



Reseña

Utilización de residuos lignocelulósicos provenientes de la producción de setas comestibles en la alimentación animal

Action Mechanisms of Fibrolytic Enzymes in Ruminant Nutrition

Silvio José Martínez Sáez *, Lourdes Crespo Zafra *, Danays Palacio Collado *

* Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Cuba.

Correspondencia: silvio.martinez@reduc.edu.cu

Recibido: Noviembre, 2022; Aceptado: Noviembre, 2022; Publicado: Diciembre, 2022.

RESUMEN

Antecedentes: La utilización de hongos utilizando como materia prima residuos lignocelulósicos de baja digestibilidad ha mostrado ser parte importante del reciclado de productos y sus desechos. Las enzimas producidas transforman el sustrato y lo mejoran para su posterior uso. **Objetivo.** Mostrar una reseña sobre la utilización de los residuos de producción de setas comestibles en la alimentación de los animales. **Desarrollo:** El residual de la producción de setas es el sustrato o compost que queda después de la cosecha de los hongos. Dicho compost contiene las materias primas usadas (paja, cáscara, etc.) y algún compuesto añadido como la urea u otra fuente de nitrógeno. Además, la acción de los micelios sobre el compost puede mejorar su valor nutritivo. Los hongos comestibles poseen compuestos altamente bioactivos y son una buena fuente de prebióticos que contienen azúcares de cadena corta. Del total de setas producidas, alrededor de una quinta parte quedan en la cama donde aportan valor nutricional y medicinal. Los cambios en el valor nutritivo han sido valuados con técnicas que van desde el esquema Weende hasta determinaciones de la digestibilidad *in vitro*, *in situ* e *in vivo*. **Conclusiones:** Los estudios llevados a cabo por los autores de referencia muestran que los residuos de producción de setas comestibles a partir de fuentes de baja calidad (y en específico los residuos de cosecha del arroz), pueden ser usados para la alimentación de los animales y que es necesaria su evaluación por métodos adecuados.

Palabras clave: alimentación, animales, hongos (*Fuente: DECS*)

ABSTRACT

Key words:

Como citar (APA) López Zaldivar, Y., & Torres Rodriguez, A. (2022). Aditivos inmunoestimulantes en la dieta de especies de tilapias (*Oreochromis ssp.*). *Revista de Producción Animal*, 34(3). <https://rpa.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/e4305>



©El (los) autor (es), Revista de Producción Animal 2020. Este artículo se distribuye bajo los términos de la licencia internacional Attribution-NonCommercial 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), asumida por las colecciones de revistas científicas de acceso abierto, según lo recomendado por la Declaración de Budapest, la que puede consultarse en: Budapest Open Access Initiative's definition of Open Access.

INTRODUCCIÓN

Las setas comestibles incluyen un variado grupo de hongos que pueden ser cultivados y son muy apreciados por la gastronomía y la población en general. Se trata de una fuente sana y ecológicamente viable de proteínas para los seres humanos. Se producen sobre un sustrato que suele ser un desecho y que tiene poca utilidad si se tratara de usar tal cual es. Ese sustrato es modificado por la producción por parte del hongo en crecimiento de enzimas exógenas capaces de mejorarlo para su posterior uso en la alimentación animal (Bhardwaj *et al.*, 2021). La producción de alimentos es una necesidad cada vez más perentoria y en la misma juega un papel importante la cría de animales para su consumo por los humanos de los animales mismos o sus producciones. Para lograr una agricultura sostenible, la utilización de hongos ha mostrado ser parte importante del reciclado de productos y sus desechos, sus enzimas transforman el sustrato y lo convierten en útil para su posterior uso (Pratheesha *et al.*, 2020).

Por tanto, uno de los usos de los residuales de la producción de setas, sin dudas de vital importancia, es la alimentación animal dado que se puede, con el uso de estos hongos, mejorar la calidad nutricional de sustratos lignificados como los residuos de cosecha del arroz y otros similares. Además, produce ciertas cantidades de alimentos para los humanos y otros monogástricos (Palangi *et al.*, 2022).

