



Investigación y Ciencia

ISSN: 1665-4412

ISSN: 2521-9758

revistaiyc@edu.uaa.mx

Universidad Autónoma de Aguascalientes

México

Ramírez-Vega, María de Lourdes; Ortiz-Salinas, Rutilio
Hongo huitlacoche (*Ustilago maydis*) y sus propiedades nutricionales para la alimentación del mexicano
Investigación y Ciencia, vol. 32, núm. 92, 2024, pp. 1-11
Universidad Autónoma de Aguascalientes
Aguascalientes, México

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=67481093010>

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

redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc

Red de revistas científicas de Acceso Abierto diamante

Infraestructura abierta no comercial propiedad de la academia

Hongo huitlacoche (*Ustilago maydis*) y sus propiedades nutricionales para la alimentación del mexicano

Huitlacoche fungi (*Ustilago maydis*) and nutritional properties for health human

María de Lourdes Ramírez-Vega*, Rutilio Ortiz-Salinas**✉

Ramírez-Vega, M. L., & Ortiz-Salinas, R. (2024). Hongo huitlacoche (*Ustilago maydis*) y sus propiedades nutricionales para la alimentación del mexicano. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 32(92), e6089, <https://doi.org/10.33064/iycuaa2024926089>

RESUMEN

El siguiente trabajo tiene la intención de apreciar las características del hongo huitlacoche que ha destacado en su consumo a nivel nacional como un alimento alternativo. Se realizó una revisión de los trabajos publicados de las cualidades funcionales del hongo para la nutrición humana, destacando macro y micronutrientes importantes para la salud humana. En recientes fechas los desarrollos tecnológicos han fomentado el consumo de ingredientes de origen vegetal y otros para ser ingredientes base para algunos alimentos de consumo cotidiano. En este sentido, el huitlacoche es una opción deseable por sus características nutricionales que puede ser un ingrediente potencial para complementar ciertos alimentos en el consumo de la población mexicana y asociarse a una buena salud.

Palabras clave: alimento; huitlacoche; salud; alternativa; tecnología.

ABSTRACT

This work explains the properties of huitlacoche fungi and their consumption as alternative food in the Mexican population. We review articles that describe the functional properties of huitlacoche highlighting the macro and micronutrients necessary for human health. In recent years technological developments have considered huitlacoche as an ingredient for some daily food. In this sense, the huitlacoche in the future is a fundamental nutritious element to enrich certain foods for consumption by the Mexican population associated with good health.

Keywords: food; huitlacoche; health; alternative; technology.

Recibido: 14 de septiembre de 2023, **Aceptado:** 14 de mayo de 2024, **Publicado:** 31 de mayo de 2024

*Departamento de Atención a la Salud, División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. Calzada del Hueso No. 1100, Colonia Villa Quietud, C. P. 04960, Alcaldía Coyoacán, Cd. de México, México. Correo electrónico: mlramirez@correo.xoc.uam.mx ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-9947-1204>

**Departamento de Producción Agrícola y Animal, División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. Calzada del Hueso No. 1100, Colonia Villa Quietud, C. P. 04960, Alcaldía Coyoacán, Cd. de México, México. Correo electrónico: rortiz@correo.xoc.uam.mx ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1254-2769>

✉ Autor para correspondencia

INTRODUCCIÓN

La situación actual de la alimentación en la sociedad mexicana es de un desequilibrio debido a la disminución de los alimentos locales y tradicionales con propiedades nutritivas y funcionales considerables por el consumo de alimentos procesados con altos contenidos de azúcares, harinas refinadas, grasas saturadas y sal. En últimas fechas se ha impulsado nuevamente valorar los alimentos derivados del sistema milpa, así como los alimentos regionales; es el caso de algunos hongos (patitas de pájaro, pancitas o yemitas, tecomates y hongos amarillos), frijol, nopal, entre otros (González-Cervantes et al., 2021; Salazar-Torres, Méndez-López, Álvarez-Hernández, & Sánchez-Vega, 2021).

