



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN
NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE QUÍMICO FARMACOBIOLOGÍA

**ESTUDIO NUTRICIONAL Y ALTERNATIVAS DE USO DEL
HUITLACOCHÉ (*Ustilago maydis*) DESECADO EN
DESHIDRATADOR SOLAR**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
QUÍMICO FARMACOBIOLOGO

PRESENTA:

p. Q.F.B. SAMANTHA GRICEL LOAIZA ANAYA

ASESOR :

D.C. HÉCTOR EDUARDO MARTÍNEZ FLORES

CO-ASESOR:

Q.F.B. VIRGINIA LOBATO SALINAS

MORELIA, MICHOACÁN. SEPTIEMBRE 2010



ÍNDICE

RESUMEN	1
1.0 INTRODUCCIÓN	3
2.0 ANTECEDENTES	6
2.1 historia del hongo <i>Ustilago maydis</i>	6
2.2 Generalidades del hongo	7
2.2.1 Ciclo de vida del <i>Ustilago maydis</i>	8
2.3 El huitlacoche como producto comercial	10
2.4 El sabor del huitlacoche	11
2.4.1 El sabor Umami.	12
2.5 Propiedades alimentarias y nutraceuticas	12
2.6 Vitaminas	13
3.0 JUSTIFICACIÓN	16
4.0 OBJETIVOS	16

4.1 Objetivo general.	16
4.2 Objetivos específicos.	16
5.0 MATERIALES Y MÉTODOS .	17
5.1 Materia prima .	17
5.2 Equipo .	17
5.3 Métodos .	18
5.3.1 Determinación de humedad .	19
5.3.2 Determinación de Grasa .	19
5.3.3 Determinación de cenizas .	19
5.3.4 Determinación de proteínas .	19
5.3.5 Determinación de absorción de aceite .	19
5.3.6 Determinación de absorción de agua .	20
5.3.7 Índice de retardo de diálisis de glucosa (IRDG) .	20
5.3.8 Determinación de fibra dietética soluble e insoluble	20
5.3.9 Determinación de carbohidratos totales .	21
5.3.10 Determinación de minerales .	21

5.3.11 Compuestos fenólicos totales	.	.	.	.	.	.	.	22
5.3.12 Deshidratación	.	.	.	.	.	.	.	23
6.0 RESULTADOS	.	.	.	.	.	.	.	25
7.0 POSIBLES USOS DEL HUITLACOCHÉ DESHIDRATADO	.	.	.	.	.	.	.	35
8.0 CONCLUSIONES	.	.	.	.	.	.	.	36
9.0 BIBLIOGRAFIA.	.	.	.	.	.	.	.	37

ÍNDICE DE TABLAS

1. Compuestos que intervienen en el sabor del huitlacoche	. 11
2. Actividad biológica y nutracéutica del huitlacoche	. . 12
3. Análisis proximal del huitlacoche deshidratado	. . . 25
4. Concentración de fibra (% de base seca) de huitlacoche	
y hongo shiitake deshidratados	 26
5. Porcentaje de absorción de agua y aceite en el	
huitlacoche deshidratado	 28
6. Resultado para el índice de retardo de diálisis de glucosa (IRDG)	28
7. Ácidos grasos con mayor porcentaje presentes en el huitlacoche	30
8. Minerales presentes en el huitlacoche	 31

ÍNDICE DE FIGURAS

1. Diagrama del ciclo de <i>U. maydis</i>	8
2. Huitlacoche	10
3. Estructura de la Tiamina y su forma activa	13
4. Estructura de la Riboflavina	14
5. Estructura de la coenzima FAD	14
6. Estructuras del Ácido Nicotínico, Nicotinamida y Dinucleótido de Niacina (NAD)	15
7. Deshidratador solar desarrollado por el CIDEM	17
8. Método de obtención de huitlacoche deshidratado	18
9. Digestión de la muestra para determinación de minerales	21
10. Gráfica del (IRDG)	29
11. Perfil de ácidos grasos presentes en el Huitlacoche	30
12. Actividad antioxidante	34
13. Concentración de compuestos fenólicos	35

RESUMEN

Las enfermedades crónico-degenerativas como diabetes mellitus, hipertensión arterial, enfermedades cardiovasculares y distintos tipos de cáncer, son las principales causas de muerte tanto en México como en el mundo. Padecimientos asociados regularmente con la edad, el envejecimiento, procesos de tipo oxidativo y en especial con la alimentación, que pueden llevar a la muerte celular, por lo que una buena dieta basada en el consumo de alimentos funcionales que contengan antioxidantes y muchos otros compuestos con actividad benéfica a la salud, ayuda en gran medida a prevenirlos. Los alimentos nutraceuticos o alimentos funcionales se definen como "los alimentos que proveen beneficio para la salud más allá de la "nutrición básica" y que no presentan efectos secundarios como los fármacos". Mantener un estado saludable a través de la alimentación es un reto social y personal. Para lograr una dieta sana, que cubra adecuadamente nuestras necesidades, debemos aprender a combinar bien los alimentos, por lo que es necesario conocer los nutrientes que contienen. Un alimento que ofrece características nutritivas y funcionales es el Huitlacoche, producto de la infección de la planta del maíz por el hongo *Ustilago maydis*, es un alimento que se conoce desde la época prehispánica y que actualmente se ha vuelto muy popular en la alta cocina, debido a su peculiar sabor; sin embargo, también es fuente de nutrientes y sustancias que brindan beneficios a la salud, posee un alto contenido en fibra, es rico en proteínas, colocándolo así entre los hongos comestibles con mayor valor proteico, particularmente puede considerarse fuente de lisina y contiene pocos hidratos de carbono; el huitlacoche también contiene antioxidantes que previenen el envejecimiento celular, y ácido linoleico, que ayuda a controlar el colesterol; destaca también su contenido de vitaminas del complejo B (B1, B2 y B3). Un reto importante para un alimento es poder mantenerse en buen estado desde que es cosechado, hasta el momento de su consumo, para eso es necesario implementar métodos que alarguen su vida de anaquel sin que sus propiedades nutricionales se vean afectadas. La deshidratación es una manera tradicional de conservar los alimentos, por lo que para este estudio se eligió el método tradicional de secado al sol, utilizando un

deshidratador solar. Para ello, muestras de huitlacoche fresco fueron desinfectadas con una sustancia comercial a base de yodo, posteriormente se cortaron en cuadros de aproximadamente un cm se colocaron en las bandejas del deshidratador. Una vez secos, fueron molidos y al polvo obtenido se le realizó su composición nutrimental y se evaluaron sus propiedades físico-químicas. El resultado más notable, fue el contenido de fibra dietética total, con un 50.04%, de la cual el 45.6878 % pertenece a la porción de fibra insoluble, mientras que el 4.3554 % restante corresponde a la porción de fibra soluble; las pruebas funcionales de absorción de sustancias orgánicas arrojaron resultados muy favorables en el caso de absorción de agua con un 533.82%, para absorción de aceite con un 434.97%; el contenido de proteína de huitlacoche que se obtuvo fue aproximadamente del 12%, mientras que la cantidad de lípidos fue de 2%; el huitlacoche también es fuente de compuestos fenólicos, sustancias importantes para combatir la oxidación producida por los radicales libres, así como también destaca la presencia de ácido linoleico entre otros ácidos grasos. Las propiedades funcionales del huitlacoche hacen de él muy buena una opción para ayudar a prevenir e incluso controlar algunos padecimientos, mejorando la calidad de vida para aquellos que lo consuman.

1.0 INTRODUCCIÓN

Las enfermedades crónico-degenerativas son las principales causas de muerte tanto en México como en el mundo. Estos son padecimientos que se asocian regularmente con la edad, el envejecimiento y en especial con la alimentación, entre otros factores. Dentro de este grupo de enfermedades cabe resaltar las de mayor relevancia y que son un problema de salud pública como la diabetes mellitus, hipertensión arterial, enfermedades cardiovasculares y distintos tipos de cáncer (WHO, 2008).

Muchas de estas enfermedades están asociadas a procesos de tipo oxidativo, que pueden llevar a la muerte celular, por lo que una adecuada alimentación, basada en el consumo de alimentos funcionales que contengan antioxidantes y otros compuestos con actividad benéfica a la salud, ayuda en gran medida a prevenirlas (Martínez y Figueroa-Cárdenas y col., 2008).

