



Composición de la pared celular de vástago de coco tratado por fermentación sólida usando *Pleurotus ostreatus* como inóculo

Vianey Salas-Cirilo , Paulino Sánchez-Santillan , Nicolás Torres-Salado 

Jerónimo Herrera-Pérez 

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia No. 2, Universidad Autónoma de Guerrero. C.P. 41940.
Cuajinicuilapa, Guerrero, México

Composition of the cell wall of coconut stem treated by solid fermentation using *Pleurotus ostreatus* as inoculum

Abstract. Due to its physical and chemical properties, the use of coconut stems as a substrate in solid fermentations is increasing. This consists of growing a microorganism on a solid substrate under certain conditions of humidity, pH, aeration and temperature. The objective was to determine the composition of the cell wall of the coconut stem treated at different times of solid fermentation with three strains of *Pleurotus ostreatus* as inoculums. In Erlenmeyer flasks (500 mL), 100 g of coconut stems were placed with 80% humidity and inoculated with the 1B3, MR and P15 strains of *P. ostreatus* at 10% W/W and incubated at room temperature (30 °C) during 15, 30, 45 and 60 d. The variables of hemicellulose, cellulose and acid detergent lignin (ADL) were analyzed with a 4x3 factorial arrangement within a completely randomized design with the SAS GLM procedure and the average values were compared with the Tukey test. The ferment treated with the 1B3 strain at 15 and 30 d had a lower hemicellulose content, the ferments at 45 and 60 d inoculated with the MR and P15 and 1B3 strains showed a higher content ($p < 0.05$). The highest cellulose content in the ferments was shown at 60 d with any strain and at 45 d with the MR and P15 strains ($p < 0.05$). The ADL content does not show much variability. The components of the cell wall of the coconut stem treated with solid fermentation and *P. ostreatus* as inoculum show significant variability from 15 to 60 d of fermentation and can be an alternative in ruminant feeding.

Key Words: *Pleurotus ostreatus* cellulose, hemicellulose, degradation, fiber, microorganisms

Resumen. Por sus propiedades físicas y químicas, está incrementándose el uso de vástago de coco como sustrato en fermentaciones sólidas. Esta consiste en crecer un microorganismo sobre un sustrato sólido bajo ciertas condiciones de humedad, pH, aireación y temperatura. El objetivo fue determinar la composición de la pared celular de vástago de coco tratado a diferentes tiempos de fermentación sólida con tres cepas de *Pleurotus ostreatus* como inóculos. En matraces Erlenmeyer (500 mL) se colocaron 100 g de vástago de coco con 80% de humedad e inoculadas con las cepas 1B3, MR y P15 de *P. ostreatus* al 10% P/P y se incubaron a temperatura ambiente (30 °C) durante 15, 30, 45 y 60 d. Las variables de hemicelulosa, celulosa y lignina detergente ácido (LDA) se analizaron con un arreglo factorial 4x3 dentro de un diseño completamente al azar con el procedimiento GLM de SAS y los valores promedio se compararon con la prueba de Tukey. El fermento tratado con la cepa 1B3 a los 15 y 30 d presentó menor contenido de hemicelulosa, los fermentos a los 45 y 60 d inoculados con las cepas MR y P15 e 1B3 mostraron mayor contenido ($p < 0.05$). El mayor contenido de celulosa en los fermentos se mostró a los 60 d con cualquier cepa y a los 45 d con las cepas MR y P15 ($p < 0.05$). El contenido de LDA no muestra mucha variabilidad. Los componentes de la pared celular de vástago de coco tratado con fermentación sólida y *P. ostreatus* como inóculo presentan variabilidad importante de los 15 a 60 d de fermentación y pueden ser una alternativa en la alimentación de rumiantes.

Palabras clave: *Pleurotus ostreatus* celulosa, hemicelulosa, degradación, fibra, microorganismos

¹ Autor para la correspondencia: vianeysalascirilo@gmail.com y sanchezsantillanp@gmail.com

Composição da parede celular de caules de coco tratados por fermentação sólida utilizando *Pleurotus ostreatus* como inóculo