El huitlacoche o cuitlacoche es un hongo parásito considerado como una plaga en el maíz, en México es considerado un platillo gastronómico de gran valor cultural y con potencial de exportación por su valor gourmet conocido como la *trufa mexicana*, como lo establece la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER, 20 de octubre de 2018). Este alimento se encuentra en los meses de junio a noviembre destacando en algunos estados del centro de la República Mexicana, por lo que se ha investigado en su producción y procesado para darle mayor tiempo de anaquel. En la época prehispánica el huitlacoche fue conocido como un gran alimento debido a las distintas preparaciones culinarias y se mantuvo en el periodo colonial como una alternativa de alimentación diferente al grano de maíz (Ruíz-Herrera & Martínez-Espinoza, 1998).

Actualmente es consumido en la región Centro-Sur de México para satisfacer los platillos tradicionales, como quesadillas, sopas y carne preparada, mole, bebida, entre otros (Meneses Alvarez et al., 2021). Dicho alimento tiene un gran valor económico que supera al valor de la mazorca, por lo que algunas empresas del sector alimentario lo han procesado para obtener enlatados para su exportación (Salazar-Torres et al., 2021; Villanueva, 1997). El objetivo del presente trabajo fue hacer una revisión de los valores nutricionales y relevantes del huitlacoche y su impacto en la alimentación de la población mexicana consumidora.

Antecedentes

El huitlacoche es un hongo comestible que se consume en las zonas rurales, representante del uso integral del cultivo de la milpa. Actualmente ha alcanzado gran fama en las ciudades, considerado como la *trufa mexicana*; por tanto, un platillo gourmet. Los platillos más comunes en México (figura 1) en que está son las quesadillas, tlacoyos, gorditas, sopas, cremas, crepas, pizza tlatoani, mole, mousse, lasaña y guisados (Salazar-Torres et al., 2021).

El huitlacoche es un alimento, pero a la vez un medio de ingreso para el productor al ser considerado como un platillo tradicional. El precio promedio de un kilo del hongo es de 100 pesos, aunque el precio es variable de acuerdo al lugar (tianguis o mercados) y temporada (Procuraduría Federal del Consumidor, 7 de febrero de 2020). Es un producto altamente perecedero dado su vida útil de dos a tres días debido su metabolismo activo que modifica sustancialmente su aspecto y sabor. Esto ha fomentado estudios para entender y modificar su vida útil de consumo.

Producción y condiciones ambientales

El huitlacoche o cuartilacoche es un hongo parásito que infecta a los granos de maíz y con los conocimientos culinarios de la población se ha logrado que este hongo sea considerado alimento (Escalante-Perez, Villanueva-Sánchez, Sahagún-Castellanos, Sánchez-Cabrera, & Villanueva-Verduzco, 2020).



Figura 1. Hongo huitlacoche

Fotografías tomadas de Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER, 20 de octubre de 2018) y Nájjar (6 de mayo de 2019).

La SAGARPA, ahora SADER (20 de octubre de 2018) ha tecnificado la producción de huitlacoche en Puebla; con técnicas de inoculación para cultivarlo, en los municipios de Huaquechula, Acatlán de Osorio y Atlixco, consiguió transformar 90% de cultivos de maíz en huitlacoche.

En el estado de Aguascalientes el huitlacoche se obtiene en la temporada primavera-verano-otoño (marzo-noviembre) (Aguayo-González, Acosta-Ramos, Pérez-Cabrera, Guevara-Lara, & García-Munguía, 2016; Nájjar, 6 de mayo de 2019). Desde hace varios años se han realizado esfuerzos para encontrar el mejor rendimiento en maíces híbridos comerciales y criollos, además de realizar inoculaciones artificiales y naturales; en las inoculaciones artificiales bajo condiciones controladas se obtuvo un rendimiento de 15 t/ha; mientras en condiciones naturales fue de 90.5 kg/ha. La producción con inoculación artificial para maíces híbridos fue de 7-8 t/ha; además de comparar otras situaciones ambientales con distintos tipos de maíces híbridas y criollas, donde se encontraron una alta variabilidad debido a la susceptibilidad de los granos. Las condiciones ambientales no están estrechamente relacionadas con el rendimiento por hectárea para las semillas criollas de temporal (Aguayo-González et al., 2016).