Los alimentos funcionales han tenido un amplio desarrollo en los últimos años derivado del progreso del conocimiento científico en nutrición, donde se observa que una porción de los componentes de estos alimentos, afectan algunas funciones corporales que son relevantes para el bienestar y salud del consumidor, y/o en la reducción de riesgos de contraer alguna enfermedad (Martínez y Figueroa-Cárdenas y col., 2008).

Los alimentos nutracéuticos o alimentos funcionales se definen como "los alimentos que proveen beneficio para la salud más allá de la "nutrición básica" y que no presentan efectos secundarios como los fármacos". El consumo de éstos alimentos ha mostrado ser efectivo sobre enfermedades crónicas como osteoporosis, anemia, estreñimiento, hipertensión y otras disfunciones cardiovasculares e incluso el cáncer (International Food Information Council, IFIC, 2006).

El consumo de este tipo de alimentos ha ganado popularidad en la última década, debido a la necesidad del ser humano de permanecer saludable frente a un estilo de vida sedentario y que no permite brindar el tiempo y el cuidado necesarios para llevar una alimentación adecuada; factores que han desencadenado fuertes problemas de salud pública, como es el caso de la obesidad, que según el Instituto Nacional de Salud Pública se define como “la enfermedad compleja causada por un desequilibrio entre la ingesta (consumo de alimentos) y el gasto de energía (actividad física), lo cual provoca un aumento en el peso y es un importante factor de riesgo para desarrollar otras enfermedades” entre estas, se encuentran: la hipertensión arterial, infarto al corazón, derrame cerebral, diabetes, insuficiencia cardiaca (agrandamiento del corazón), insuficiencia venosa o várices (alteraciones circulatorias), piedras en la vesícula, cáncer de mama, daño renal, problemas articulares, además de otras (Barquera, Carrion y col, 2009).

Según datos de la Secretaría de Salud para el año 2008, 44 millones de personas padecen sobrepeso u obesidad; México ocupa el segundo lugar en el mundo, sólo después de Estados Unidos, mientras que el Distrito Federal es la ciudad con mayor número de obesos a nivel mundial. En nuestro país equivalen al 42% de los 104 millones de mexicanos, en tanto que el 30% de la población infantil también presenta este problema (Godínez, 2007).

En su "Informe Mundial", la OMS afirmó que 1,200 millones de personas en todo el mundo tienen problemas de sobrepeso y obesidad, que es aproximadamente el mismo número de personas que sufren de desnutrición. Los estudios epidemiológicos muestran que el 55% de la población adulta, presenta sobrepeso y el 22% es obesa (<http://www.obesidad.net/spanish2002/default.htm>).

Es importante recordar que la obesidad no se detendrá comiendo menos, es necesario comer suficiente de forma saludable y hacer actividad física de forma permanente; una persona con sobrepeso o con problemas de obesidad no es una persona nutrida (Barquera y col., 2009).

La nutrición siempre ha estado ligada al desarrollo de las culturas y los pueblos; una mala nutrición genera necesariamente subdesarrollo. Las sociedades primero tienen que satisfacer las necesidades más básicas para emplearse adecuadamente en actividades productivas. Se pensaría que en pleno siglo XXI no deberían existir problemas de nutrición por los grandes avances tecnológicos actuales; esta suposición está muy lejos de la realidad. Por eso una de las tendencias actuales es regresar a los alimentos mínimamente procesados, o sea, alimentos que conserven sus características “naturales” (Paredes y col., 2006).

La salud a través de la alimentación es uno de los retos de la sociedad en general y de cada persona en particular. Para conseguir una alimentación sana, que cubra adecuadamente nuestras necesidades, debemos combinar bien los alimentos por lo que es necesario conocer los nutrientes que contienen (<http://www.obesidad.net/spanish2002/default.htm>).

Por lo anterior es importante encontrar alimentos que sean fuente de sustancias funcionales que permitan mejorar el estado de salud de la población (<http://www.obesidad.net/spanish2002/default.htm>), uno de esos alimentos puede ser el hongo huitlacoche (*Ustilago maydis*), que se ha consumido en nuestro país desde tiempos prehispánicos pero que no ha sido difundido masivamente su consumo.

El objetivo del presente trabajo fue hacer la determinación de las propiedades nutricionales en el hongo de huitlacoche (*Ustilago maydis*) desecado en deshidratador solar.

2.0 ANTECEDENTES

2.1 Historia del hongo *Ustilago maydis*

El hombre de los tiempos prehistóricos tuvo oportunidad de observar algunas enfermedades de las plantas, ya que la presencia de hongos fitopatógenos se ha comprobado en fósiles vegetales. Los pueblos de Egipto y Mesopotamia, según relata la Biblia, sufrieron a causa del ataque de enfermedades en sus cultivos y lo consideraron como uno de los castigos divinos. Los conocimientos en relación con enfermedades de plantas en el Continente Americano antes de la llegada de los Europeos, se concentraron en las culturas más avanzadas: maya, inca y azteca. Los habitantes del México prehispánico conocieron algunas enfermedades de plantas, en especial del maíz, cultivo base de su subsistencia. De acuerdo con la descripción y dibujo de Sahagún el carbón del maíz, *Ustilago maydis* (U. maydis) era reconocido por los aztecas y fue designado como “popoyotl” (maíz quemado) o “cuitlacohtli” o “huitlacoche” (suciedad dormida). Otros nombres con los que se le denomina actualmente al huitlacoche son: *cuitlacoche*, en Hidalgo, México, Puebla; *dentó* en lengua otomí, en Ixmiquilpan Hidalgo; también en esa lengua y región le llaman *Donta*; Shi-la en lengua chontal, en Oaxaca; *ta’chaak*, en maya en Yucatán; *Loc*, en la huasteca al sureste de San Luis Potosí, los mexicas, en su lengua náhuatl, usaban el término nanácatl (de *nácatl*, carne; *nanácatl*, reduplicación de *nácatl*) para designar en general a los hongos macroscópicos (Martínez, 2009).

Otros nombres de este hongo son, Cuitlacoche, flor de maíz, hongo del maíz, hongo de milpa, huitlacoche (todos en el centro del país); kju-tha (Estado de México); jua s, puax, tecolote, tukura, viejito (Michoacán); xanat-kuxi (Yucatán) (Herbarios, 2009).

Remontarnos a la época anterior a la llegada de los españoles a Mesoamérica tiene sin duda su magia y misterio. Sin embargo, un aspecto que

tuvo y sigue teniendo especial importancia son los alimentos y bebidas que se producían y consumían, toda una riqueza culinaria y nutricional. Esa riqueza gastronómica en la actualidad ha rebasado nuestras fronteras. Materias primas como el huitlacoche que no era utilizado y que en otras latitudes del mundo era considerado un daño a los cultivos de maíz, pero que los antiguos pobladores de Mesoamérica pudieron aprovechar y consumir- hoy en día son un componente de la cocina en lugares selectos del mundo (Paredes y col., 2006).

2.2 Generalidades del hongo

A continuación se presenta la clasificación taxonómica del huitlacoche:

Clasificación taxonómica

Reino:	Fungi
División:	Eumycota
Subdivisión:	Basidiomycotina
Clase:	Heterobasidiomycetes
Orden:	Ustilaginales
Familia:	Ustilaginaceae
Género:	<i>Ustilago</i>
Especie:	<i>Ustilago maydis</i> D.C.

(<http://www.educacionambiental.cucba.udg.mx/sitiosinteres/coaxican/elhongo.htm>)

.

2.2.1 Ciclo de vida de *Ustilago maydis*

U. maydis presenta dos tipos de esporas: 1) las teliosporas (esporas de resistencia con pared gruesa) que son diploides (dos copias de cada cromosoma) y pueden invernar grandes periodos de tiempo, y 2) las basidiosporas o esporidias (esporas haploides con una sola copia de cromosoma) que se producen por la germinación de las teliosporas, se multiplican por gemación y son saprofitas (se nutren de compuestos degradados o restos orgánicos en descomposición). Se le puede encontrar creciendo en forma de levadura (esporidias) en diferentes medios de cultivo o como micelio dicariótico (dos núcleos yuxtapuestos), generalmente creciendo dentro de la planta del maíz (Paredes y col., 2006).

