

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

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

¹María de Lourdes Ramírez-Vega, ²Rutilio Ortiz-Salinas

¹Departamento 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: mramirez@correo.xoc.uam.mx ORCID: <https://orcid.org/>

²Departamento 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/>

*Autor para correspondencia

Recibido: 14 de septiembre del 2023

Aceptado: 14 de mayo del 2024

Publicado: 31 de mayo del 2024

<https://doi.org/10.33064/iycuaa2024926089>
e6089

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 alterno. 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 y que puede ser un ingrediente potencial para complementar ciertos alimentos en el consumo de la población mexicana y con ello 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 others' food for consumption by the Mexican population associated with good health.

Keywords: food; huitlacoche; health; alternative; technology

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 como es el caso de algunos hongos (las patitas de pájaro, las pancitas o yemitas, los tomatillos y los hongos amarillos), frijol, nopal entre otros (González et al., 2021; Salazar-Torres et al., 2021).

El huitlacoche o cuilacoche es un hongo parásito considerado como una plaga en el maíz, en México es considerado como un platillo gastronómico de gran valor cultural y actualmente con potencial de exportación por su valor gourmet conocido como la trufa mexicana (SADER, 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 un mayor tiempo de anaquel. En la época prehispánica, el huitlacoche este fue conocido como un gran alimento debido a las distintas preparaciones culinarias y éste se mantuvo en el periodo colonial como una alternativa de alimentación diferente al grano de maíz (Ruíz y Martínez, 1998).

Actualmente en México, es un producto consumido en la región Centro- Sur de México para satisfacer los platillos tradicionales, como las quesadillas, sopas y carne preparada, mole, bebida entre otros. Dicho alimento tiene un gran valor económico que supera al valor de la mazorca, por lo que algunas empresas de sector alimentario lo han procesado para obtener enlatados para su exportación (Villanueva, 1997; Salazar-Torres et al., 2021).

El objetivo del siguiente trabajo es hacer una revisión de los valores nutricionales y relevantes del huitlacoche y su impacto en la alimentación de la población mexicana consumidora.

Antecedentes

El hongo 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 están en 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 es variable su precio acorde al lugar (tianguis o mercados) y temporada (Poder del consumidor, 2020).

Es un producto altamente perecedero dado su vida útil de dos a tres días, dado 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 cuitlacoche es un hongo parásito que infecta a los granos de maíz y con los conocimientos culinarios de la población han logrado que este hongo sea considerado como un alimento (Escalante-Pérez et al., 2020).



Figura 1. Hongo huitlacoche (SADER, 2018; Najjar, 2019).

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

En el estado de Aguascalientes el huitlacoche se obtiene en la temporada primavera-verano-otoño (mazo-noviembre) (Aguayo-González et al., 2016; Najjar, 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-Pérez 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 una humedad relativa entre 80-85 % y una temperatura entre 16- 32°C.

De acuerdo con el trabajo de Escalante-Pérez 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 de 14 ha.

De acuerdo con Martínez-Flores et al. (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 que ayuda en la vida de anaquel.

Beneficios en su 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 un 44.3 a 48.9% de aminoácidos totales y destacan por mayor contenido a serina, glicina, ácido aspártico y glutámico (SADER, 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., 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, 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 al 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 Manganeseo (Mn) 1.9 (Méndez-López et al., 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 (ustiliagico) y ustilípido (lípido manosileritrítol) 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 (Martínez-Medina et al., 2021).

Uno de los componentes más importantes del huitlacoche es la presencia de fibra indispensable para la salud intestinal (Tabla 2) por lo que lo hace un alimento atractivo a favor de la salud humana (Juárez-Montiel, 2011).

Aunque, el aspecto que tiene no lo hace atractivo para la mayoría de los consumidores por lo que se debe de buscar otras alternativas alimenticias que sean aceptables a la mayoría de la población.

Tabla 2
Contenido 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

Juárez-Montiel, 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 10-14 % base seca (Martínez-Flores et al., 2008).

Problemas en su vida útil

Para producir huitlacoche hay que tomar en cuenta factores intrínsecos y extrínsecos como se muestran en la tabla 3; el no saber controlarlos a todos lleva a que la calidad del producto final se vea 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	

Bellettini et al., (2019).

Las desventajas que pueden presentarse en el huitlacoche fresco son los que se mencionan en la tabla 4, así como sus 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. Afecta	Temperatura de 3°C reduce 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	Al separar las agallas hay 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.

Martínez-Flores et al., 2008

La variable de mayor interés en la comercialización es la vida útil y, la deshidratación de las agallas (Martínez-Flores et al., 2008, Amador-Rodríguez et al., 2015). Actualmente se ha investigado otras alternativas como es el caso de la pulverización del hongo para su industrialización y ser adicionados a otros alimentos (López-Martínez, 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 un 200% en comparación del 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, 2019).