Se calcula que el consumo en México es de 400-500 t de huitlacoche mediante la recolección en campo y no existen datos relacionados en la producción inducida (Escalante-Perez et al., 2020). Las condiciones que se han establecido para el cultivo del huitlacoche en forma inducida son las siguientes: a) tipo de maíz a infectar, b) hongo virulento y c) ambiente favorable con humedad relativa entre 80-85% y una temperatura entre 16 y 32 °C.

De acuerdo con el trabajo de Escalante-Perez et al. (2020) se utilizaron maíces híbridos para tener hongo suficiente para un abastecimiento continuo sin problemas de heladas, donde los híbridos Cronos (> 6 t/ha a la semana) y Dk-2042 (6 t/ha a la semana)

fueron los adecuados acordes al rendimiento y calidad de agallas del hongo, definiendo como superficie adecuada 14 ha. De acuerdo con Martínez-Flores, Corrales-García, Espinosa-Solares, García-Gatica y Villanueva-Verduzco (2008) la temperatura ambiente favorece la pérdida de peso, apariencia visual, color y respiración del huitlacoche; mientras a temperaturas de refrigeración se logra disminuir los procesos enzimáticos, lo que ayuda en la vida de anaquel.

Beneficios en el consumo

Al ser un alimento alternativo se han realizado investigaciones para conocer el contenido nutricional, por lo que ha resultado un alimento con excelentes propiedades nutritivas. En la tabla 1 se describen algunas características nutricionales que le dan un gran potencial de ser considerado como un alimento funcional.

Tabla 1
Beneficios del consumo del huitlacoche

Compuestos	Contenido
Alto contenido de aminoácidos esenciales	La presencia de 18 aminoácidos esenciales, destacan la lisina (27.2%) como el de mayor abundancia. Está representado por 44.3 a 48.9% de aminoácidos totales y destacan por mayor contenido a serina, glicina, ácido aspártico y glutámico (SADER, 20 de octubre de 2018). Lisina 14.8%, leucina 10.4%, glicina 11.3%, ácido aspártico 8.2% y metionina 0.7 % (Juárez-Montiel et al., 2011).
Ácidos grasos esenciales (%) (oleico y linoleico que son fuentes de Omega 3 y Omega 6, respectivamente)	Ácido mirístico 0.44, ácido pentadecanoico 0.67, ácido palmítico 14.79, ácido palmitoleico 2.10, ácido margárico 0.51, ácido esteárico 3.94, ácido oleico 42.49, ácido linoleico 26.97, ácido linolénico 0.84, ácido araquídico 2.86, ácido 11-eicosenoico 4.39 (Méndez-López et al., diciembre de 2019). Ácido oleico 41-46, linoleico 27-34, linolénico 1.2-1.8, palmítico 14-18, araquídico 2.4-4.0 (Juárez-Montiel et al., 2011; SADER, 20 de octubre de 2018).
Azúcares de fácil digestión	Glucosa, fructosa, galactosa, xilosa, glicerol y manosa. La glucosa y la fructosa fueron azúcares más abundantes al grado de alcanzar un aporte superior a 80% de los carbohidratos totales en el hongo. Glucosa 140-180 mg/kg, fructosa 60-100 mg/kg, glicerol 8.6 mg/kg, manitol 3.2 mg/kg, sorbitol 4.5 mg/kg (Juárez-Montiel et al., 2011).
Antioxidantes y quimioprotectores	Niveles de fenoles (390 a 640 mg/100 mg de huitlacoche) mayor al frijol, manzana y pera
Alto contenido en fibra (fermentación)	Al carecer de la enzima α -galactosidasa se realiza la fermentación.
Minerales (mg/kg)	Fósforo (P) 342.1 a 390.0, magnesio (Mg) 262.7, calcio (Ca) 18.6 a 60.0, sodio (Na) 12.1, hierro (Fe) 2.8, zinc (Zn) 2.5, manganeso (Mn) 1.9 (Méndez-López et al., diciembre de 2019)
Propiedades antimutagénicas	Presencia de fibra dietaria (lignina y polisacáridos resistentes a las enzimas digestivas) (Salazar-Torres et al., 2021)
Producción de biosurfactantes (glicolípidos)	Ácido celobiosido (ustilagico) y ustilipido (lípido manosileritrol) que son empleados como antimicrobianos (Juárez-Montiel et al., 2011).
Presencia de beta glucanos	Se considera como antitumorales 1 a 12% en peso seco e inmunoestimulantes (Marfínez-Medina et al., febrero de 2021).

