

Universidad de Lima
Facultad de Ingeniería
Carrera de Ingeniería Industrial



APPLICATION OF BREWER SPENT GRAIN FROM THE BEER INDUSTRY AS A UNIQUE SUBSTRATE FOR THE CULTIVATION OF PLEUROTUS OSTREATUS MUSHROOMS

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

Alejandro Sebastian Lozano Rocha

Código 20170867

Piero Erick Aguilar Luna

Código 20171808

Asesor

Carlos Augusto Lizárraga Portugal

Lima – Perú

Setiembre de 2024

Propuesta
Carrera Ingeniería Industrial

Título

Application of Brewer Spent Grain from the Beer Industry as a Unique Substrate for the Cultivation of Pleurotus ostreatus mushrooms

Autor(es)

Alejandro Sebastian Lozano Rocha
20170867@aloe.ulima.edu.pe
Piero Erick Aguilar Luna
20171808@aloe.ulima.edu.pe
Universidad de Lima

Resumen: En el Perú la industria cervecera presenta altos niveles de producción anual, llegando a alcanzar el 2020 la cantidad de 998 millones de litros, el proceso de manufactura genera diversos residuos agroindustriales, siendo el Brewer Spent Grain [grano gastado de cerveza] el que se presenta en un mayor porcentaje, llegando a ser aproximadamente el 80 % de todos los residuos agroindustriales generados por las cervecerías, siendo su producción 570 millones de toneladas aproximadamente en el año 2020.

Esta investigación pretende establecer si el BSG es eficiente como sustrato único para el cultivo y producción de hongos Pleurotus Ostreatus, ofreciendo una alternativa a los sustratos comerciales y generando valor a partir del desecho denominado BSG, confirmando su idoneidad a partir de la evaluación de las características requeridas para dicho proceso, tales como: nivel pH, Cenizas, Porcentaje de Nitrógeno, Eficiencia Biológica (Kg hongo / Kg sustrato), Productividad (Eficiencia Biológica / Tiempo de cultivo) y sustrato gastado. El procedimiento seleccionado para la fase experimental del cultivo de hongos es el método convencional de fructificación asistida en bolsas de polietileno, sumado a un análisis de laboratorio para el estudio de los componentes del sustrato (BSG).

Los resultados obtenidos determinan que el BSG sí es viable como sustrato para el cultivo de Pleurotus Ostreatus, aunque también se establece que no es el residuo agroindustrial más eficiente como sustrato único, presentando una eficiencia biológica de 27,25 %, siendo este porcentaje obtenido considerablemente bajo a comparación de otros sustratos que usan maíz y pulpa de café que van de 68% a 70%; por otro lado, se obtuvo una productividad de 0.605, este valor obtenido es un buen indicador, ya que en comparación con otros estudios los resultados obtenidos fueron alrededor de 0.75; no obstante, se demostró que presenta muchas características que lo hacen idóneo como base para la composición de un sustrato misceláneo mixto; ofreciendo de esta manera una nueva alternativa para el uso de este residuo agroindustrial.

Palabras Clave: Economía circular, Hongos Ostra, BSG, Pleurotus Ostreatus, Desperdicios Agroindustriales, Industria cervecera, cebada.

Abstract: In Peru, the beer industry produced 998 million liters during 2020, and its manufacturing process generates various agroindustrial waste such as Brewer Spent Grain (BSG), equivalent to 80% of all agroindustrial waste generated approximately 570 million tons in the year 2020. This research aims to establish whether BSG as a residual product can function as a substrate for the cultivation and production of Pleurotus ostreatus mushrooms, offering an alternative to existing commercial substrates by evaluating the performance of its characteristics such as pH level, presence of ash, nitrogen, its biological efficiency (kg of mushroom / kg substrate), its productivity (biological efficiency / cultivation time), among other factors. An experimental design of mushroom cultivation was carried out according to the conventional assisted fruiting method in polyethylene bags. The laboratory analyzes concluded that BSG as a substrate for the cultivation of Pleurotus ostreatus had a biological efficiency of 27,25% lower than the results of other substrates such as corn and coffee pulp, which have a biological efficiency of 68% and 70% respectively; although it presented a productivity of 0,605 compared to similar studies that on average had a productivity of 0,75. The study showed that BSG is a good substrate for the cultivation of Pleurotus ostreatus and it is expected that its

performance can improve when used as a mixed miscellaneous substrate, offering a new circular economy alternative for the brewing industry.

