete chrysosporium* ME-446. *Enzyme Microbial Technol.* 34:187
- Karunanandaa, K., Varga, G.A., Akin, D.E., Rigsby, L.L. & Royse, D.J. 1995. Botanical fractions of rice straw colonized by white-rot fungi: changes in chemical composition and structure. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 55:179
- Kerem, Z., Friejem, D. & Hadar, Y. 1992. Lignocellulose degradation during solid-state fermentation: *Pleurotus ostreatus* vs *Phanerochaete chrysosporium*. *Appl. Environ. Microbiol.* 58:1121
- Kishan, S., Ral, S.N., Flegel, T.W. & Neelakantan, S. 1990. Solid substrate fermentation of ground on un-ground wheat straw with *Pleurotus ostreatus*. *Indian J. Anim. Sci.* 60:1230
- Koroleva, O., Gavrilova, P.V., Stepanova, V.E., Lebedeva, I.V., Sverdlova, N.I., Landesman, O.E., Yavmetdinov, S.I. & Yarapolov, A.I. 2002. Production of lignin modifying enzymes by co-cultured white-rot fungi *Cerrena maxima* and *Coriolus hirsutus* and characterization of laccase from *Cerrena maxima*. *Enzyme Microbial Technol.* 30:573
- Langar, P.N., Sehgal, J.P. & Garcha, H.S. 1980. Chemical changes in wheat and paddy straws after fungal cultivation. *Indian J. Anim. Sci.* 50:942
- Leal, L.L. 1982. 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. p. 82
- López, C.E.A. & González, A. 1997. Cultivo de hongos comestibles (setas). Manual técnico para el cultivo de hongo seta (*Pleurotus ostreatus*). Programa de capacitación y extensión. Alianza para el Campo. México.
- McCullough, H. 1967. The determination of ammonia in whole blood by direct colorimetric method. *Clin. Chem. Acta* 17:297

- Mester, T. & Tien, M. 2000. Oxidation mechanism of ligninolytic enzymes involved in the degradation of environment pollutants. *Int. Biodeterioration Biodegradation*. 46:51
- Moyson, E. & Verachtert, H. 1991. Growth of higher fungi on wheat straw and their impact on the digestibility of the substrate. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 36:421
- NRC 1985. Nutrient requirements of sheep. National Academy Press. Washington, D.C. 99 pp
- Ortega, C.M.E., Can, A.B., Herrera, P.F. & Pérez-Gil, R.F. 1986. Efecto de la inoculación del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* en la composición química y digestibilidad de la paja de cebada. *Arch. Latinoamer. Nutr.* 36:345
- Permana, I.G., Mba, C. & Zadrazil, F. 2000. Use of sugarcane bagasse for mushroom and animal feed production. *Proc. International Society for Mushroom Sci. Congress. Maastricht, The Netherlands.* p. 110
- Rao, R. & Naik, D.G. 1990. Influence of two levels of N and S on the growth and lignolytic ability of *Pleurotus ostreatus* on wheat and paddy straws. *Indian J. Anim. Nutr.* 7:71
- Ruiz-Dueñas, F.J., Guillén, F., Camarero, S., Perez-Boada, M., Martínez, M.J. & Martínez, A.T. 1999. Regulation of peroxidase transcript levels in liquid cultures of the ligninolytic *Pleurotus eryngii*. *Appl. Environ. Microbiol.* 65:4458
- SAS 1999. User's guide statistics. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA
- Saparrat, C.N.M., Guillén, F., Arambarri, M.A., Martínez, T.A. & Martínez, M.J. 2002. Induction, isolation, and characterization of two laccases from the white rot basidiomycete *Corioloropsis rigida*. *Appl. Environ. Microbiol.* 68:1534
- Silanikove, N., Danai, O. & Levanon, D. 1988. Composted cotton straw silage as a substrate for *Pleurotus* sp. cultivation. *Biol. Wastes.* 25:219
- Tripathi, J.P. & Yadav, J.S. 1992. Optimisation of solid substrate fermentation of wheat straw into animal feed by *Pleurotus ostreatus*: a pilot effort. *Anim. Feed Sci. Technol.* 37:59
- Tsang, L.J., Reid, I.D. & Coxworth, E.C. 1987. Delignification of wheat straw by *Pleurotus* spp. under mushroom growth conditions. *Appl. Environ. Microbiol.* 53:1304
- Tuomela, M. 2002. Degradation of lignin and other 14C-labelled compounds in compost and soil with an emphasis on white-rot fungi. Academic dissertation in Microbiology. Department of Applied Chemistry and Microbiology. Division of Microbiology. University of Helsinki, Finland. 82 p.
- Tuomela, M., Vikman, M., Hatakka, A. & Itävaara, M. 2000. Biodegradation of lignin in a compost environment: a review. *Bioresource Technol.* 72:169
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B. & Lewis, B.A. 1991. Methods of dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3583
- Vélez, H.L. & Cobos, P.M. 1997. Comparación de la digestibilidad *in vitro* de tres leguminosas entre bacterias cecales de la iguana negra, del conejo y bacterias ruminales. XV Simposio General Manuel Cabrera Valtierra. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. p. 174
- Williams, A.G. & Coleman, G.S. 1992. The rumen protozoa. *Brock/Springer Series in Contemporary Bioscience.* Springer-Verlag, New York, Inc. 439 p.
- Yamakawa, M., Abe, H. & Okamoto, M. 1992a. Effect of incubation with edible mushroom, *Pleurotus ostreatus*, on *in vitro* degradability of rice straw. *Anim. Sci. Technol.* 63:180
- Yamakawa, M., Abe, H. & Okamoto, M. 1992b. Effect of incubation with edible mushroom, *Pleurotus ostreatus* on voluntary intake and digestibility of rice straw by sheep. *Anim. Sci. Technol.* 63: 129
- Zadrazil, F. 1984. Microbial conversion of lignocellulose into feed. Eds. Sundstol, F. and Oven, E. Straw and other fibrous byproducts as feed. Elsevier. New York. p. 276

**Recibido: 31 de julio de 2003.**



Primer Congreso Internacional de Producción Animal  
 Tercer Congreso Internacional sobre Mejoramiento Animal  
 Primer Congreso Internacional sobre Ganadería Sostenible

*7 al 11 de noviembre de 2005*

*Palacio de las Convenciones de La Habana*

**Organizadores:**

Asociación Cubana de Producción Animal (ACPA)  
 Instituto de Ciencia Animal (ICA)  
 Centro de Investigaciones para el Mejoramiento Animal (CIMA)  
 Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes (IIPF)

**Para más información contacte a:**

Elio Perón Mirabal  
 Calle 10 No. 351 e/ 15 y 17, C.P. 12300  
 Ciudad de la Habana, Cuba  
 Tel.: (53-7) 8301464/8337802  
 Telefax: (53-7) 8365366  
 Correo electrónico: [acpa@acpa.co.cu](mailto:acpa@acpa.co.cu)