Uno de los componentes más importantes del huitlacoche es la fibra, indispensable para la salud intestinal (tabla 2), por lo que lo hace un alimento atractivo a favor de la salud humana (Juárez-Montiel, Ruiloba de León, Chávez-Camarillo, Hernández-Rodríguez, & Villa-Tanaca, 2011); aunque el aspecto que tiene no lo hace atractivo para la mayoría de los consumidores, por lo que se deben buscar otras alternativas alimenticias que sean aceptables para la mayoría de la población.

Tabla 2
Contenido de fibra en el huitlacoche

Tipo de fibra	Contenido (%) en peso seco
Fibra total	40 a 60
Fibra soluble	10 a 30
Fibra insoluble	30 a 50

Nota: Juárez-Montiel et al. (2011).

El huitlacoche contiene mayor cantidad de lisina comparado con otros hongos comestibles; mientras la cantidad de proteína en el huitlacoche es del orden del 10 al 14% base seca (Martínez-Flores et al., 2008).

Problemas en vida útil

Para producir huitlacoche hay que tomar en cuenta factores intrínsecos y extrínsecos (tabla 3); el no saber controlar todos lleva a que la calidad del producto final sea mermada.

Tabla 3
Factores que influyen en la calidad y cantidad del huitlacoche

Factores intrínsecos	Factores extrínsecos
Composición y tipo de sustrato	Temperatura
Fuentes de nitrógeno	Tratamiento térmico
Relación C/N	Temperatura del invernadero
pH	Luminosidad
Humedad	Humedad
Minerales	Composición del aire
Tamaño de partícula	Envase
Niveles de aparición	
Surfactantes	

Nota: Bellettini et al. (2019).

Las desventajas que pueden presentarse en el huitlacoche fresco se mencionan en la tabla 4, así como las posibles medidas de control en su conservación.

Tabla 4
Algunos efectos negativos que tiene el huitlacoche en fresco

Efecto	Situación	Medida de control
Cambio de color	Oxidación enzimática de fenoles (tirosina) favorece la formación de pigmentos cafés.	Temperatura de 3 °C para reducir el grado de obscurecimiento.
Temperatura menor a 3 °C	Rotura de agallas que expone micelio y teliosporas que son de color negro.	Controlar la temperatura de refrigeración.
Manipulación del huitlacoche	La separación de agallas produce daño mecánico al romperse el tejido, con ello, pérdida de agua y peso.	Evitar un desgrane excesivo.
Contenido nutricional	Al parecer no existe cambio al momento de la refrigeración, en especial a los aminoácidos esenciales.	Controlar la temperatura de refrigeración adecuadamente.

Nota: Martínez-Flores et al. (2008).

La variable de mayor interés en la comercialización es la vida útil y la deshidratación de las agallas (Amador-Rodríguez et al., 2015; Martínez-Flores et al., 2008). Actualmente se han investigado otras alternativas, como la pulverización del hongo para su industrialización y ser adicionado a otros alimentos (López-Martínez et al., 30 de julio de 2022).

Tendencia

Al huitlacoche se le puede ver desde distintas perspectivas: por un lado, como un componente cultural de la gastronomía mexicana; un organismo que más que una plaga es un alimento que aporta nutrientes indispensables con potencial nutracéutico y funcional; además, puede ser un producto que favorece la economía familiar al tener un mayor costo que el maíz; pues su precio es mayor alrededor de 200% en comparación con el elote sano. Por lo anterior las empresas y universidades llevan a cabo investigaciones en cuanto a la producción y selección de variedades del hongo para soportar cuestiones ambientales, producción en todo momento, calidad del producto y conservación en anaquel (Nájar, 6 de mayo de 2019).