Keywords: Circular economy, Oyster Mushrooms, BSG, Pleurotus ostreatus, Agroindustrial Waste, Brewing Industry, barley.

Línea de investigación IDIC – ULIMA

Área y Sub-áreas de Investigación:

Design & Manufacturing Engineering – Gestión Ambiental Sostenible

Objetivo (s) de Desarrollo Sostenible (ODS) relacionado (s) al tema de investigación.

Producción y consumo responsable

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La industria cervecera en el Perú ha presentado un crecimiento constante, en el año 2020 se estimó una producción de 998 millones de litros (IEES 2021), el 47 % del consumo per cápita de alcohol en el Perú corresponde a Cerveza (Quispe Orejón, 2018). La producción de cerveza genera un alto volumen de residuos sólidos, derivados de diferentes etapas en su proceso de elaboración. De los cuales los residuos más relevantes son los siguientes: Brewer's Spent Grain (BSG), es la cebada sobrante del proceso de malteado, el cual representa un 80% de los residuos industriales; Hot tub, se denomina así al lúpulo restante del proceso de producción y Brewer's Spent Yeast (BSY), es la levadura restante del proceso de fermentación (Dos Santos Mathias et al., 2015).

Es importante mencionar que en promedio para producir 22 Litros de cerveza artesanal Ale, se requiere 12,5 kg de cebada, la cual terminará convirtiéndose en BSG, esta cantidad varía dependiendo de la receta utilizada por el productor (Mencia Sanchez & Perez Gallegos, 2016). Una de las principales diferencias entre la elaboración industrial y artesanal de cerveza, es la cantidad de cebada utilizada por lote de producción, demandando el método artesanal más del doble de cebada utilizada por lote producido; representando una gran problemática para el manejo de este residuo agroindustrial, ya que en el Perú existen alrededor de 100 cervecerías artesanales registradas (Pellegrin de la Flor & Plasencia Mas, 2021).

Las razones por las cuales el BSG es un buen sustrato para el cultivo de hongos son: su gran capacidad de absorber y mantener la humedad, su considerable contenido de Lignina (Khidzir et al., 2010) y su alto contenido de proteína y fibra natural (Rathore et al., 2017), por otro lado, aunque no menos importante su densidad y porosidad, son factores que influyen y mejoran el crecimiento de hongos (Mussatto, 2014). A pesar de esto, el BSG presenta algunos problemas para ser utilizado como sustrato, principalmente inconvenientes con el transporte a largas distancias, debido a su descomposición prematura, que viene a ser alrededor de 7 a 10 días antes de convertirse en un residuo no aprovechable (El-Shafey et al., 2004), y la falta de procesos desarrollados para aprovecharlo con este fin, optando en su mayoría por procesos más inmediatos y de menor duración (Gregg et al., 2020).

Con respecto a los hongos *Pleurotus Ostreatus*, son la segunda especie de hongos comestibles más cultivada a nivel mundial, con un 19% de la producción total de hongos (Royse, Beers, & Tan, 2017), en la región de Latinoamérica, México representa el país con mayor volumen, con un 80,8 % del total producido (Romero, Valencia, Rivera, Tello, & Villarreal, 2018). El *Pleurotus Ostreatus*, también conocido como hongo ostra, presenta un alto contenido proteico, comparable con huevos o leche (Demissew, 2019), es una de las pocas fuentes de vitamina D_2 en alimentos de origen vegetal (Mattila et al., 2002) y posee un gran contenido de fibra natural, en un rango de 12,39 % a 29,75 % (Ritota & Manzi, 2019). A su vez las ventajas en la producción estriban en su periodo de colonización corto (entre 40 y 50 días) y su resistencia al ataque de plagas de insectos (Hoa et al., 2015). Por otro lado, estos hongos también tienen muchas aplicaciones en la industria farmacéutica, principalmente centradas en contrarrestar problemas renales (Rathore et al., 2017). Además de ello son muy reconocidos por la cualidad de degradar lignocelulosa, debido a ello diversos sustratos generados a partir de desechos agroalimentarios logran mejorar su crecimiento y desarrollo de sus cuerpos fructíferos, ya que esencialmente están compuestos por material lignocelulósico (Ritota & Manzi, 2019), gracias a esta cualidad es posible utilizar el BSG y proponer un nuevo uso para este desecho, otorgándole el valor de materia prima.