En general, la mayoría de las publicaciones se han concentrado en los hongos, sin embargo, los artículos referidos a su residuo y el valor agregado que tienen son insuficientes (Urrego *et al.*, 2013).

El presente trabajo tiene como objetivo mostrar una reseña sobre la utilización de los residuos de producción de setas comestibles en la alimentación de los animales.

DESARROLLO

Las setas comestibles como alternativa

Hay una demanda cada vez mayor de productos alimenticios sanos y producidos de forma amigable con el medio ambiente, particularmente en países en desarrollo. Son por tanto necesarias opciones para la producción de alimentos de alto contenido proteico como las setas comestibles obtenidas a partir de subproductos de la agroindustria (FAO, 2016; Aguilar *et al.*, 2017).

Cada año, la agroindustria genera residuos lignocelulósicos de muy baja calidad nutricional (Márquez, 2021), esencialmente pajas y cáscaras (las de arroz son típicas) que pueden usarse para alimentar rumiantes. La principal limitación es su baja digestibilidad promedio; lento pasaje en el rumen, bajos niveles de producción de propionato y bajo contenido de nitrógeno fermentable y proteína sobre pasante. (Heuze y Tran, 2013).

Posible uso de subproductos en la alimentación animal y métodos de evaluación

En general, la alimentación es el elemento de mayor costo en la producción animal y utilizar residuos tales como los provenientes de la producción de hongos comestibles puede reducirlo. El uso de este tipo de subproducto es también una forma de protección del medio ambiente (Ojha *et al.*, 2019; Palangi *et al.*, 2022).

El cultivo de setas es un sistema biotecnológico eficiente, en el que ya se logran, según Pihna-Guzmanny Nieto (2016), altos rendimientos y buena productividad con pocos controles ambientales. De acuerdo con estos autores, las setas tienen tiempos de crecimiento cortos, crecen en un amplio intervalo de temperaturas y gran habilidad para utilizar diversos materiales lignocelulósicos como sustrato. El residual de la producción de setas es el sustrato o compost que queda después de la cosecha de los hongos. Dicho compost contiene las materias primas usadas (paja, cáscara, etc.) y algún compuesto añadido como la urea u otra fuente de nitrógeno. Además, la acción de los micelios sobre el compost puede mejorar su valor nutritivo (El-Waziry y Alkoaik, 2016; Narváez *et al.*, 2021; Palangi *et al.*, 2022).

Del total de setas producidas, alrededor de una quinta parte quedan en la cama donde aportan valor nutricional y medicinal (prebiótico). Urrego *et al.* (2013) hicieron la caracterización nutricional de un residuo de producción de setas comestibles. Los estudios de los cambios en el valor nutritivo se han llevado cabo no solo por la evaluación de la composición química (PB, Fibra Bruta - FB, FND, etc) sino también de su digestibilidad *in vitro* y en pruebas con animales, y se ha probado su efectividad. Hay autores que afirman que pueden ser usados no solo en rumiantes, sino también en monogástricos, en dependencia del sustrato inicial y de su manejo con productos adicionales (El-Waziry y Alkoaik, 2016; Narváez *et al.*, 2021).

El sustrato residual de la producción de hongos comestibles es una biomasa asociada a la actividad metabólica de los micelios durante el crecimiento. Palangi *et al.* (2022) estudiaron el cambio en las características de los sustratos a partir de su uso en la producción de hongos. Se muestra una reducción en los niveles de fibra y consecuentemente un aumento en la digestibilidad *in vitro*. De acuerdo con los resultados, el sustrato donde fueron cultivados los hongos mejora su fermentabilidad *in vitro* y puede ser usado en la alimentación de rumiantes. En trabajo publicado por Yagi *et al.* (2019) sobre *Pleurotus ostreatus*, donde se emplearon métodos para evaluar la actividad de la hidrolasa sobre los extractos se demuestra que se mejoró la calidad de dichos alimentos para su uso en animales debilitados por el estrés por calor. En un estudio llevado a cabo por Kazige *et al.* (2022) en la república del Congo con el objetivo de contribuir a la seguridad alimentaria (producción hongos *Pleurotus ostreatus*), se encontraron buenos rendimientos al mezclar los residuos agrícolas con pequeñas cantidades de estiércol vacuno.