A pesar de ser un producto que en las últimas décadas ha tenido un auge en producción, comercialización y consumo, lo que ha llevado a diferentes estudios para conocer sus componentes y sobre todo las propiedades funcionales que posee, aún falta investigar aspectos de ciertos componentes, como el perfil de aminoácidos y el lipídico; específicamente el de los ácidos grasos presentes. Aunado a esto, es preciso el desarrollo y estandarización de métodos y técnicas para el análisis de los mismos. Un aspecto para tomar en cuenta en lo anterior son las concentraciones de los componentes que pueden verse afectadas por los métodos de cultivo, la variedad de maíz, las condiciones ambientales y del suelo. Y en ese sentido se considera pertinente continuar estudiando sobre los factores que afectan la producción del hongo; como su manejo durante el cultivo, postcosecha, almacenamiento y comercialización para que pueda alargarse su vida de anaquel; ya que por el momento es corta (de 2 a 4 días aproximadamente). Esto

también ayudará a que se mantengan por más tiempo sus componentes y así mantener su calidad nutricional y organoléptica.

Con respecto a las propiedades nutraceuticas se conoce que algunas variedades de hongos contienen sustancias con actividad antiinflamatoria, compuestos inmunomoduladores y antitumorales; algunos carbohidratos funcionan como prebióticos, en este caso, el huitlacoche presenta algunas de las características antes mencionadas. Dentro de las funciones nutraceuticas de los hongos en general se encuentra la acción antimicrobiana; es decir, la generación de compuestos que tengan acción bacteriostática o bactericida, antifúngica o antiviral y que esto puede llevar a la producción de medicamentos o vacunas a bajo costo; pero no se tiene claridad acerca de si el huitlacoche contiene los compuestos que permiten dicha actividad (Beas et al., 2011; Salazar et al., 2017).

Otro aspecto interesante de los hongos es la actividad antioxidante que tienen debido a la presencia de compuestos fenólicos, flavonoides, tocoferoles, etc., por ende, se ha investigado sobre la presencia de estas sustancias y sus concentraciones en el huitlacoche. Dichos compuestos están presentes tanto en el maíz, principalmente el nativo (azul, rojo, negro, entre otros) donde se origina el huitlacoche, como en el mismo hongo (Pimentel-González, Rodríguez-Huezo, Campos-Montiel, Trapala-Islas, & Hernández-Fuentes, 2011); sin embargo, al ser un producto que le afectan las condiciones ambientales en su crecimiento, es posible que varíen dichas cantidades, por ello se siguen realizando estudios al respecto (Salazar et al., 2017).

La alimentación sustentable y sostenible se ha convertido en un tema actual muy discutido, ya que no sólo se trata de obtener alimentos que proporcionen los nutrientes necesarios para la nutrición, sino que sean un medio para mejorar la calidad de vida de la población en su aspecto social y económico asociado con el cuidado del ambiente (Rodríguez-Flores, Cifuentes-Blanco, Arreguín-Espinosa, & Rodríguez-Bustamante, 2021).

En particular, en México se está buscando reducir la incidencia de patologías como diabetes, hipertensión, cáncer, etc., y también continúa habiendo una fuerte desnutrición en algunas regiones del país (Gómez Delgado & Velázquez Rodríguez, 2019), por lo que hay una tendencia en el consumo de alimentos que puedan contribuir a una alimentación equilibrada. En este sentido el huitlacoche se ha convertido en un recurso importante, ya que su composición nutrimental apunta a destacar como un alimento funcional por la cantidad de componentes bioactivos (flavonoides, fitosteroles, etc.), los cuales se conoce pueden disminuir el riesgo de padecer algunas enfermedades crónico-degenerativas (Beas et al., 2011).