Resumo. Devido às suas propriedades físicas e químicas, o uso do caule do coco como substrato em fermentações sólidas é cada vez maior. Consiste no crescimento de um microrganismo em um substrato sólido sob certas condições de umidade, pH, aeração e temperatura. O objetivo foi determinar a composição da parede celular do caule do coco tratado em diferentes tempos de fermentação sólida com três cepas de *Pleurotus ostreatus* como inóculo. Em frascos Erlenmeyer (500 mL), 100 g de talos de coco foram colocados com 80% de umidade e inoculados com as cepas 1B3, MR e P15 de *P. ostreatus* a 10% W/W e incubados à temperatura ambiente (30 °C).) durante 15, 30, 45 e 60 d. As variáveis de hemicelulose, celulose e lignina em detergente ácido (LDA) foram analisadas com arranjo fatorial 4x3 dentro de um delineamento inteiramente casualizado com o procedimento SAS GLM e os valores médios foram comparados com o teste de Tukey. O fermento tratado com a cepa 1B3 aos 15 e 30 d apresentou menor teor de hemicelulose, os fermentos aos 45 e 60 d inoculados com as cepas MR e P15 e 1B3 apresentaram maior teor ($p < 0,05$). O maior teor de celulose nos fermentos foi observado aos 60 dias com qualquer cepa e aos 45 dias com as cepas MR e P15 ($p < 0,05$). O conteúdo LDA não mostra muita variabilidade. Os componentes da parede celular do caule do coco tratados com fermentação sólida e *P. ostreatus* como inóculo apresentam variabilidade significativa de 15 a 60 dias de fermentação e podem ser uma alternativa na alimentação de ruminantes.

Palavras-chave: Celulose de *Pleurotus ostreatus*, hemicelulose, degradação, fibra, microrganismos

Introducción

México produce alrededor de 474,139 t de copra y coco, ubicándose como el 7° productor a nivel mundial. A nivel nacional, los principales estados productores son Guerrero, Jalisco y Sinaloa (Campiña, 2022). La fibra o vástago de coco se obtiene de la parte gruesa del mesocarpio del fruto del cocotero (Ayala-Sierra y Valdez-Aguilar, 2008). El uso del vástago de coco como sustrato en fermentaciones sólidas esta incrementándose por sus propiedades físicas y químicas; como la retención de agua y aireación (Morales, 2021).

El proceso de fermentación lo descubrió Louis Pasteur y se definió como un proceso catabólico de oxidación incompleta, totalmente anaeróbico, siendo el producto final un compuesto orgánico (Borrás-Sandoval y Torres-Vidales, 2016). La fermentación en estado sólido se caracteriza por requerir bajo contenido de humedad (menor a 12%) y un estado no aséptico y natural (Aguirre-Medina, 2018). Esta consiste en crecer un microorganismo

sobre un sustrato sólido bajo ciertas condiciones de humedad, pH, aireación y temperatura (Borrás y Torres, 2016). Por lo que se puede considerar un pretratamiento biológico porque se incluye el uso de hongos de podredumbre blanca (*P. ostreatus*) por la producción de enzimas extracelulares que mejoran el valor nutritivo de subproductos agrícolas con alto contenido de fibra (Herrera-Pérez et al., 2021) como el vástago de coco. *P. ostreatus* crece en sustratos lignocelulósicos residuales por su capacidad de producir complejos enzimáticos extracelulares que liberan monosacáridos a partir de la pared celular del sustrato (Herrera-Pérez et al., 2021) y tiene amplio rango de temperatura y ambientales para su crecimiento (Aguinaga, 2012). Por lo anterior, el objetivo fue determinar la composición de la pared celular de vástago de coco tratado a diferentes tiempos de fermentación sólida usando tres cepas de *P. ostreatus* como inóculos.

Materiales y Métodos

Lugar de estudio.

La presente investigación se realizó en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia No. 2, de la Universidad Autónoma de Guerrero, ubicada en el municipio de Cuajinicuilapa, Guerrero.

Sustrato e inóculo.

Se adquirieron a la empresa AAC BIOLAB SAS que se dedica a la venta de micelio para hongos comestibles. El vástago de coco se recolectó de vendedores informales de agua de coco en la localidad de Cuajinicuilapa, Guerrero.

El vástago se deshidrató a 57 °C durante 6 d en una estufa (Felisa FE-293^a, México) y se molió en un molino convencional con malla de 0.5 cm de diámetro.

Fermento sólido.