OBJETIVOS

El objetivo principal del presente trabajo es aplicar principios de economía circular en el BSG proveniente de la industria cervecera y generar valor a partir de este residuo. Determinando si es viable su uso como sustrato único para producir hongos comestibles.

El primer objetivo específico es reducir el impacto ambiental generado por los residuos de la industria cervecera, para lograr este objetivo se le brindará un nuevo fin al principal residuo, de esta manera recategorizando al mismo como materia prima. El segundo objetivo es determinar la eficiencia del proceso tradicional de cultivo de hongos ostra en ostra en bolsas de polietileno. El tercer y ultimo objetivo es comparar la eficiencia del BSG como sustrato con otros residuos agroindustriales más utilizados en el cultivo de hongos.

JUSTIFICACIÓN

El primer indicador estudiado fue el nivel de pH del BSG, obteniendo un nivel de 4,21, el cual es un valor demasiado ácido en comparación con otros estudios, en donde se usaron sustratos con niveles de pH entre 6,7 y 7 (Hoa et al., 2015), a pesar de ello el *Pleurotus Ostreatus* tiene la capacidad de crecer en sustratos con un pH entre 4 y 7, aunque estos extremos disminuyen significativamente la eficiencia del cultivo.

En cuanto al segundo indicador referente a la caracterización del sustrato es la cantidad de ceniza presente, siendo de 2,86 g por cada 100 g de masa seca (MS), este valor es relativamente bajo comparado con otros estudios que utilizaron residuos de quinua como sustrato, los cuales presentaron 9,9 g por cada 100 g de MS (Leyden Maccapa, 2021).

El último indicador referente al sustrato es el porcentaje de Nitrógeno presente en la masa seca, siendo el resultado 2,71 %, el cual es un valor alto comprado con otros sustratos basados en aserrín, que presentan valores entre 0,8 y 1.2 % (Hoa et al., 2015).

Con respecto a la producción, el primer indicador y tal vez el más importante es la eficiencia biológica obtenida, la cual fue de 27,25 %, este valor es bajo considerando eficiencias biológicas que van de 68 % a 72 %, procedentes de cultivos que utilizan maíz y pulpa de café (Prieto Granobles, 2017).

El siguiente indicador es la productividad de los cultivos, siendo esta 0,605, un valor bastante aceptable comparado con otros trabajos que obtuvieron 0,75 (Mendoza Soto, 2020), a pesar de ello, este valor es ampliamente mejorable en ambientes de cultivo más controlados.

Por último, con respecto al sustrato gastado, este no debe ser desechado, ya que las partes más inoculadas, que presenten una mayor concentración de ramificaciones de micelio en el sustrato, pueden ser utilizadas para inocular nuevos cultivos, y la mayor parte del sustrato sobrante puede ser empleada como alimento para animales gracias a su gran contenido proteico y fibroso.

En base a los resultados, de implementarse este proyecto se estaría brindando un nuevo fin al BSG, dejando de lado su tratamiento como desperdicio e implementando el sistema de economía circular, este tomaría el rol de materia primara para generar un nuevo producto que brinde beneficios, tanto económicos como sociales, a su vez, la cantidad de residuos desechados se reduciría, disminuyendo el impacto ambiental del proceso de producción de cerveza.

HIPÓTESIS (Si aplica)

Es viable utilizar el residuo mas importante de la industria de cerveza artesanal, Brewer's Spent Yeast (BSY), como sustrato para la producción de hongos comestibles (*Pleurotus ostreatus*)

DISEÑO METODOLÓGICO

El diseño de la presente investigación es de tipo experimental, en donde se realizaron distintas pruebas un lote de hongo *Pleurotus Ostreatus* producido, con el fin de determinar la eficiencia del Brewer Spent Grain analizando indicadores como: el nivel de pH, porcentaje de cenizas, el porcentaje N, las cuales se medirán como sujeto de experimento.

El BSG utilizado para el presente estudio proviene de la producción de una cerveza de tipo Ipa para la cual se utilizaron 6 distintos tipos de malta, encontrándose en mayores proporciones las maltas: Pale Ale, Munich y en menores proporciones: Caramel Amber, Caramel Plis y Caramel Munich II.