Por ejemplo, en un estudio realizado en dos comunidades rurales de Puebla se mostró que la población presentaba situaciones alimenticias deficientes, destacando que existe una falta de fibra, vitaminas y minerales (Martínez-Medina et al., febrero de 2021); por lo que se recomendó que se incentiven pláticas comunitarias hacia una alimentación sana y nutritiva a través de alimentos regionales y de temporada; además de las nuevas tendencias de los alimentos tradicionales en forma de polvo que pueden ser adicionados en otros alimentos para realzar las propiedades nutricionales y funcionales (López-Martínez et al., 30 de julio de 2022).

No debe ignorarse que también una parte de la población está inclinándose en el consumo de alimentos de origen vegetal, es decir que se ha incrementado el número de personas que son vegetarianas y/o veganas. La industria se ha preocupado por innovar en productos que tienen este origen y que puedan ser apetecibles y que cubran las necesidades de este sector de la población. Es por eso que muchas empresas están promoviendo la alimentación *plant based*; además de que se sigue buscando cómo incorporar algunos productos en alimentos de consumo cotidiano (THE FOOD TECH, 17 de enero de 2023); donde se deben considerar factores como costo, sabor, disponibilidad y procesamiento. Algunos productos como las bebidas, por ejemplo, la manganada (base de mango, tequila y limón), *Spicy Maple* (miel de maple con especias como paprika y pimientos de cayena), *Soju* (bebida alcohólica destilada de Corea), entre otros.

Para el huitlacoche se realizó un experimento con pasta de hongo en tortilla en forma de totopos (chips) horneados donde se apreció que los compuestos funcionales aumentaban su valor; con este resultado existe la oportunidad de procesar al huitlacoche en una forma comercial en productos de consumo masivo; alimentos que no requieren fritura, como algunas botanas (Amador-Rodríguez et al., 2015). Otra alternativa es la harina de huitlacoche adicionada a la harina de sémola (pasta tipo *fetuccini*) donde se ha demostrado que aumenta la cantidad de proteína y de fibra presente en el producto final y que los componentes funcionales se mantienen en buena cantidad después de la cocción (González-Cervantes et al., 2021).

Un aspecto importante para tomar en cuenta y del que poco se investiga es que este tipo de cultivos producen diversos compuestos (plaguicidas) que les permiten sobrevivir cuando son atacados por otros organismos patógenos, por lo que en un futuro puede utilizarse como una fuente de obtención de este tipo de productos para el control de plagas en diversos cultivos. Por lo anterior se considera prioritario seguir investigando en los campos antes mencionados, ya que se tienen un sinnúmero de oportunidades de crecimiento y mejoramiento, tanto de la población, como del medio ambiente.

CONCLUSIONES

La popularidad de este hongo que afecta al maíz en México ha dado pie a numerosos estudios para que la producción sea todo el año, tanto en cultivos de maíz híbridos como criollos; además de reconocer el valor nutricional en su consumo. Las propiedades nutricionales del huitlacoche descritas hacen que sea un alimento funcional acorde a la presencia de aminoácidos, minerales, sustancias antioxidantes, anticancerígenas; entre otras que ayudan a la nutrición y prevención de algunas enfermedades típicas de la población mexicana.

La situación del huitlacoche en fresco hace que las propiedades nutricionales tengan una vida limitada, por lo que las investigaciones de universidades e industria alimentaria buscan su transformación en harinas como alternativa del huitlacoche, o bien, la extracción de sustancias activas para adicionarlas a otros productos, por su gran biodisponibilidad, que pueden potenciar el valor del alimento.

La obtención del huitlacoche a mayor escala aún está sujeta a las condiciones ambientales y del tipo de maíz donde existe gran variabilidad en cuanto a la calidad del fruto y del contenido nutricional; por lo que se ha enfocado en tener estándares para la obtención del hongo en el cultivo del maíz y, con ello, un contenido nutricional adecuado.