Durante un estudio comparativo Márquez (2021) encontró que el contenido de cenizas disminuyó en un 9 % mientras que la proteína bruta se incrementó en cerca de un 3 %. La degradabilidad *in vitro* de la materia seca fue superior después del crecimiento y recolección de las setas. El residuo libre de turba tuvo 12,4; 29,1; 26,1 y 39,6 % de Proteína Bruta (PB), Fibra Neutra Detergente (FND), Fibra Acido Detergente (FAD) y ceniza, respectivamente. El material contiene la mayoría de los elementos minerales lo que lo convierte en útil para la alimentación de animales

rumiantes. En evaluación de tales cambios en bagazo de caña (Narváez *et al.*, 2021) usado como sustrato inicial se midieron los cambios cuando se cosecharon *Pleurotusostreatus* y *Lentinulaedodes*. Se determinaron macro nutrientes, pH y la relación C/N. La biomasa final contiene una importante cantidad de macro y micronutrientes que lo valorizan para su uso en la alimentación animal y la mejora de los suelos (Stoknes *et al.* 2019).

Para evaluar un residuo de palma El-Waziry *et al.* (2016) usaron la determinación de la composición química y producción de gas *in vitro*. El líquido ruminal se obtuvo de tres chivos canulados que fueron alimentados con alfalfa y heno. La producción de gas se midió a las 3, 6, 9, 12 48 y 72 h de incubación. Los Valores de PB, Extracto etéreo (EE), FB y extracto libre de nitrógeno (ELN) aumentaron después de la producción de hongos. La producción de gas a las 72 h fue similar antes y después del tratamiento. Hubo diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los sustratos antes y después del tratamiento en la energía metabolizable y neta, así como en la digestibilidad de la materia orgánica y la proteína microbiana. Por otro lado, Urrego *et al.* (2013) que hicieron la caracterización nutricional de un residuo de producción de setas comestibles encontraron que son ricos en esteroides, vitamina D2, aminoácidos y polisacáridos, entre otros. No detectaron micotoxinas. Estos autores refieren posibles limitaciones como los bajos niveles de grasa, P, Cu, Zn, Ca y NaCl a tener en cuenta a la hora de usarlos en combinación con otros alimentos.

Los autores El-Waziry y Alkoaik (2016) que en su evaluación usan el esquema Weende coinciden en que, en el tratamiento de los residuos de palma con hongos, se mejora el valor nutritivo del sustrato convirtiéndolo en potencial fuente de alimento para rumiantes. Concierten en que el residuo de producción de setas es de gran calidad para su uso en rumiantes y que el uso de los hongos disminuye el contenido de fibra cruda en el sustrato mientras mejora la digestibilidad en general.

Los hongos comestibles contienen compuestos altamente bioactivos y son una buena fuente de prebióticos que contienen azúcares de cadena corta tales como la glucosa, fructosa, galactosa y N-acetilglucosamina que estimulan el crecimiento de microorganismos beneficiosos. En el estudio de su efecto prebiótico Balakrishnan *et al.* (2021) determinaron las propiedades prebióticas en base a la estimulación del efecto probiótico, la inhibición de patógenos y la tolerancia gastrointestinal (en amilasa, extracto de bilis y HCl). Los prebióticos provenientes de las setas estimulan el crecimiento de la microbiota del intestino con lo que confieren beneficios a la salud del hospedero. Los prebióticos provenientes de las setas se consideran una estrategia alternativa para prevenir o controlar los patógenos. Se concluye que dichos prebióticos mejoran la salud del animal en la misma medida que los probióticos.

El efecto prebiótico de los hongos comestibles ha sido también reportado por Kumar *et al.* (2021) quienes afirman que queda mucho por hacer en el aprovechamiento de los residuos de hongos comestibles.