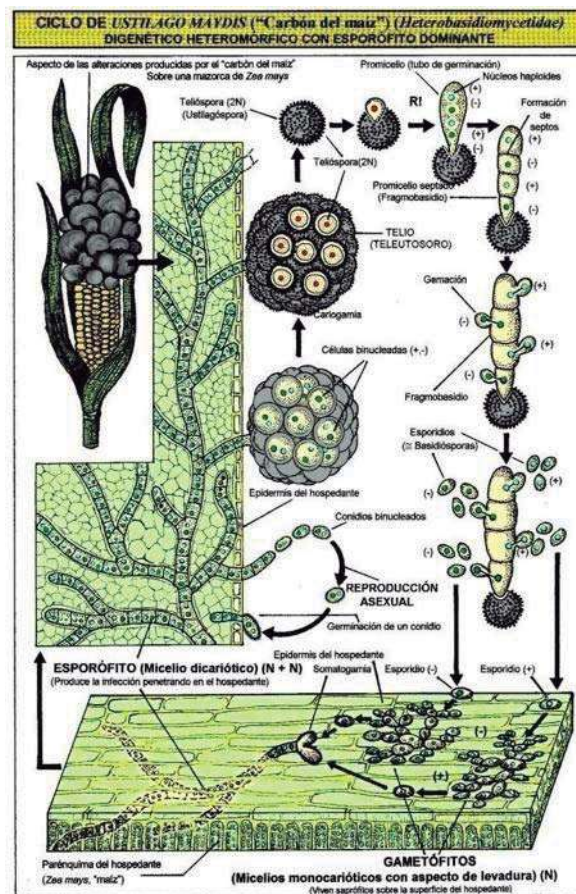


Figura 1. Diagrama del ciclo del *U. maydis*.

(unioui)

La basiospora o esporidia germina y produce una hifa que infecta la planta del maíz; las hifas compatibles se fusionan, ocurre la plasmogamia (fusión de células) y se forma el micelio dicariótico que crece y ataca las zonas meristemáticas (tejido en crecimiento) de la planta; formándose agallas en cualquier parte aérea de ésta. La fusión nuclear o cariogamia (fusión de núcleos) ocurre antes de que se formen las teliosporas (Paredes y col., 2006).

Más tarde, conforme maduran, las agallas alcanzan un diámetro de 1 a 15 cm, su interior se oscurece y se transforma en una masa polvorienta de esporas oscuras de color café olivo. La membrana gris plateada se rompe entonces y expone millones de teliosporas ennegrecidas, las cuales son liberadas a la atmósfera. Las agallas que se forman en las hojas a menudo se quedan del mismo tamaño, posteriormente se endurecen y secan pero no se rompen.

El micelio en la agalla permanece intercelularmente durante la formación de la misma, pero antes de la esporulación, las células alargadas del maíz son invadidas por el micelio, por lo que se colapsan y mueren. El micelio del hongo utiliza los contenidos de la célula para desarrollarse, y la agalla consiste entonces principalmente de micelio dicariótico y restos de células. La mayoría de las células dicarióticas posteriormente se transforman en teliosporas y durante el proceso parecen absorber y utilizar el protoplasma de las demás células miceliales, las cuales quedan vacías. Sólo la membrana que cubre a la agalla no es afectada por el hongo, pero finalmente se rompe y las teliosporas son liberadas. Algunas de éstas llegan a los tejidos jóvenes meristemáticos del maíz, producen nuevas infecciones y agallas durante la misma estación, pero la mayoría de ellas caen sobre el suelo o permanecen en los restos del maíz, donde pueden sobrevivir por años

<http://www.educacionambiental.cucba.udg.mx/sitiosinteres/coaxican/elhongo.htm>)

2.3 EL HUITLACOCHES COMO PRODUCTO COMERCIAL

Como lo mencionan Paredes y col. (2006) en su libro *“Los Alimentos Mágicos de las Culturas Indígenas Mesoamericanas”* la compañía mexicana Herdez® patentó el proceso de enlatado del huitlacoche en salmuera, bajo el nombre de huitlacoche, al mismo tiempo que otras marcas como Monteblanco® o la compañía San Miguel® presentan un producto preparado con cebolla y chile, también enlatado; además la compañía Cremísima® de Querétaro la comercializa como crema de huitlacoche. Deshidratado por liofilización es otra presentación que aparece en el mercado ocasionalmente.



Figura 2. Huitlacoche

El huitlacoche tiene importancia como componente de algunos perfumes raros y costosos; se usa en la fabricación de almizcles macrocíclicos de valor en la industria de la perfumería

(http://www.cucba.udg.mx/sitiosinteres/coaxican/introduccion_huitlacoche.htm).

2.4 EL SABOR DEL HUITLACOCHÉ

El principal uso de éste hongo es de carácter alimenticio, debido a su sabor peculiar y exquisito, razón por la que es considerado un manjar culinario tanto en México como en EU y Europa, a pesar de su aspecto no tan agradable a la vista.

El sabor de un alimento representa la percepción global que se integra por el estímulo de los sentidos del gusto, del olfato, visuales e incluso la textura; aunque de manera estricta, el sabor es sólo la sensación que ciertos compuestos producen en la superficie de la lengua, en el paladar y en los receptores trigeminales (Badui, 2006).

TABLA 1. Compuestos que intervienen en el sabor del huitlacoche.

<i>Compuestos volátiles</i>	<i>Compuestos no volátiles</i>
Derivados de ácidos grasos (1-octen-3-ol)	Aminoácidos libres (alanina, ácido glutámico)
Cetonas [1(2-hidroxi-5-metil-fenil)]	Carbohidratos (glucosa, manitol, sacarosa)
Aldehídos (octanal, fenilacetaldehído, undecenal, dodecenal)	
Ésteres (ácido heptadecanoico, metil éster; ácido 9-hexadecanoico, metil éster; ácido linoléico, etil éster; ácido oleico, etil éster)	

(Paredes y col., 2006)

De forma muy general, el sabor, es considerado como un fenómeno multidimensional, que se integra de 5 sabores primarios: dulce, amargo, salado, ácido y *umami*. Este último se sumó recientemente a la lista de sabores primarios debido al hallazgo de receptores gustativos específicos (Badui, 2006).

2.4.1 Sabor Umami

El *umami* es un sabor único, que no es fácil de describir y que está asociado principalmente a la presencia de aminoácidos como el glutamato de sodio (ácido glutámico, en su forma de aminoácido libre) y otros nucleótidos como inosinato y guanilato de sodio en los alimentos. El *umami* incrementa la sensación de dulzor en alimentos ácidos, amplifica la sensación producida por diferentes sustancias, además de modificar el tiempo de residencia en los receptores gustativos, balanceando así, la percepción del sabor en general (Badui, 2006).

2.5 PROPIEDADES ALIMENTARIAS Y NUTRACEUTICAS

Los alimentos pueden tener en forma natural sustancias que son consideradas como nutraceuticas o funcionales y por lo tanto a dichos alimentos se les conoce con el nombre de alimentos funcionales, como es el caso del hongo huitlacoche (Paredes y col., 2006). A continuación se presenta en la Tabla 2 algunos compuestos considerados funcionales en el hongo huitlacoche.

TABLA 2. Actividad biológica y nutraceutica del huitlacoche.

Compuesto	Actividad biológica Y nutraceutica
Ácido linoleico, Ácido linolénico	Mantenimiento y función de la membrana celular. Síntesis hormonal. Reducen riesgo de enfermedades cardiovasculares.
Aminoácidos libres	Reafirmantes de piel y uñas. Aumenta calidad muscular.
Fibra dietética	Prevención de desordenes gastrointestinales y diversas enfermedades crónico degenerativas.

(Paredes y col., 2006; Martínez y Figueroa-Cárdenas y col., 2008)

Además de su alto contenido en fibra, este alimento es rico en proteínas, contiene pocos hidratos de carbono, aproximadamente el 4%, el huitlacoche también contiene lisina, que es un aminoácido esencial para la formación de tejidos, así como antioxidantes que previenen el envejecimiento de las células, y ácido linoleico, que ayuda a controlar el colesterol, destaca también su contenido de vitaminas del complejo B (B1, B2 y B3) (Rivas, 2009).

2.6 Vitaminas

Tiamina (B1)

En su forma activa pirofosfato de tiamina tiene participación como coenzima en metabolismo de carbohidratos y de aminoácidos de cadena ramificada. La deficiencia de esta vitamina se relaciona con la disminución de la actividad de la descarboxilación oxidativa, que se refleja clínicamente como alteraciones mentales del sistema cardiovascular, trastornos neuríticos y beriberi (Muñoz de Chávez y col. 2002).