REFERENCIAS

- Aguayo-González, D. J., Acosta-Ramos, M., Pérez-Cabrera, L. E., Guevara-Lara, F., & García-Munguía, A. M. (2016). Producción natural de huitlacoche [*Ustilago maydis* (DC) Corda] en el estado de Aguascalientes. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(5), 1043-1050. <https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/230/191>
- Amador-Rodríguez, K. Y., Martínez-Bustos, F., Pérez-Cabrera, L. E., Posadas-Del-Río, F. A., Chávez-Vela, N. A., Sandoval-Cardoso, M. L., & Guevara-Lara, F. (2015). Effect of huitlacoche (*Ustilago maydis* DC Corda) paste addition on functional, chemical and textural properties of tortilla chips. *Food Science and Technology*, 35(3), 452-459. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=395942248009>
- Beas F., R., Loarca P., G., Guzmán M., S. H., Rodríguez, M. G., Vasco M., N. L., & Guevara L., F. (2011). Potencial nutracéutico de componentes bioactivos presentes en huitlacoche de la zona centro de México. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 42(2), 36-44. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57922749006>
- Bellettini, M. B., Fiorda, F. A., Maieves, H. A., Teixeira, G. L., Ávila, S., Hornung, P. S., ... Ribani, R. H. (2019). Factors affecting mushroom *Pleurotus* spp. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 26(4), 633-646. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2016.12.005>
- Escalante-Perez, C., Villanueva-Sánchez, E., Sahagún-Castellanos, J., Sánchez-Cabrera, I., & Villanueva-Verduzco, C. (2020). Dinámica de la cosecha de Huitlacoche (*Ustilago maydis* Cda.) en nueve híbridos comerciales de maíz. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 23(86), 1-10. <https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/download/2955/1478>
- Gómez Delgado, Y., Velázquez Rodríguez, E. B. (2019). Salud y cultura alimentaria en México. *Revista Digital Universitaria*, 20(1), 1-18. <http://doi.org/10.22201/codeic.16076079e.2019.v20n1.a6>
- González-Cervantes, M. E., Hernández-Uribe, J. P., Gómez-Aldapa, C. A., Navarro-Cortez, R. O., Palma-Rodríguez, H. M., & Vargas-Torres, A. (2021). Physicochemical, functional, and quality properties of fettuccine pasta added with huitlacoche mushroom (*Ustilago maydis*). *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(10). <https://doi.org/10.1111/jfpp.15825>
- Juárez-Montiel, M., Ruiloba de León, S., Chávez-Camarillo, G., Hernández-Rodríguez, C., & Villa-Tanaca, L. (2011). Huitlacoche (corn smut), caused by the phytopathogenic fungus *Ustilago maydis*, as a functional food. *Revista Iberoamericana de Micología*, 28(2), 69-73. <https://doi.org/10.16/j.riam.2011.01.001>
- López-Martínez, L. X., Aguirre-Delgado, A., Saenz-Hidalgo, H. K., Buenrostro-Figueroa, J. J., García, S. H., & Baeza-Jiménez, R. (30 de julio de 2022). Bioactive ingredients of huitlacoche (*Ustilago maydis*), a potential food raw material. *Food Chemistry: Molecular Sciences*, 4. <https://doi.org/10.1016/j.fochms.2022.100076>
- Martínez-Flores, A., Corrales-García, J. J., Espinosa-Solares, T., García-Gatica, P. G., & Villanueva-Verduzco, C. (2008). Cambios postcosecha del hongo comestible