Para la fase de experimentación, la cual consta de cuatro etapas, se cultivaron 5 bolsas con capacidad de 4 kg c/u en donde se colocaron 3,7 kg de BSG y 300 g de micelio. A la primera etapa se denomina inoculación, en la cual las bolsas son rellenas con BSG y micelio de forma intercalada, la segunda etapa se denomina colonización, en donde se dejan las bolsas por 27 días en un ambiente de completa oscuridad para brindarle las condiciones necesarias para favorecer la correcta colonización del sustrato, posteriormente en la etapa de Fructificación, las bolsas son trasladadas a un lugar con una leve presencia de luz solar (200 lux aproximadamente), durante esta etapa se aplicarán riegos inter diarios a las bolsas, por último se realiza la cosecha, que consiste en extraer los cuerpos fructíferos de cada una de las bolsas.

Los principales indicadores de la producción de hongos son calculados al final de todo el proceso de cultivo; las fórmulas a utilizar son las siguientes:

$$\text{Eficiencia Biológica} = \frac{\text{kg hongo (peso fresco)}}{\text{kg de sustrato (peso seco)}}$$

$$\text{Tasa de Productividad} = \frac{\text{Eficiencia Biológica}}{\text{Tiempo de cultivo}}$$

Para realizar el análisis de la caracterización del sustrato, se enviaron 400 g de BSG (100 g por experimento) al laboratorio “Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C.” ubicado en el distrito de Lince, en el departamento de Lima, en el cual se efectuaron estudios de ceniza, humedad, nitrógeno y pH. Los métodos utilizados para la medición de las variables cumplen con las normas técnicas peruanas.

NOTAS (AGRADECIMIENTOS)

REFERENCIAS

- Acosta Estrada, BA, Lazo Vélez, MA, Nava Valdez, Y., Gutiérrez Uribe, JA, & Ser na-Saldívar, Mejora del contenido de fibra dietética, ácido ferúlico y calcio en pan de molde enriquecido con aditivo alimentario nejayote de maíz blanco (*Zea mays*), *Revista de ciencia de los cereales*, 60, 2014.
- Buenas prácticas para la producción de Hongos Ostra. Available: <https://coin.fao.org/coin-static/cms/media/10/13195642387280/hongosfinal.pdf> Cardona, A. 2011.
- Dedousi Marianna, Melanouri Eirini-Maria, Diamantopoulou Panagiota, Carposome productivity of *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus eryngii* growing on agro-industrial residues enriched with nitrogen, calcium salts and oils, *Carbon Resources Conversion*, Volume 6, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.crcon.2023.02.001>.
- Dedousi Marianna, Melanouri Eirini-Maria, Karayannis Dimitris, Kaminarides Eleftherios-Ikaros, Diamantopoulou Panagiota, Utilization of spent substrates and waste products of mushroom cultivation to produce new crops of *Pleurotus ostreatus*, *Pleurotus eryngii* and *Agaricus bisporus*, *Carbon Resources Conversion*, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.crcon.2023.08.001>.
- Demissew, G. F. Cultivation and optimization of *Pleurotus ostreatus* M2191 and *Pleurotus sajor-caju* M2145 on brewery spent grain supplemented with agricultural residues at Debre Berhan, Ethiopia. *Journal of the Debre Berhan University*, 2019.