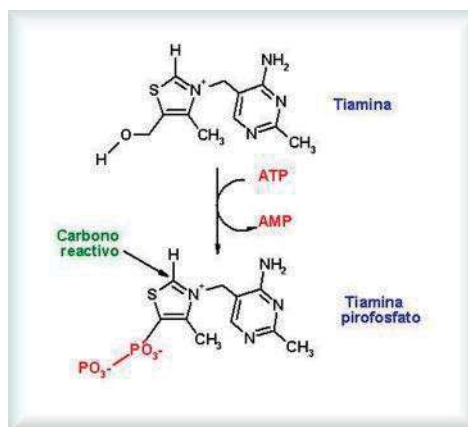


Figura 3. Estructura de la Tiamina y su forma activa.

(fmedic)

Riboflavina (B2)

Participa como parte de las coenzimas mononucleótidos de flavina (FMN) y dinucleótido de adenina flavina (FAD) en procesos metabólicos de oxidorreducción. Su deficiencia provoca lesiones bucales, dermatitis seborreica y anemia normocítica (Muñoz de Chávez y col. 2002).

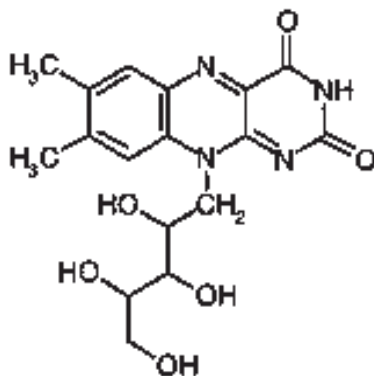


Figura 4. Estructura de la Riboflavina.

(blogspot)

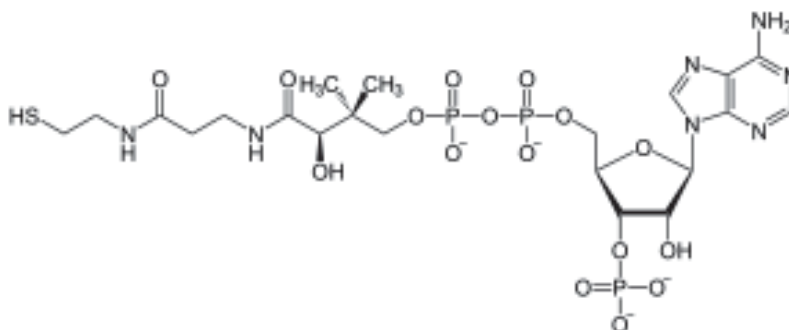


Figura 5. Estructura de la coenzima FAD.

(wikipedia)

Niacina (B3)

Es un co-sustrato en la transferencia de iones hídrido en las deshidrogenasas. Participa en la cadena respiratoria como la coenzima dinucleótido de niacina (NAD) y también en la oxidación del gliceraldehído de fosfato, lactato, alcohol, piruvato y α -cetoglutarato, así como de la oxidación de glucosa-6-P a ribosa-5P, como parte de la molécula de NADP es participe en la síntesis de ácidos grasos y de esteroides. Los requerimientos de esta vitamina se expresan como equivalentes de niacina NE considerando la síntesis de niacina a partir de triptófano en relación de 60:1. La deficiencia de niacina provoca pelagra, enfermedad que consiste en eritema pigmentado en áreas expuestas al sol, vómito, diarrea, estreñimiento, cansancio, depresión, dolor de cabeza y amnesia (Muñoz de Chávez y col. 2002).

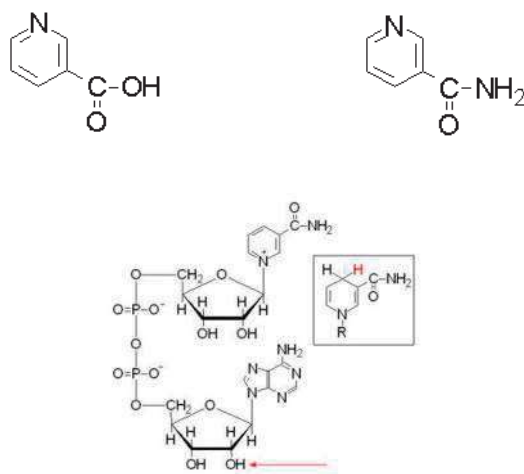


Figura 6. Estructuras del Ácido Nicotínico, Nicotinamida y Dinucleótido de Niacina (NAD).

(themedicalbiochemistrypage)

3.0 JUSTIFICACIÓN

El huitlacoche es el producto comestible, resultado de la infección de la planta del maíz por el hongo *Ustilago maydis*; a pesar de que es muy conocido como un alimento tipo gourmet, muy pocos saben sobre la calidad nutritiva de éste. Por ello, el propósito del presente trabajo es deshidratar el hongo y aumentar su vida de anaquel y presentarlo como un alternativa de uso como ingrediente culinario, así como hacer su caracterización nutricional y funcional del huitlacoche para resaltar algunas propiedades aun no conocidas y difundidas.

4.0 OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

El objetivo del presente trabajo fue estudiar la composición nutrimental del huitlacoche (*Ustilago maydis*) deshidratado y plantear alternativas para su uso.

4.2 Objetivos específicos

- Deshidratar el hongo *Ustilago maydis* con un secador solar tipo mixto.
- Estudiar la composición nutrimental del hongo *Ustilago maydis*.
- Identificar posibles compuestos químicos funcionales (nutracéuticos) que el hongo pueda contener.
- Plantear alternativas de uso para el hongo *Ustilago maydis*.

5.0 MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Materia prima

Huitlacoche deshidratado en polvo.

5.2 Equipo

- **Deshidratador solar**



Figura 7. Deshidratador solar desarrollado en el Centro de Investigación y Desarrollo del Estado de Michoacán (CIDEM).

- **Balanza Analítica Digital Sartorius ISO 9001.** Modelo: BL 1205.
- **Termoagitador Felipsa.** Modelo: FE 911.
- **Shaker Bath Orbit.** Modelo: 3540.
- **Placa de Calentamiento para Laboratorio, Lindberg.** Modelo: 53066.
- **Desecador Nalgene.** Modelo: 150MM.
- **Estufa de Secado Digital Felisa.** Modelo: Fe-291D.
- **Bomba de Vacío Siemens.** Modelo: IRF3 052-4YC31.
- **Centrifuga Hermle.** Modelo: Z 400 K.
- **Mufla Felisa.**
- **Extractor Soxhlet Tauro.**
- **Atomic Absorption Spectrometer Perkin Elmer precisely.** Modelo: AAnalyst 200

5.3 Métodos.

En la Figura 4 se muestra el diagrama de bloques para la obtención del huitlacoche deshidratado.



Figura 8. Método de obtención del huitlacoche deshidratado

5.3.1 Determinación de humedad

Se determinó siguiendo el método 934.01 de la AACC, (2000), (secado en estufa a 105 °C por 3 h).

5.3.2 Determinación de grasa

Se utilizó el método 954.02 de la AOAC, (1990), (por el método de Soxhlet y usando hexano como solvente).

5.3.3 Determinación de cenizas

Se determinó con el método 962.09 de la AOAC, (1990), (por incineración de la muestra en la mufla a 550 °C por un periodo de 4 h).

5.3.4 Determinación de proteínas

Se utilizó la metodología descrita en la Norma Mexicana NMX-F-068-S-1980 ALIMENTOS. Determinación de proteínas. Por método de Kjeldahl-Gunning.

5.3.5 Determinación de absorción de aceite

En la metodología se mezcló la muestra con aceite vegetal de cocina, agitando durante 30 min para luego centrifugar a 2500 r.p.m. por 10 min midiendo por diferencia de peso la cantidad de aceite retenido en la muestra.

5.3.6 Determinación de absorción de agua

En la metodología se mezcló la muestra con agua, agitando durante 30 min para luego centrifugar a 2500 r.p.m. por 10 min midiendo por diferencia de peso la cantidad de agua retenida en la muestra.

5.3.7 Índice de Retardo de Diálisis de Glucosa (IRDG)

Este análisis consistió en incubar la muestra en una solución de glucosa a una concentración de 50 mmol/L y someterla a diálisis por un espacio de 4h, tomando muestras a diferentes tiempos (0, 10, 20, 30, 60, 120, 150, 180, 210 y 240 min), se leyó la absorbancia a 500 nm. Se determinó el contenido de glucosa residual con el método de la glucosa oxidasa utilizando el kit de glucosa.