Los residuos de cosecha del arroz

La paja de arroz es uno de los residuos lignocelulósicos más abundantes en el mundo. Contiene 32-43% de celulosa, 19-25% de hemicelulosa, 5-12% de lignina, y 18.8% de ceniza. Dicha complejidad estructural y baja digestibilidad de los residuos de cosecha de arroz es debida a la presencia de lignina que bloquea los microorganismos del rumen en su ataque. La lignina actúa como una barrera que debe ser eliminada para que los microorganismos logren hidrolizar los carbohidratos (Balasubramanian, 2013). Es potencialmente una buena fuente de energía, pero muy pobre en proteína (2-7 %) y de alto contenido de sílice. En un estudio de este sustrato; Sawangwan (2018) evaluaron la actividad prebiótica de siete hongos comestibles así como la presencia de carbohidratos totales y azúcares reductores. Se utilizó HPLC para las mediciones después de tres horas de extracción; se investigó el extracto del medio residual donde habían sido cultivados hongos (*Hericiumerinaceus*, *Pleurotusostreatus* y *Lentinulaedodes*). Se midió la actividad de las polisacárido-hidrolasas en los extractos usados para digerirla paja. La digestibilidad de la fibra neutra detergente se comparó por medio de análisis de la composición de azúcar en la FND residual después de la hidrólisis con ácido sulfúrico y tricloroacético. Se determinó también la actividad antioxidante del extracto. Los resultados sugieren que el aditivo podría ser efectivo en mejorar la eficiencia de los alimentos ofertados a animales débiles o afectados por el estrés calórico (Yagi *et al.*, 2019). En general, puede usarse como fuente de energía para rumiantes, pero requiere de tratamiento previo. El uso de hongos y sus exoenzimas es un método práctico y efectivo económicamente, que promete ser de gran utilidad para luego usar estos residuos en la alimentación de rumiantes (Malik *et al.*, 2015).

Un tratamiento por hongos de las materias primas lignocelulósicas, cáscara y paja de arroz, produjo un incremento de los niveles de proteína y de sustrato fermentable en el rumen. Además, aumentó el consumo diario por los animales y mejoró su estado de salud (Mahesh y Mohini, 2013).

La cáscara de arroz se ha identificado como posible alimento energético, pero su alto contenido de fibra y abrasividad limitan su uso. Ha sido tratada química y biológicamente (con el uso de hongos) para convertirla en un mejor alimento para rumiantes. En experimentos para comparar los tratamientos se aprecia que ambos son válidos para mejorar su posible uso por los rumiantes. Los químicos, sin embargo, no suelen ser muy amigables con el medio ambiente (Naseer *et al.*, 2017). En un estudio del efecto del uso de la cáscara como sustrato para setas comestible se concluyó que el tratamiento mejora notablemente su valor nutritivo (Ikpe *et al.*, 2019).

Al estudiar el *compost* que queda después del uso de los residuos de cosecha del arroz por medio de la digestibilidad *in vitro* e *in situ* y la respuesta de los animales se encontró que el valor nutritivo depende de varios factores entre los que se hallan los ingredientes añadidos que impactarán en su aceptabilidad y balance nutricional (Bilik *et al.*, 2020).

Los residuos de producción de las setas comestibles en la alimentación animal pueden además participar como componentes de los *compost* para la mejora en la calidad de los suelos y aumento del rendimiento de cultivos. Los fertilizantes logrados con la participación de estos residuos resultan ser de gran calidad (Unal *et al.*, 2019; Palangi, *et al.*, 2022).

CONCLUSIONES

Los estudios llevados a cabo por los autores de referencia muestran que los residuos de producción de setas comestibles a partir de fuentes de baja calidad (y en específico los residuos de cosecha del arroz), pueden ser usados para la alimentación de los animales y que es necesaria su evaluación por métodos adecuados.