- Dos Santos Mathias, T. R., Alexandre, V. M. F., Cammarota, M. C., de Mello, P. P. M., & Sérvulo, E. F. C. Characterization and determination of brewer's solid wastes composition. *Journal of the Institute of Brewing*, 121(3), 400–404. 2015. <https://doi.org/10.1002/jib.229>
- El-Shafey, E. I., Gameiro, M. L. F., Correia, P. F. M., & Carvalho, J. M. R. Dewatering of Brewer's Spent Grain Using a Membrane Filter Press: A Pilot Plant Study. *Separation Science and Technology*, 39(14), 3237–3261, 2004. <https://doi.org/10.1081/SS-200028775>.
- Elkanah F.A., Oke M.A., Adebayo E.A., Substrate composition effect on the nutritional quality of *Pleurotus ostreatus* (MK751847) fruiting body, *Heliyon*, Volume 8, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11841>.
- Gregg, J. S., Jürgens, J., Happel, M. K., Strøm-Andersen, N., Tanner, A. N., Bolwig, S., & Klitkou, A. Valorization of bio-residuals in the food and forestry sectors in support of a circular bioeconomy: A review. *Journal of Cleaner Production*, 267. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122093>.
- Hoa, H. T., Wang, C.-L., & Wang, C.-H. The effects of different substrates on the growth, yield, and nutritional composition of two oyster mushrooms (*Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus cystidiosus*). *Mycobiology*, 43(4), 423–434. 2015, <https://doi.org/10.5941/MYCO.2015.43.4.423>.
- IEES, Tierra de cerveceros: El impacto del sector cervecero en el Perú Available: <https://sni.org.pe/wp-content/uploads/2022/01/46-Bebidas-malteadas-y-de-malta.pdf>. 2021.
- Khidzir, K. M., Abdullah, N., & Agamuthu, P. Brewery spent grain: Chemical characteristics and utilization as an enzyme substrate. *Malaysian Journal of Science*, 29(1), 41–51. 2010. <https://doi.org/10.22452/mjs.vol29no1.7>.
- Lamas D.L., Gende L.B., Valorisation of brewers' spent grain for the development of novel beverage and food products, *Applied Food Research*, 2023. DOI: 10.1016/j.afres.2023.100314
- Leyden Maccapa, P. Producción de hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) sobre residuos lignocelulósicos en la provincia de puno. Repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno. Available: http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/15621/Maccapa_Pocco_Leyden.pdf?sequence=1&isAllowed=y, 2021.
- Martinez, Y., Garzon, C., John, E., Henao, E., Guarnizo, F., & Pedro, N. Evaluación de la producción del hongo *Pleurotus ostreatus* cultivado sobre los residuos derivados de la producción comercial del culmo de la guadua *angustifolia* Kunth. *Tumbaga*, 43-53, 2008.
- Márquez B. Refrigeración y congelación de alimentos: Terminología, definiciones y explicaciones. Repositorio institucional de la Universidad Nacional de San Agustín. Available: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/4188/IAmasibm024.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=La%20cantidad%20de%20cenizas%20representa,de%20minerales%20en%20los%20alimentos.&text=%E2%9E%A2%20La%20determinaci%C3%B3n%20del%20contenido,%2C%20pectinas%2C%20almidones%20y%20gelatina>, 2014.
- Mattila, P., Lampi, A.-M., Ronkainen, R., Toivo, J., & Piironen, V. Sterol and vitamin D2 contents in some wild and cultivated mushrooms. *Food Chemistry*, 76(3), 293–298. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(01\)00275-8](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(01)00275-8), 2002.
- Mencia Sanchez, G., & Perez Gallegos, R. Desarrollo de cerveza artesanal ale y lager con malta de maiz (*Zea mays*), cebada (*Hordeum vulgare*), carbonata de azucar y miel de abeja. *INNOVA Research Journal*, 7-8. Available: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5772/1/AGI-2016-T027.pdf>, 2016.
- Mendoza Soto, H. Análisis de la producción del hongo comestible *Pleurotus Ostreatus* obtenida a partir de los subproductos de la etapa de despulpado del café. Repositorio institucional de la Universidad Nacional Agraria. Available: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4379/mendoza-soto-hilda-evita.pdf?sequence=1&isAllowed=y>, 2020.
- Mera, R. Comparación de los métodos Kjeldahl y dumas para análisis de proteína cruda en materias primas y productos termiados en una plnata de alimentos balanceados. Repositorio institucional de la

Universidad central del Ecuador. Available: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/6433/1/T-UCE-0008-092.pdf>, 2015.

Mobou Estelle Yolande, Mbassi Josiane Emilie Germaine, Nkoue Tong Abraham, Yadang Germaine, Messi Lin Marcellin, Begoude Boyogueno Didier Aime, Sado Kamdem Sylvain Leroy, Impact of substrate methionine content on lovastatin potentiation and morphological parameters of *Pleurotus ostreatus*, *Scientific African*, Volume 20, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2023.e01621>.

Muñoz N. C. Comparativo de dos sustratos y cuatro paquetes tecnológicos utilizados en la producción comercial de *Pleurotus Ostreatus*. Repositorio institucional de la Universidad Nacional Agraria. Available: <https://1library.co/document/zxldo5nz-comparativo-sustratos-tecnologicos-utilizados-produccion-comercial-pleurotus-ostreatus.html>, 2017.

Mussatto, S. I. Brewer's spent grain: A valuable feedstock for industrial applications. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(7), 1264–1275. 2014. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6486>.