5.3.8 Determinación de fibra dietética soluble e insoluble (Método enzimático de Prosky y col. (1998).

En este método se adicionó a la muestra una solución buffer ajustando a un pH de 6, se le agregó la enzima α -amilasa y se colocó a baño María a 95 °C; posteriormente, se ajustó el pH a 7.5 y se adicionó la enzima proteasa calentando nuevamente a baño María a 60 °C; se ajustó de nuevo el pH ahora a 4.5 agregando la enzima amiloglucosidasa llevando a otro baño María por 30 min. La solución se filtró en papel filtro previamente pesado, en filtros de porcelana y con la ayuda de una bomba de vacío. Se filtró la muestra y se lavó con agua; el filtrado y el remanente se reservaron; la parte del papel filtro (FD insoluble) se lavó con alcohol y acetona; la parte líquida (FD soluble) se llevó a una proporción de 1:4 con alcohol previamente calentado y se dejó reposar, se filtró y se lavó con alcohol y acetona; los dos papeles filtro se colocaron a peso constante en la estufa, y finalmente se pesó y se determinó el contenido de cenizas; el cálculo se hizo por diferencia de pesos.

5.3.9 Determinación de carbohidratos totales (Método espectrofotométrico).

Esta determinación se realizó con 1g de muestra, después, esta se transfirió a una probeta de 100ml y se le adicionaron 10ml de agua destilada, se agregaron 13ml de solución de ácido perclórico al 52% con agitación por 20 min. Transcurrido dicho tiempo se llevó a un volumen final de 100ml con agua destilada, se mezcló perfectamente y se filtró con papel Wathman 542 en un matraz Erlenmeyer de 250ml. Dicho filtrado, se aforó con agua destilada hasta completar los 250 ml.

Se tomaron 10ml del filtrado anterior y se aforó hasta 100ml con agua destilada, realizada esta solución, se tomó una alícuota de 1ml y se colocó en un tubo de ensaye con tapa, en otro tubo se colocó 1ml de agua destilada usada como blanco y en otro 1ml de la solución de glucosa diluida; a todos estos tubos se les adicionaron 5ml de la solución de antrona, se taparon los tubos y se agitaron cuidadosamente. Se pusieron a baño maría (a punto de ebullición) por 12 min y finalmente se enfriaron rápidamente hasta atemperar con ayuda de un baño frío. Se leyó en el Espectrofotómetro a 630nm de longitud de onda.

5.3.10 Determinación de minerales (Método de lectura con Espectrómetro de Absorción Atómica).

Para poder hacer las lecturas correspondientes, la muestra fue sometida a un proceso de digestión con ácido nítrico y peróxido de hidrógeno, con la finalidad de degradar la materia orgánica. En la Figura 15 se observa el diagrama de bloques en donde muestra la preparación del hongo para analizarse en el equipo de espectrometría de absorción atómica.

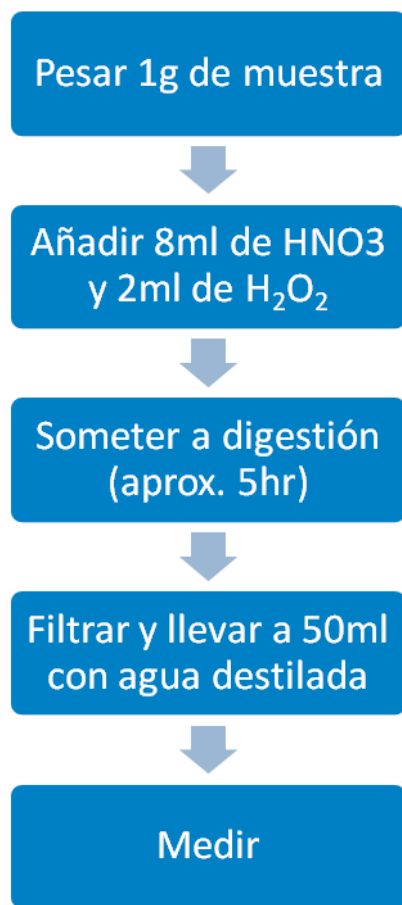


Figura 9. Digestión de la muestra para determinación de minerales

5.3.11 Compuestos fenólicos totales

Esta determinación se realizó de acuerdo a la planteada por Beltran, Oliva y col.,(2009).

Curva normal estándar

Se prepararon soluciones con 100, 200, 300, 400 y 500 mg/L de ácido pirogálico. Se transfirieron 100 µL de cada solución a tubos de ensayo, agregando 100 µL de agua destilada, 1 mL de reactivo Folin Ciocalteu y 0.8 mL de solución de carbonato de sodio (7.5 %). Los tubos se agitaron y se dejaron reposar 30 min en

la oscuridad. La absorbencia se midió a 765 nm contra un blanco preparado de la misma forma, sustituyendo la solución de ácido pirogálico por agua destilada.

Análisis de la muestra

Se pesaron 10 gramos de polvo de huitlacoche, se extrajeron en solución de ácido clorhídrico al 2% en metanol, se dejaron reposar durante 24 horas a temperatura ambiente en la oscuridad. Se diluyó el extracto en 100 ml de los mismos solventes utilizados para la extracción. La dilución se filtró y se tomaron alícuotas de 100 µl y se transfirieron a tubos de ensaye, a los tubos se les adicionaron 100 µl de agua destilada, 1ml de reactivo de Folin-Ciocalteu, 0.8 ml de solución de carbonato de sodio al 7.5%, los tubos se agitaron para homogenizar la muestra y se reposaron 30 min a temperatura ambiente en la oscuridad. Se midió absorbancia a 765 nm. El contenido de fenoles totales se calcula y expresa como equivalentes de ácido gálico (GAE) por 100 g de muestra seca.

5.3.12 Deshidratación

Para el presente trabajo, las muestras de huitlacoche se colocaron dentro del deshidratador solar, diseñado con materiales que permiten atrapar la energía solar con la finalidad de que la temperatura al interior de la caja aumente rápidamente y la pérdida de agua sea mucho más eficiente.

Deshidratador directo

En este deshidratador solar, una parte de la radiación solar es reflejada nuevamente hacia la atmósfera y el resto de la radiación solar se transmite a través del vidrio hacia el interior de la cámara. Una parte de la radiación transmitida es

reflejada a su vez por la superficie del producto, y el resto es absorbida por el producto (Vargas-Medina y Col., 2008).

Debido a la absorción de la radiación, la temperatura del producto aumenta y el alimento comienza a emitir radiación térmica que no escapa a la atmósfera debido a la presencia del vidrio. Entonces la temperatura del aire sobre el producto resulta mayor.

La cubierta de vidrio por lo tanto, permite reducir las pérdidas de calor por convección y radiación al ambiente, y permite elevar al mismo tiempo la temperatura de la cámara.

Los productos deshidratados pueden conservarse por más tiempo antes de su venta. El proceso es sencillo, seguro y eficiente. Permite a los productores dar salida a frutos con baja posibilidad de comercialización y en temporadas de desplome de precios. Los productos deshidratados no pierden esencialmente sus propiedades organolépticas (color, sabor, textura) ni nutritivas.

La energía solar es gratuita. Con el uso de otro tipo de deshidratadores (eléctricos o de combustión) el productor gastaría dinero en suministrar la energía necesaria para su operación (Vargas-Medina y Col., 2008).

6.0 RESULTADOS

El agua es requerida por los microorganismos para poder crecer y reproducirse; si en un producto el contenido de agua se reduce por debajo de un determinado valor crítico, el crecimiento de los microorganismos se hace imposible (Fox y Cameron, 2002).

El método de deshidratación, es una manera tradicional de conservar los alimentos; el secado al sol se practicaba ya en épocas que datan de aproximadamente 2000 a.c., con la finalidad de secar frutas. En la práctica moderna son muchos los equipos y los métodos usados para deshidratar los alimentos; en la mayor parte de los métodos de deshidratación el alimento tiene que rebanarse o ser picado a fin de presentar la máxima área posible de superficie para que la corriente de aire caliente arrastre la humedad (Fox y Cameron, 2002). En la Tabla 3 se muestran los resultados obtenidos en el análisis bromatológico aplicado al hongo huitlacoche deshidratado. El componente que se encuentra en mayor proporción, es la fibra dietética, que representa el 50% de la composición total del hongo, de la cual el 45.69% es del tipo insoluble y el 4.35% es soluble.

TABLA 3. Análisis proximal del huitlacoche deshidratado.

Humedad	7.33%
Cenizas	7.57%
Proteína	12.60 %
Extracto etéreo EE (grasa)	2.26%
Fibra Dietética total	50.04%
○ Insoluble	45.69%
○ soluble	4.35%
Carbohidratos	4.01 %

TABLA 4. Contenido de fibra (% de base seca) del huitlacoche y hongo shiitake deshidratados.