A pesar de ser un producto que en las últimas décadas ha tenido un auge en su producción, comercialización y consumo, lo cual ha llevado a diferentes estudios para conocer sus distintos componentes y sobre todo las propiedades funcionales que posee,

aún falta por investigar aspectos referentes a ciertos componentes, como el caso del 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 éstos. 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 el 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 la vida de anaquel de éste, 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 que presentan 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 un bajo costo, pero de la misma manera no se tiene claridad si el huitlacoche contiene los compuestos que permiten tener 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., y 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 (como el maíz azul, rojo, negro, entre otros) donde se origina el huitlacoche como en el mismo hongo (Pimentel-González et al., 2011), sin embargo, al ser un producto que le afectan las condiciones ambientales en su crecimiento, es posible que varíen dichas cantidades y 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 solo se trata de obtener alimentos que proporcionen los nutrientes necesarios para la nutrición, sino que además 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 et al., 2021).

En particular, en México se está buscando reducir la incidencia de patologías como la diabetes, la hipertensión, el cáncer, etc. y también continúa habiendo una fuerte desnutrición en algunas regiones del país (Gómez & Velázquez, 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., 2021), por lo que se recomendó que se incentiven pláticas comunitarias de una alimentación sana y nutritiva a través de los alimentos regionales y de temporada que se dan en la zona. 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., 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. En este sentido 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 como incorporar algunos productos en alimentos de consumo cotidiano (The Food Search, 2023), donde se debe considerar factores como el costo, sabor, disponibilidad y procesamiento. Algunos productos como las bebidas, por ejemplo mangonada (base de mango, tequila y limón), Spicy Maple (miel de maple con especies como paprika y pimientas 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 en su valor, con este resultado existe la oportunidad de procesar al huitlacoche en una forma comercial en productos de consumo masivo como es el caso de alimentos que no requieren fritura como lo son algunas botanas (Amador-Rodríguez et al., 2015). Otra alternativa es la harina de huitlacoche adicionada a la harina de sémola (pasta tipo fettuccini) 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 y 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 y criollos además de reconocer su 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 una alternativa del huitlacoche. O bien, la extracción de sustancias activas para adicionarlos a otros productos, por su gran biodisponibilidad que pueden potenciar el valor del alimento.

Actualmente, la obtención del huitlacoche a mayor escala aún está sujeto a las condiciones ambientales y del tipo de maíz donde existe una gran variabilidad en cuanto

a la calidad del fruto y del contenido nutricional. Por lo que se ha enfocado tener estándares para su 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.
- 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.
- 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
- Bellettini, M. B., Fiorda, F. A., Maieves, H. A., Teixeira, G. L., Ávila, S., Hornung, P. S., Júnior, A. M., Ribani, R. H. (2019). Factors affecting mushroom *Pleurotus spp.* *Saudi Journal of Biological Sciences*. 26: 633-646.
- El poder del Consumidor. (2020). El poder de... El huitlacoche. Análisis de productos. Recuperado: <https://elpoderdelconsumidor.org/2020/02/el-poder-de-el-huitlacoche/>.
- 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
- González-Cervantes, M. E., Hernández-Urbe, 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*. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15825>.
- González, I. L., Solorio, S. J., González, B. A., Martínez, C. D., Macías, L. A., Torre, V. I., Meneses, A. M. E. (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.

- Gómez, D. Y., Velázquez, R. E. B. (2019). Salud y cultura alimentaria en México. *Revista Digital Universitaria*. 20(1): 1-18.
- Juárez-Montiel, M., Ruiloba L. 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
- López-Martínez, L. X., Aguirre-Delgado, A., Saenz-Hidalgo, H. K., Buenrostro-Figueroa, J. J., García, S. H., Baeza-Jiménez, R. (2022). Bioactive ingredients of huitlacoche (*Ustilago maydis*), a potential food raw material. *Food Chemistry: Molecular Sciences*. 30(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., Thakur, M., Srivastav, P. P., Aguilar, C. N. (2021). Bio-funcional components in mushrooms, a health opportunity: Ergothioneine 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. (2019). El cultivo de huitlacoche: alimento nutritivo y sustentable. En *Ciencias Agronómicas Aplicadas y Biotecnología*. Editores: Loera-Alvarado E., Gómez-Dominguez N. S., Granados-Echegoyen C. Recuperado: [Elcultivodehuitlacoche_alimentonutritivoysustentable \(1\).pdf](#)
- Nájjar, A. (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*. Recuperado: [El lucrativo negocio del huitlacoche, el hongo que en México es un manjar y en el resto del mundo una plaga - BBC News Mundo](#)
- 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

- 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: González Martínez T. M. y Ávila-Akerberg, V. (eds.) *Biodiversidad y soberanías alimentarias en América Latina* (pp. 61-71) ISBN 9781792328626, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca.
- Ruiz-Herrera, J.; Martínez-Espinosa, A. D. (1998). The fungus *Ustilago maydis*, from the aztec cuisine to the research laboratory. *International Microbiology*. 1: 149-158
- SADER (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural). (2018). Recuperado: <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/el-huitlacoche-un-hongo-parasito-muy-productivo>.
- 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.
- 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. Universidad Autónoma Chapingo-Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. ISBN: 978-607-98316-9-1
- The Food Tech. (2023). La industria plant-based: su estado actual y los retos que enfrentará en 2023 Recuperado: <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. *Micol Neotrop. Apl.* 10: 73-81.