En matraces Erlenmeyer (500 mL) se colocaron 100 g de vástago de coco con 80% de humedad. Los matraces se esterilizaron a 121 °C, 15 psi y 15 min. En una campana de flujo laminar se colocaron los matraces y se inocularon con 10% P/P de inóculo de 1B3, MR o P15 de *P. ostreatus*. A los matraces se colocó un tapón de algodón y se incubaron a temperatura ambiente (30 °C) durante 15, 30,



45 y 60 d. Al terminó del periodo de fermentación sólida, el fermento se deshidrató a 60 °C hasta peso constante; posteriormente, se molió en un molino Thomas-Wiley Mill con una criba de 1 mm.

Componentes de la pared celular.

La fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y lignina detergente ácido (LDA) se determinaron con la metodología de ANKOM Technology de acuerdo a lo descrito por Van Soest *et al.* (1991). La hemicelulosa se determinó con la ecuación: Hemicelulosa = FDN-FDA; mientras la celulosa = FDA-LDA.

Análisis estadístico.

Las variables de hemicelulosa, celulosa y lignina detergente ácido se analizaron con un arreglo factorial 4x3 dentro de un diseño completamente al azar. Los factores fueron cepa de *P. ostreatus* (1B3, MR y P15) y días de fermentación sólida (15, 30, 45 y 60 d). Los datos se analizaron con el procedimiento GLM de SAS Institute Inc (2011) y los valores promedio se compararon con la prueba de Tukey

Resultados

El contenido de hemicelulosa, celulosa y lignina detergente ácido mostraron interacción entre los factores cepa y tiempo de fermentación sólida (p<0.05). En el caso de la hemicelulosa, el fermento tratado con la cepa 1B3 a los 15 y 30 d presentó menor contenido; mientras que los fermentos a los 45 y 60 d inoculados con las cepas MR y P15, así como la interacción 1B3-60 d mostraron mayor

contenido (p<0.05; Tabla 1). El mayor contenido de celulosa en los fermentos se mostró a los 60 d con cualquier cepa y a los 45 d con las cepas MR y P15 (p<0.05; Tabla 1). El contenido de LDA no muestra mucha variabilidad en los promedios, ya que los valores oscilan entre 21.32 y 25.55% (Tabla 1)

Tabla 1. Composición de la pared celular de vástago de coco tratado con fermentación sólida usando tres cepas de *Pleurotus ostreatus* como inóculo.

Días Fermentación Sólida	Cepa <i>P. ostreatus</i>	Hemicelulosa (%)	Celulosa (%)	LDA (%)
15	1B3	12.43 ^e	18.40 ^h	24.37 ^{ab}
	MR	14.21 ^{cd}	25.13 ^{efg}	22.24 ^{bc}
	P15	15.59 ^{ab}	21.25 ^{gh}	22.90 ^{abc}
30	1B3	11.98 ^e	22.63 ^{fgh}	21.32 ^c
	MR	15.15 ^{abc}	29.66 ^{bcd}	25.21 ^a
	P15	14.43 ^{bc}	27.58 ^{cdef}	24.38 ^{ab}
45	1B3	12.87 ^{de}	26.00 ^{defg}	23.94 ^{abc}
	MR	15.49 ^{abc}	35.85 ^a	25.25 ^a
	P15	15.77 ^{ab}	32.49 ^{abc}	22.21 ^{bc}
60	1B3	16.07 ^a	31.11 ^{abcd}	24.09 ^{abc}
	MR	15.00 ^{abc}	30.32 ^{bcd}	25.55 ^a
	P15	16.34 ^a	33.60 ^{ab}	23.54 ^{abc}
EEM		0.25	0.89	0.26

^{a,b,c,d,e,f,g,h}Valores promedio por columna con letra distinta indican diferencia (p<0.05); LDA = lignina detergente ácido; EEM = error estándar de la media.



Discusión

El uso de residuos con alto contenido de fibra y bajo nivel nutricional pueden ser tratados por fermentación sólida y transformarse en alimentos económicos y aumentar su valor nutricional como el vástago de coco. *P. ostreatus* produce celulasas, xilanasas, peroxidases de lignina, manganeso peroxidases y lacasas (Shrivastava *et al.*, 2011) que actúan sobre la pared celular; y esta varía según la cepa y tiempo de fermentación sólida a que es sometida. De modo que, era importante establecer el contenido de la pared celular del vástago tratado; porque *P. ostreatus* hidroliza hemicelulosa como parte de su proceso metabólico y la utiliza como fuente de energía antes de celulosa y lignina (Shrivastava *et al.*, 2011). Esta situación no se presentó en el estudio porque los mayores contenidos de hemicelulosa se presentaron a los 45 y 60 d de fermentación (Tabla 1).