Componente	Hongo shiitake (<i>Lentinus edodes</i>)	Huitlacoche (<i>Ustilago maydis</i>)
Fibra total (de la cual):	49.09	50.04
Insoluble	40.7	45.68
Soluble	8.39	4.35

La fibra juega un papel importante en todas las funciones del sistema digestivo, desde la masticación hasta la evacuación. El consumo de fibra requiere un elevado tiempo de masticación, lo que implica mayor salivación, ayudando a la mejora de la higiene bucal. Ya en el estómago, las fibras solubles por su viscosidad aumentan la distensión de éste, provocando sensación de saciedad; una vez que llega al intestino delgado, aumenta el espesor de la capa de agua que traspasa los solutos para alcanzar la membrana del enterocito, provocando la disminución en la absorción de glucosa, lípidos y aminoácidos, además de los ácidos biliares, éstos últimos se unen a los residuos fenólicos y urónicos en la matriz de los polisacáridos, alterando la formación de micelas y la absorción de grasas, lo que puede ayudar a disminuir la absorción de colesterol. Por su parte la fibra insoluble, debido a los restos no digeribles y a su capacidad para retener agua, aumenta en mayor grado la masa fecal, este aumento de volumen estira la pared intestinal estimulando así los mecanismos receptores que producen los reflejos de propulsión y evacuación

(<http://scielo.isciii.es/pdf/nh/v21s2/original6.pdf>).

PROTEÍNA

El huitlacoche se encuentra dentro del grupo de hongos comestibles con mayor cantidad de proteína con un contenido del 12.6 %, sin embargo, cabe mencionar que el contenido proteico del hongo depende del genotipo de éste, el estado de desarrollo en el que se cosechó y del sustrato utilizado en el crecimiento de la planta huésped (Paredes y col. 2006).

Las proteínas del huitlacoche contienen todos los aminoácidos esenciales en las cantidades apropiadas para la dieta de un adulto; pero para la dieta de niños es deficiente en isoleucina, leucina, treonina y aminoácidos azufrados. El huitlacoche tiene proteínas de muy buena calidad, con un contenido extraordinariamente alto de lisina correspondiente a 6.6 g/100 g proteína, la lisina es un aminoácido necesario para la construcción de todas las proteínas del organismo, desempeña un papel central en la absorción del calcio; en la construcción de las proteínas musculares, la regeneración de colágeno y en la producción de hormonas, enzimas y anticuerpos (http://octi.guanajuato.gob.mx/sinnco/formulario/MT/MT2009/MT1/SESSION2/MT12_MVALDEZ_010.pdf).

EXTRACTO ETÉREO

El contenido de grasa del huitlacoche es muy bajo, el resultado que se obtuvo en presente trabajo corresponde al 2.2% de extracto etéreo. Sin embargo, a pesar de que la cantidad de lípidos es muy poca, el huitlacoche es rico en ácidos grasos cuya calidad nutricional es elevada.

CENIZAS

Las cenizas representan la fracción de sustancias inorgánicas contenidas en una muestra, es decir, la cantidad de minerales presentes en ésta; para el caso del huitlacoche el resultado obtenido fue de 7.5788 % de cenizas.

PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

En la Tabla 5 se muestran los resultados de la cantidad de agua y de aceite absorbidos por el hongo huitlacoche deshidratado. Los resultados obtenidos reflejan la capacidad que tiene la fibra dietética del huitlacoche para poder

absorber sustancias orgánicas tales como agua, aceite y glucosa respectivamente, comprobando así la funcionalidad de este hongo.

TABLA 5. Porcentaje de absorción de agua y aceite en el huitlacoche deshidratado.

Absorción de agua	Absorción de aceite
% de Absorción de agua = 533.82%	% de Absorción de Aceite = 434.97%
5.34g de agua por cada gramo de hongo deshidratado	4.35g de aceite por cada gramo de hongo deshidratado

Determinación de la absorción de glucosa

A continuación se muestran los resultados obtenidos para la absorción de glucosa por acción del huitlacoche. Lo observado indica que conforme el tiempo de incubación la cantidad de glucosa absorbida fue creciente, con excepción de las tomas de 30 y 60 min que tuvieron cierta variación en la lectura de las absorbancias. El tiempo en que la muestra se encuentra en diálisis, corresponde a 4 h, tiempo equivalente en el que el organismo lleva a cabo el proceso de digestión.

TABLA 6. Resultados para el índice de retardo de diálisis de glucosa (IRDG).

0min	10min	20min	30min	60min	120min	150min	180min	210min	240min
0.1402	1.2365	2.2479	5.6536	3.9974	4.4355	4.8260	4.8076	4.9098	5.0009

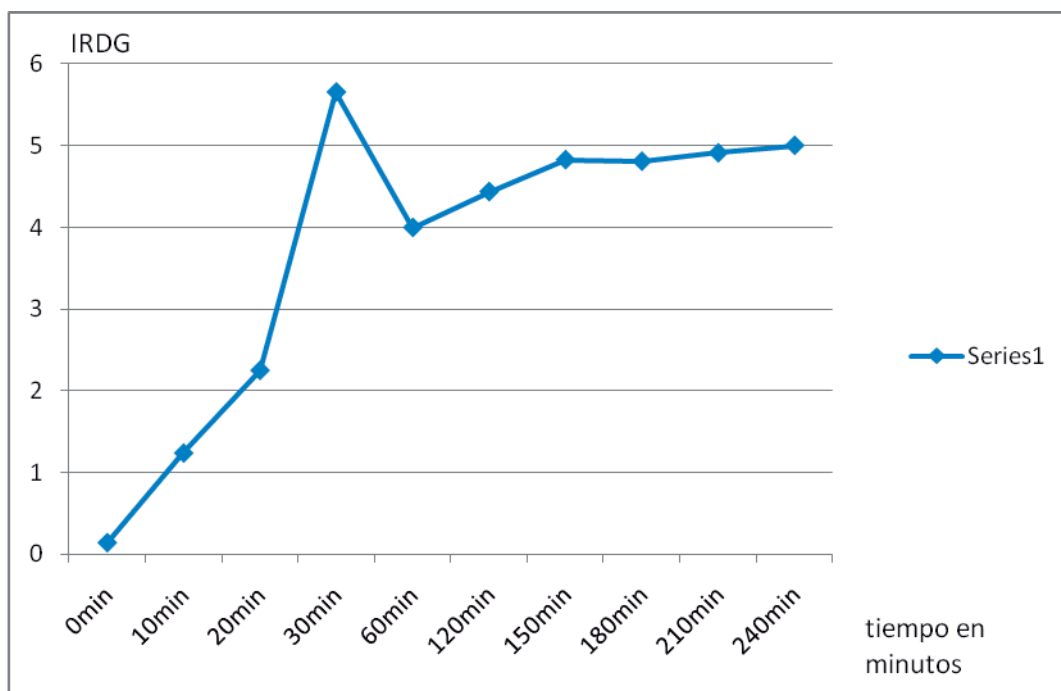


Figura 10. Gráfica del IRDG

ÁCIDOS GRASOS PRESENTES EN EL HUITLACOCHÉ

El perfil realizado mediante una cromatografía líquida de alta resolución, mostro como resultado la presencia de 22 ácidos grasos, de los cuales el ácido oleico de tipo cis, el ácido linoleico (ác. graso esencial) y el ácido palmítico son los que se encuentran en concentraciones más altas, los ácidos grasos que sobresalen en porcentaje de acuerdo a su concentración, se muestran de manera decreciente en la tabla 7.

TABLA 7. Ácidos grasos con mayor porcentaje presentes en el huitlacoche.