- Huitlacoche (*Ustilago maydis* (D. C.) Corda). *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 14(3), 339-346.
- Martínez-Medina, G. A., Chávez-González, M. L., Verma, D. K., Prado-Barragán, L. A., Martínez-Hernández, J. L., Flores-Gallegos, A. C.,... Aguilar, C. N. (febrero de 2021). Bio-funcional components in mushrooms, a health opportunity: Ergothionine and huitlacoche as recent trends. *Journal of Functional Foods*, 77, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.104326>
 - Méndez-López, A., Sánchez-Vega, M., Salazar-Torres, C., Martínez-Amador, S. Y., & Leal-Robles, A. I. (diciembre de 2019). El cultivo de huitlacoche: Alimento nutritivo y sustentable. En E. Loera-Alvarado, N. S. Gómez-Domínguez, & C. Granados-Echegoyen (Eds.), *Ciencias Agronómicas Aplicadas y Biotecnología* (Congreso SOMUCAAB 2019. Capítulos de libro de investigación con ISBN, pp. 9-12). Sociedad Multidisciplinaria en Ciencias Agronómicas Aplicadas y Biotecnología, A. C. <https://drive.google.com/file/d/1-SPUTfp99VaGnx1Ofi-yyx26T2C8Nf8s/view?pli=1>
 - Meneses Alvarez, L. E., González-Ibáñez, L., Solorio-Sánchez, J., González-Bonilla, A., Martínez-Carrera, D., Macías-López, A., & Torre-Villalvazo, I. (2021). Evaluación del estado nutricional y calidad de la dieta en dos comunidades rurales, Puebla, México. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*, 41(4), 30-38. <https://doi.org/10.12873/414meneses>
 - Nájjar, A. (6 de mayo de 2019). El lucrativo negocio del huitlacoche, el hongo que en México es un manjar y en el resto del mundo una plaga. *BBC News Mundo México*. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-47983704>
 - Pimentel-González, D. J., Rodríguez-Huezo, M. E., Campos-Montiel, R. G., Trapala-Islas, A., & Hernández-Fuentes, A. D. (2011). Influencia de la variedad de maíz en las características fisicoquímicas del huitlacoche (*Ustilago maydis*). *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 10(2), 171-178. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62020825002>
 - Procuraduría Federal del Consumidor. (7 de febrero de 2020). *El poder de... El huitlacoche* [Ficha electrónica informativa]. <https://elpoderdelconsumidor.org/2020/02/el-poder-de-el-huitlacoche/>
 - Rodríguez-Flores, E., Cifuentes-Blanco, J., Arreguín-Espinosa, R., & Rodríguez-Bustamante, E. (2021). La inclusión del huitlacoche, plaga para algunos y alimento para otros, en la biodiversidad y la soberanía alimentaria de México. En T. M. González Martínez, & V. Ávila-Akerberg (Eds.), *Biodiversidad y soberanías alimentarias en América Latina* (pp. 61-71, ISBN 9781792328626). Universidad Autónoma del Estado de México.
 - Ruiz-Herrera, J., & Martínez-Espinoza, A. D. (1998). The fungus *Ustilago maydis*, from the aztec cuisine to the research laboratory. *International Microbiology*, 1(2), 149-158.
 - Salazar, L. J. M., Martínez, S. M. C., Reynoso, C. R., Chávez, M. R. M., Sandoval, C. M. L., & Guevara, L. F. (2017). Capacidad antioxidante y caracterización fitoquímica de extractos etanólicos de huitlacoche (*Ustilago maydis-Zea mays*) crudo y cocido. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 48(3), 37-47. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57956616005>
 - Salazar-Torres, J. C., Méndez-López, A., Álvarez-Hernández, R., & Sánchez-Vega, M. (2021). *El huitlacoche, alimento prehispánico vigente en México. Historia, aprovechamiento y técnicas de producción* (ISBN: 978-607-98316-9-1). Universidad Autónoma Chapingo- Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
 - Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). (20 de octubre de 2018). El huitlacoche, un hongo parásito muy productivo (Blog).

<https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/el-huitlacoche-un-hongo-parasito-muy-productivo>

- THE FOOD TECH. (17 de enero de 2023). La industria plant-based: su estado actual y los retos que enfrentará en 2023. *THE FOOD TECH* (Hoja informativa). <https://thefoodtech.com/tendencias-de-consumo/la-industria-plant-based-su-estado-actual-y-los-retos-que-enfrentara-en-2023/>
- Villanueva, V. C. (1997). Huitlacoche (*Ustilago maydis*) as a food in Mexico. *Micología Neotropical Aplicada*, 10, 73-81.



Esta obra está bajo una licencia internacional [Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Usted es libre de Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

Adaptar — remezclar, transformar y construir a partir del material

La licenciente no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Atribución — Usted debe dar crédito de manera adecuada, brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciente.

NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con propósitos comerciales.

CompartirIgual — Si remezcla, transforma o crea a partir del material, debe distribuir su contribución bajo la misma licencia del original.