Por otra parte, el proceso de fermentación sólida se ve afectado por la duración de la propia fermentación, tipo de sustrato y microorganismos. Esto por la importancia de la afinidad enzima-sustrato, que puede provocar variación en la composición de la pared celular del vástago de coco en el presente estudio (Sánchez-Santillán *et al.*, 2015). Además, el incremento de los componentes de la pared celular conforme aumenta el tiempo de fermentación sólida se pueden asumir a que, durante el proceso, *P. ostreatus* consumió los carbohidratos solubles del contenido celular y los hidrolizados de los componentes de la pared celular como fuente de energía durante su crecimiento (Peláez-Acero *et al.*, 2011), provocando que la proporción de la pared celular incrementará.

Conclusión

Los componentes de la pared celular de vástago de coco tratado con fermentación sólida y *Pleurotus ostreatus* como

inóculo presentan variabilidad importante de los 15 a 60 d de fermentación.

Agradecimientos. Al Cuerpo Académico Producción Sustentable de Rumiantes en el Trópico por el financiamiento del presente estudio.

Conflicto de intereses: Los autores declaran que no existe conflicto de intereses

Literatura Citada

- Aguinaga, P. N. B. (2012). Evaluación de cuatro sustratos para la producción del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) en tres ciclos de producción en la zona de Tambillo, provincia de Pichincha [Bachelor Thesis, Escuela Politécnica Nacional]. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/4663>
- Aguirre-Medina, J. F. (2018). Fermentación en estado sólido de *Saccharum spp.* Como suplemento para rumiantes. *Agro Productividad*, 11(6), 143-148.
- Ayala-Sierra, A., & Valdez-Aguilar, L. A. (2008). El polvo de coco como sustrato alternativo para la obtención de plantas ornamentales para trasplante. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 14(2), 161-167.
- Borrás-Sandoval, L. M., & Torres-Vidales, G. (2016). Producción de alimentos para animales a través de fermentación en estado sólido – FES. *ORINOQUIA*, 20(2), 47-54.
- Campaña. (2022). Producción de copra y coco en México. *Revista la Campaña*. <https://revistalacampaña.mx/2022/03/10/produccion-de-copra-y-coco-en-mexico/>
- Herrera-Pérez, J., Rosales-Barragán, X., Sánchez-Santillán, P., Torres-Salado, N., Ayala-Monter, M. A., Portela-Díaz, D. F., & Hernández-Valenzuela, D. (2021). Lignocellulosic substrates degradation and in vitro biogas production by solid fermentation with *Pleurotus ostreatus*. *Agrociencia*, 55(1), 37-53. <https://doi.org/10.47163/agrociencia.v55i1.2346>
- Morales, G. K. A. (2021). Caracterización del residuo de la fibra de coco como sustrato para la producción de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum*), en la provincia de Santa Elena. Universidad Estatal Península de Santa Elena. <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/6321/1/UPSE-TIA-2021-0058.pdf>
- Peláez-Acero, A., Meneses-Mayo, M., Miranda-Romero, L. A., Ayala-Martínez, M., Crosby-Galván, M. M., Loera-Corral, O., & Megías-Rivas, M. D. (2011). Enzimas fibrolíticas producidas por fermentación en estado sólido para mejorar los ensilajes de caña de azúcar. *Agrociencia*, 45(6), 675-685.

- Sánchez-Santillán, P., Meneses, M. M., & Torres-Salado, N. (2015). Production of lignocellulolytic enzymes with *Pleurotus ostreatus*-IE8 by solid fermentation and its effect on the chemical composition of sugarcane bagasse. *Life Science Journal*, 12(2s). http://www.lifesciencesite.com/lj/life1202s15/006_A00376life1202s15_LifeSI26_37_41.pdf
- SAS Institute Inc. (2011). Statistical Analysis System, SAS, User's Guide. SAS Inst. <https://support.sas.com/en/software/sas-stat-support.html>
- Shrivastava, B., Thakur, S., Khasa, Y. P., Gupte, A., Puniya, A. K., & Kuhad, R. C. (2011). White-rot fungal conversion of wheat straw to energy rich cattle feed. *Biodegradation*, 22(4), 823-831. <https://doi.org/10.1007/s10532-010-9408-2>
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10), Art. 10. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)