ÁCIDOS GRASOS MAS SOBESALIENTES	PORCENTAJE
Oleico cis	32.53343 %
Linoleico	26.31933 %
Palmítico	19.01720 %
Palmitoleico	4.01928 %
Láurico	3.95021 %
Míristico	2.19801 %
Gadoleico	2.05642 %
Linolénico	1.16588 %

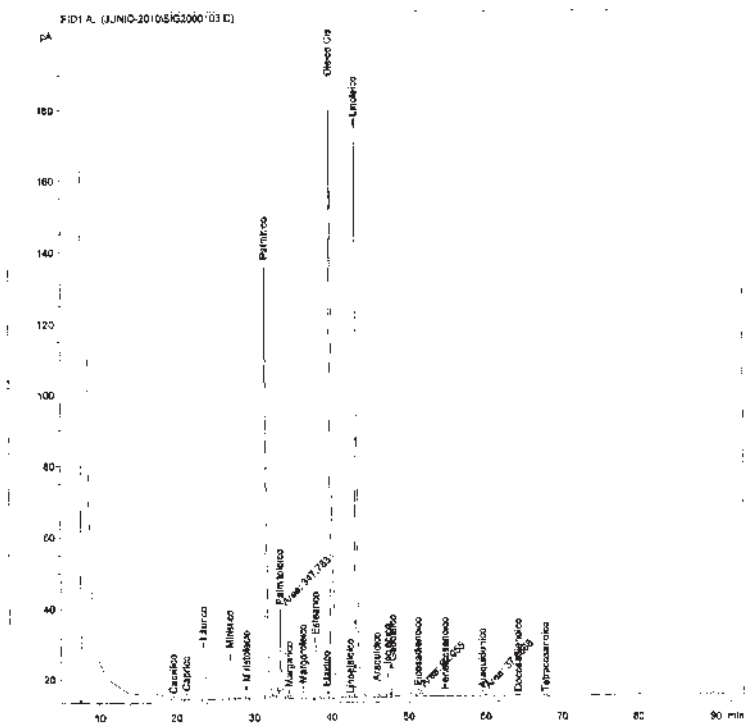


Figura 11. Perfil de ácidos grasos presentes en el huitlacoche

TABLA 8. Minerales presentes en el huitlacoche.

MINERAL CONTENIDO EN EL HUITLACOCHÉ	mg/100g				
	K	Na	Ca	Mg	Fe
	1,593 mg	1.2732 mg	11.1 mg	5.5 mg	3.5 mg

Potasio

El potasio es un mineral que interviene tanto en las funciones eléctricas como celulares del cuerpo y se lo clasifica como un electrolito. Es un mineral muy importante para el cuerpo humano, debido a que cumple diversos papeles en el metabolismo y funciones corporales y es esencial para el funcionamiento apropiado de todas las células, tejidos y órganos, ayuda a la regulación del equilibrio acidobásico, en la síntesis de las proteínas a partir de los aminoácidos y en el metabolismo de los carbohidratos, es necesario para la formación de los músculos y el crecimiento normal del cuerpo (<http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/002413.htm>).

Sodio

El cuerpo utiliza el sodio para regular la presión arterial y el volumen sanguíneo. El sodio también es crucial para el funcionamiento de músculos y nervios. La forma más común de sodio es el cloruro de sodio o sal de cocina (<http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/002415.htm> Sodio en la dieta). Éste se encuentra en forma natural en la mayoría de los alimentos, como es el caso del huitlacoche, que contiene este mineral en una concentración de 11.1 mg/100 g.

Los adultos sanos deben limitar la ingesta de sodio a 2300 mg por día, mientras que los individuos que sufran de hipertensión arterial no deben consumir más de 1500 mg por día. Aquellas personas que padezcan insuficiencia cardíaca congestiva, cirrosis hepática y nefropatía pueden necesitar cantidades mucho más bajas

(<http://www.health.gov/DietaryGuidelines/dga2005/document/html/chapter8.htm>).

Calcio

En un adulto el calcio representa entre el 1 y 2% del peso corporal, cerca del 90% se encuentra depositado en los tejidos óseo y dental; el otro 10% se encuentra en la sangre, líquido extracelular y músculo. En los tejidos el calcio participa en los mecanismos de polarización de membrana implicados en la contracción muscular, la vasodilatación, la transmisión nerviosa y la secreción glandular. La excreción de calcio, así como su resorción desde el tejido óseo, es regulada por la hormona paratiroidea (Muñoz de Chávez, Ledesma y col.). El contenido de calcio que aporta el consumo de huitlacoche corresponde al 11.1 mg/100 g.

Magnesio

El resultado obtenido en la determinación, fue una concentración de 5.5 mg en cada 100 g de huitlacoche. La importancia del magnesio radica en que éste participa como cofactor en uno 300 sistemas enzimáticos, como la producción de energía aeróbica y anaeróbica, en la síntesis de DNA y RNA, en la síntesis proteínica y en el transporte transmembrana de potasio y calcio.

Hay clara asociación entre bajos niveles de magnesio en el organismo y la presencia de alteraciones cardiovasculares, osteoporosis y diabetes mellitus; razón por la cual es importante suministrarlo dentro de la alimentación (Muñoz de Chávez, Ledesma y col., 2002).

Hierro

El contenido de hierro en le huitlacoche corresponde a 3.5 mg por cada 100 g; este mineral es uno de los más importantes porque forma parte de un grupo de proteínas implicadas en el transporte de oxígeno, como la hemoglobina, la cual contiene dos terceras partes del hierro total del organismo; una cuarta parte se localiza en otras proteínas de transporte y almacenamiento, y el resto en la mioglobina muscular (Muñoz de Chávez, Ledesma y col., 2002).

Biodisponibilidad

La biodisponibilidad se define como la porción de nutriente en el alimento ingerido que resulta accesible para su utilización en procesos metabólicos. En el caso de los nutrientes minerales, la biodisponibilidad está determinada en primera instancia por la eficiencia de la absorción desde el lumen intestinal a la sangre. En algunos casos, sin embargo, los nutrientes absorbidos pueden estar en una forma no utilizable.

La biodisponibilidad de los nutrientes minerales oscilan entre el 1% en algunas formas de hierro hasta más del 90% en el sodio y el potasio. Las razones de la amplitud de este intervalo son variadas y complejas, porque son muchos los factores que interactúan para determinar la biodisponibilidad final de un nutriente (Fennema, O.R., 2000).

COMPUESTOS FENOLICOS

Los radicales libres son átomos o grupos de átomos que tienen un electrón (e-) desapareado en capacidad de aparearse, por lo que son muy reactivos. Estos radicales recorren nuestro organismo intentando robar un electrón de las moléculas estables, con el fin de alcanzar su estabilidad electroquímica. Una vez que el radical libre ha conseguido robar el electrón que necesita para

aparear su electrón libre, la molécula estable que se lo cede se convierte a su vez en un radical libre, por quedar con un electrón desapareado, iniciándose así una verdadera reacción en cadena que destruye nuestras células (http://www.lukor.com/ciencia/radicales_libres.htm).

Las reacciones químicas de los radicales libres se dan constantemente en las células de nuestro cuerpo y son necesarias para la salud. Pero, el proceso debe ser controlado con una adecuada protección antioxidante. Un antioxidante es una sustancia capaz de neutralizar la acción oxidante de los radicales libres, liberando electrones en nuestra sangre que son captados por los radicales libres convirtiéndose en moléculas inestables (http://www.lukor.com/ciencia/radicales_libres.htm).

Los alimentos de origen vegetal contienen una serie de factores no nutricionales que tienen capacidad de protección contra ciertas enfermedades, entre los que se encuentran los compuestos fenólicos caracterizados por su alta capacidad de captar radicales libres (actividad antioxidante) (<http://www.ott.csic.es/rdcsic/rdcsicesp/rdal03esp.htm>

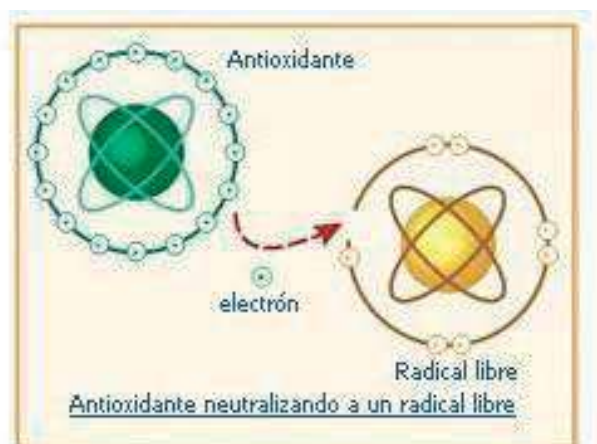


Figura 12. Actividad antioxidante

(nfcpanama)

El valor obtenido de compuestos de tipo fenólico fue de 40 mg eq. de ácido pirogálico como se observa en la figura número 9.