REFERENCIAS

- Aguilar- Rivera, N., Llarena- Hernández, R. C., Michel- Cuello, C., Gámez- Pastrana, M. R., & de Jesús Debernardi- Vazquez, T. (2017). Competitive edible mushroom production from nonconventional waste biomass. *Future Foods*, 1. DOI: [10.5772/intechopen.69071](https://doi.org/10.5772/intechopen.69071)
- Balakrishnan, K., Dhanasekaran, D., Krishnaraj, V., Anbukumaran, A., Ramasamy, T., & Manickam, M. (2021). Edible mushrooms: A promising bioresource for prebiotics. In *Advances in Probiotics* (pp. 81-97). Academic Press.
- Balasubramanian, M.K. (2013). Potential utilization of rice straw for ethanol production by sequential fermentation of cellulose and xylose using *Saccharomyces cerevisiae* and *Pachysolentannophilus*. *International Journal of Science, Engineering, Technology and Research* 2: 1531-1535. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822909-5.00005-8>
- Bhardwaj, N., Kumar, B., Agrawal, K., & Verma, P. (2021). Current perspective on production and applications of microbial cellulases: A review. *Bioresources and Bioprocessing*, 8(1), 1-34. <https://bioresourcesbioprocessing.springeropen.com/articles/10.1186/s40643-021-00447-6>
- Bilik, B., AhmeAkdağ, A., & Ocak, N. (2020), The utilization of mushroom production wastes as feeds. Conference: II. *International Agricultural, Biological l& Life Science Conference*. En: <https://www.researchgate.net/lab/Nuh-Ocak-Lab>).
- El-Waziry, A., Alkoaik, F., Khalil, A., Metwally, H., & Fulleros, R. (2016). Nutrient components and in vitro digestibility of treated and untreated date palm wastes with mushroom (*Pleurotus florida*). *Adv. Anim. Vet. Sci*, 4(4), 195-199. DOI: [10.14737/journal.aavs/2016/4.4.195.199](https://doi.org/10.14737/journal.aavs/2016/4.4.195.199)
- El-Waziry, A., Alkoaik, F., Khalil, A., Metwally, H., & Fulleros, R. (2016). Nutrient components and in vitro digestibility of treated and untreated date palm wastes with mushroom (*Pleurotus florida*). *Adv. Anim. Vet. Sci*, 4(4), 195-199. https://researcherslinks.com/nexus_uploads/files/AAVS_MH20160217090224_El%20Waziry%20et%20al.pdf

- Change, C. (2016). Agriculture and Food Security. *The State of Food and Agriculture; FAO (Ed.)* FAO: Rome, Italy. <https://oarklibrary.com/file/2/352e0f51-894b-4447-94b8-0bd8e87c2e83/edd95bbe-1471-40c6-a3c6-107cd3333bfd.pdf>
- Yagi, F., Minami, Y., Yamada, M., Kuroda, K., & Yamauchi, M. (2019). Development of animal feeding additives from mushroom waste media of shochu lees. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 8(2), 215-220. <https://link.springer.com/article/10.1007/s40093-018-0234-6>
- Heuze, V., Tran, G., Boval, M., Noblet, J., Renaudeau, D., Lessire, M., & Lebas, F. (2013). Rice straw. *Feedipedia. org. A programme by INRA, CIRAD, AFZ and FAO*. <http://www.feedipedia.org/node/557> Last updated on March, 15(2013), 15.
- Ikpe, J. N., Oko, E. C., & Vining-Ogu, I. C. (2019). Potentials of Bio Fermented Rice Husk Meal as a Replacement to Brewer's Dried Grain in Finisher Broiler's Diet. *Journal of Agricultural Science (Toronto)*, 11(2), 533-540. <https://pdfs.semanticscholar.org/0970/0037281eba8299606451ed2deca06677b7ca.pdf>
- Kazige, O. K., Chuma, G. B., Lusambya, A. S., Mondo, J. M., Balezi, A. Z., Mapatano, S., & Mushagalusa, G. N. (2022). Valorizing staple crop residues through mushroom production to improve food security in eastern Democratic Republic of Congo. *Journal of Agriculture and Food Research*, 8, 100285. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100285>
- Kumar, H., Bhardwaj, K., Sharma, R., Nepovimova, E., Cruz-Martins, N., Dhanjal, D. S., ... & Kuča, K. (2021). Potential usage of edible mushrooms and their residues to retrieve valuable supplies for industrial applications. *Journal of Fungi*, 7(6), 427. <https://www.mdpi.com/2309-608X/7/6/42>
- Mahesh, M. S., & Mohini, M. (2013). Biological treatment of crop residues for ruminant feeding: A review. *African Journal of Biotechnology*, 12(27).DOI: [10.5897/AJB2012.2940](https://doi.org/10.5897/AJB2012.2940)
- Malik, K., Tokkas, J., Anand, R. C., & Kumari, N. (2015). Pretreated rice straw as an improved fodder for ruminants-An overview. *Journal of Applied and Natural Science*, 7(1), 514-520. DOI: <https://doi.org/10.31018/jans.v7i1.640>
- Márquez Mota, C. (2021) Cambios en el sustrato después del crecimiento de hongos comestibles. *Boletín UNAM-DGCS-657*. https://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2021_657.html
- Narváez, L., Bolaños AC, Chaurra, A., & Zuñiga Escobar O (2021). Changes in macronutrients and physical properties during the growth of *Lentinula edodes* and *Pleurotus ostreatus* in a compost based on sugarcane bagasse agricultural waste. *Chilean J. Agric. Anim. Sci.*, 37(3), 301-312. <https://dx.doi.org/10.29393/chjaas37-31cmlo40031>.
- Naseer, R., Hashmi, A. S., Rehman, H., Naveed, S., Masood, F., & Tayyab, M. (2017). Assessment of feeding value of processed rice husk for Lohi sheep in growing phase. *Pakistan Journal of Zoology*, 49(5).DOI:<https://dx.doi.org/10.17582/journal.pjz/2017.49.5.1725.1729>