Pellegrin de la Flor, C. M., & Plasencia Mas, J. M. Análisis sectorial de cervezas artesanales. Repositorio institucional de la Universidad de Piura. Available: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/5240/MDE_2114.pdf?sequence=2&isAllowed=y, 2021.

Prieto Granobles, L. M. Estudio de factibilidad para el cultivo, implementación y comercialización del hongo ostra, (*pleurotus ostreatus jacq.: fr*) bajo sistemas agroforestales en las veredas fonte, ferra y masa del municipio de choachí (cundinamarca). Repositorio institucional de la Universidad Nacional Abierta y A Distancia. Available: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/12548/38875335.pdf?sequence=2&isAllowed=y>, 25-26, 2017.

Quispe Orejón, E. R. La industria de la cerveza artesanal en el Perú y su proyección en el mercado peruano. Repositorio institucional de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Available: https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/7969/Quispe_oe%20-%20Resumen.pdf?sequence=3&isAllowed=y, 2018.

Rathore, H., Prasad, S., & Sharma, S. Mushroom nutraceuticals for improved nutrition and better human health: A review. *PharmaNutrition*, 5(2), 35–46. <https://doi.org/10.1016/j.phanu.2017.02.001>, 2017.

Ritota, M., & Manzi, P. *Pleurotus* spp. Cultivation on Different Agri-Food By-Products: Example of Biotechnological Application. In *Sustainability* (Vol. 11, Issue 18). 2019. <https://doi.org/10.3390/>

Romero, O., Valencia, M., Rivera, J., Tello, I., & Villarreal, O. Productive Capacity of *Pleurotus Ostreatus* Using Dehydrated Alfalfa As Supplement in Different Agricultural Substrates. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 15(2), 145-160. 145 - su11185049160. Available: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-54722018000200145&lng=es&tlng=en, 2018.

Royse, D., Beers, J., & Tan, Q. Current Overview of Mushroom Production in the World. *Edible and Medicinal Mushrooms* (pp. 5–13), 2017. <https://doi.org/10.1002/9781119149446.ch2>.

Ruiz, A.. Analizadores Electroquímicos para medir el Ph del agua en procesos industriales. Repositorio institucional de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Available: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0785_EA.pdf, 2011.

Schmidt Combest S., Warren C., Grams M., Wang W., Miketinas D., Patterson M., Evaluation of brewers' spent grain on cardiovascular disease risk factors in adults: Lessons learned from a pilot study, *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre* 2023, DOI: 10.1016/j.bcdf.2023.100367.

Zárate, J.R. Producción y desarrollo de cuatro aislamientos de *Pleurotus ostreatus*, cultivados en restos de cosecha. Repositorio institucional de la Universidad Nacional Agraria. Available: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/919/T007161.pdf?sequence=1&isAllowed=y>, 2015.

ANEXOS.

Datos del artículo publicado

- **Nombre del artículo:** Application of Brewer Spent Grain from the Beer Industry as a Unique Substrate for the Cultivation of Pleurotus ostreatus mushrooms
- **Autores:** Alejandro Sebastian Lozano Rocha y Piero Erick Aguilar Luna
- **Co autor(es):** Carlos-Augusto Lizárraga-Portugal

Presentación en congreso

- **Nombre del congreso:** 6th Industrial Engineering and Operations Management Bangladesh Conference
- **Organizador:** Chittagong University of Engineering and Technology (CUET)
- **Sede:** Dhaka, Bangladesh
- **Año:** 2023
- **Pp:** 10 páginas
- **Enlace web donde se encuentra publicado el artículo (identificador DOI, ISBN, ISSN o equivalentes):** <https://doi.org/10.46254/BA06.20230092>

Application of Brewer Spent Grain from the Beer Industry as a Unique Substrate for the Cultivation of Pleurotus ostreatus mushrooms

INFORME DE ORIGINALIDAD

9%

INDICE DE SIMILITUD

8%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Firdaus Irwanto, Umar Hasan, Eric Saputra Lays, Ntivuguruzwa Jean De La Croix et al. "IoT and Fuzzy Logic Integration for Improved Substrate Environment Management in Mushroom Cultivation", Smart Agricultural Technology, 2024 Publicación	2%
2	dgsa.uaeh.edu.mx:8080 Fuente de Internet	2%
3	Submitted to Napier University Trabajo del estudiante	1%
4	www.itjfs.com Fuente de Internet	1%
5	cybertesis.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Uniagustiniana Trabajo del estudiante	1%