- Ojha, B. K., Singh, P. K., & Shrivastava, N. (2019). Enzymes in the animal feed industry. In *Enzymes in food biotechnology* (pp. 93-109). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813280-7.00007-4>
- Palangi, V., Kaya, A., Kaya, A., & Giannenas, I. (2022). Ecofriendly Usability of Mushroom Cultivation Substrate as a Ruminant Feed: Anaerobic Digestion Using Gas Production Techniques. *Animals*, 12(12), 1583. <https://doi.org/10.3390/ani12121583>
- Piña-Guzmán, A. B., Nieto-Monteros, D. A., & Robles-Martínez, F. (2016). Utilización de residuos agrícolas y agroindustriales en el cultivo y producción del hongo comestible seta (*Pleurotus* spp.). *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 32, 141-151. <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/RICA.2016.32.05.10>
- Pratheesha, P. T., Lalb, S., Tuvikenec, R., Manickamd, S., & Sudheere, S. (2020). New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering. <https://www.elsevier.com/books/new-and-future-developments-in-microbial-biotechnology-and-bioengineering/rastegari/978-0-12-820526-6>
- Sawangwan, T., Wansanit, W., Pattani, L., & Noysang, C. (2018). Study of prebiotic properties from edible mushroom extraction. *Agriculture and Natural Resources*, 52(6), 519-524. <https://doi.org/10.1016/j.anres.2018.11.020>
- Stoknes, K., Wojciechowska, E., Jasinska, A., & Noble, R. (2019). Amelioration of composts for greenhouse vegetable plants using pasteurized *Agaricus* mushroom substrate. *Sustainability*, 11(23), 6779. <https://doi.org/10.3390/su11236779>
- Ünal, M. (2015). The utilization of spent mushroom compost applied at different rates in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) seedling production. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 692-697. DOI <https://doi.org/10.9755/ejfa.2015-05-206>
- Urrego, J. M., Yepes Jaramillo, S. A., & Barahona Rosaless, R. (2013). Caracterización nutricional del residuo del cultivo de la seta *Agaricus bisporus* como alimento potencial para bovinos. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 8(1), 34-56. <https://www.redalyc.org/pdf/3214/321428109004.pdf>

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Concepción y diseño de la investigación: SJMS, LCZ, DPC; análisis e interpretación de los datos: SJMS, LCZ, DPC; redacción del artículo: SJMS, LCZ, DPC.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existen conflicto de intereses.