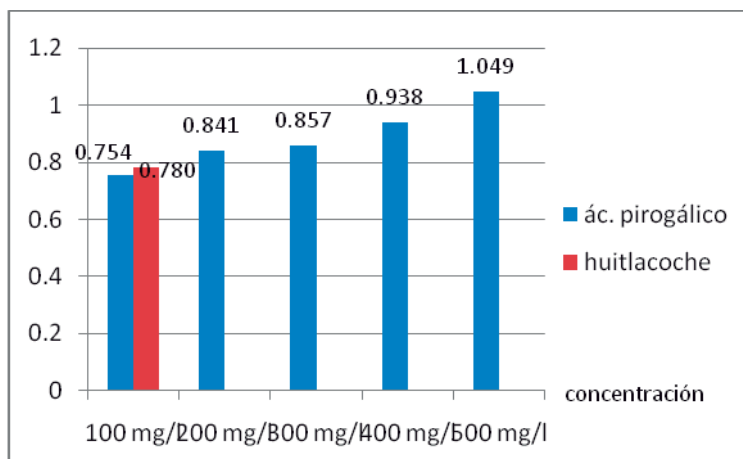


Figura 13. Concentración de compuestos fenólicos

7.0 POSIBLES USOS DEL HUITLACOCHÉ DESHIDRATADO

Por sus características nutraceuticas, el huitlacoche puede ser utilizado como ingrediente principal en la elaboración de cremas, sopas, en polvo como un suplemento de fibra, o ser adicionado a los alimentos como condimento, que además de brindar un buen sabor, contribuye también en la mejora de salud.

8.0 CONCLUSIONES

El huitlacoche es un alimento que presenta una elevada cantidad de fibra dietética, valor que corresponde al 50% de su peso, un nivel mayor al reportado en algunas bibliografías, del cual el 45.68% es fibra de tipo insoluble (FI) y el 4.35% restante, es de fibra soluble (FS); si bien el contenido de fibra de tipo soluble es muy pequeño en comparación con la fracción de fibra insoluble, es importante mencionar que las pruebas de absorción de agua, aceite y el Índice de Retardo de Diálisis de Glucosa (IRDG), arrojaron resultados favorables, que demuestran la capacidad de la FS para formar geles, en el caso de agua y retener sustancias orgánicas como los lípidos y la glucosa. Para el caso de las proteínas el valor que se obtuvo fue del 12.6%, este valor se encuentra dentro del rango manejado por a Paredes y col., que va de un 11.5% hasta el 16.4% de proteína.

El nivel de grasa del huitlacoche fue de 2.26% de extracto etéreo, el valor más alto reportado en la bibliografía es del 2.3%. Se realizó también un método espectrofotométrico para la determinación de carbohidratos expresados como porcentaje de glucosa, el valor que se obtuvo fue del 4%. Éste alimento también es fuente de sustancias minerales, los resultados que se obtuvieron de ésta determinación fueron los siguientes: para el potasio 1.559 mg, sodio 1.2732 mg, calcio 11.1 mg, magnesio 5.5 mg y hierro 3.5 mg, estos valores no representan cantidades muy elevadas, sin embargo, cuando el huitlacoche es combinado con los demás grupos alimenticios, es posible cumplir con los requerimientos diarios para dichas sustancias. Contiene 26.31% de ácido linoleico, un ácido graso esencial para el organismo, además de ser fuente de compuestos fenólicos que cumplen una función antioxidante previniendo el envejecimiento celular.

Todas sus propiedades funcionales hacen del huitlacoche, una opción muy buena para ayudar a prevenir e incluso controlar algunos padecimientos, mejorando la calidad de vida de quienes lo consuman.

9.0 BIBLIOGRAFIA:

- ❖ **AACC. American Association of Cereal Chemists. *Approved Methods*.** 10th edition. Ed. by the American Association of Cereal Chemists. Minneapolis, MN, USA. (2000).
- ❖ **A.O.A.C. Association of official Analytical Chemist. *Official Methods of Analysis*,** 1990 15th edition, Vol. I y II, U.S.A., Pags. 70, 80, 725, 777, 781, 782.
- ❖ **Badui Dergal, Salvador, 2006, “Química de los alimentos”.** Editorial Peason educación. Págs. 21-24 y 75-81.
- ❖ **Beltran Orozco, Ma. Carmen., Oliva Coba, Tzatzil., Gallardo Velazquez Tzayhri., Osorio Revilla, Guillermo, “Ácido ascorbico, contenido fenólicos, y capacidad antioxidante de las variedades roja, cereza, amarilla y blanca del fruto del cactus de la ptaya (*Stenocereus stellatus* Riccobono)”.** Agrociencia, 16 de febrero-31 de marzo, 2009,volumen 43, número 2.
- ❖ **Fennema, O.R., 2000. “Química de los Alimentos”.** 2^a edición, Editorial Acribia, 6: 475-478, 9: 745-752.
- ❖ **Fox, Brian A., Cameron, Allan G., 2002, “Ciencia de los Alimentos, Nutrición y Salud”.** Editorial Limusa 16: 384-386.
- ❖ **Martínez Flores, Héctor Eduardo y col., 2008, “Temas selectos en alimentos, nutrición y salud”.** 1:17-34, 2:39-55, 3:59-67, 4:105,122 y 6:142-152.

- ❖ **Muñoz de Chávez, Miriam, Ledesma Solano, José Angel, 2002 “Los Alimentos y sus Nutrientes, Tablas de Valor Nutritivo de Alinetos”.** Edición Internacional, Editorial Mc Graw Hill 3: 27, 28, 31-33.
- ❖ **Paredes López, Octavio y col., 2006, “Los alimentos mágicos de las culturas indígenas mesoamericanas”.** Fondo de cultura económica Págs. 1: 14, 15 y 8: 134-148.
- ❖ **Prosky, L., Asp, N.G., Schweizer, T.F., Devries, J.W., Furda, I. 1998.** determination of insoluble, soluble, and total dietary fiber in foods and food products: interlaboratory study. J Assoc of anal chem, 71(5); 1017-1023.
- ❖ **Actividad antioxidante.** Imagen.
<http://www.nfcpanama.com/wp/wpcontent/uploads/2007/07/antioxidantesyradicales-libres.jpg>
- ❖ **Aguilar Cervantes, Ileana “Omegas, las grasas necesarias”.** Consultado el 12 de enero 2010,
<http://www.fitness.com.mx/alimenta229.htm>
- ❖ **“Alimentos enriquecidos en compuestos antioxidantes”.** Consultado el 12 de enero 2010, <http://www.ott.csic.es/rdcsic/rdcsicesp/rdal03esp.htm>
- ❖ **Ciclo de *Ustilago maydis*.** Imagen
[http://www.uniovi.es/bos/Asignaturas/Botanica/Imagenes/Ustilsgo%20maydis%20\(Basidiomycetes\).JPG](http://www.uniovi.es/bos/Asignaturas/Botanica/Imagenes/Ustilsgo%20maydis%20(Basidiomycetes).JPG)

- ❖ **Dietary Guidelines for Americans, 2005;** Chapter 8 Sodium and Potassium.
Consultado el 17 de noviembre 2009,
<http://www.health.gov/DietaryGuidelines/dga2005/document/html/chapter8.htm>
- ❖ **E. Escudero Álvarez y P. González Sánchez, “ La fibra dietética”**
Nutr. Hosp., 2006. 21 (Supl. 2) 61-72, ISSN 0212-1611 • CODEN NUHOEQ
S.V.R. 318. Unidad de Dietética y Nutrición. Hospital La Fuenfría. Madrid.
Consultado el 19 de agosto 2009,
<http://scielo.isciii.es/pdf/nh/v21s2/original6.pdf>
- ❖ **Estructuras del Ácido Nicotínico, Nicotinamida y Dinucleótido de Niacina (NAD)**
Consultado el 6 de julio 2010,
<http://themedicalbiochemistrypage.org/images/nad.jpg>
- ❖ **Estructura de la coenzima FAD**
Consultado el 6 de julio 2010,
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/e9/Coenzym_A.svg/300px-Coenzym_A.svg.png
- ❖ **Estructura de la Riboflavina**
Consultado el 6 de julio 2010,
http://2.bp.blogspot.com/_Uj9eRzrKOE/S9h4fAbbdnI/AAAAAAAAABQ8/LN0ehahrAFg/s1600/Vitamina_B2-Riboflavina.jpg
- ❖ **Estructura de la Tiamina y su forma activa**
Consultado el 6 de julio 2010,
<http://laguna.fmedic.unam.mx/~evazquez/0403/hexosas%20monofosfato2archivos/image004.jpg>

❖ **El Hongo, “Ciclo de vida del hitlacoche (*Ustilago maydis*)”.**

Consultado el 19 de noviembre 2009,

http://www.educacionambiental.cucba.udg.mx/sitiosinteres/coaxican/el_hongo.htm

❖ **Fernández, Mariana, 2009, “El huitlacoche Manjar Azteca”.**

Consultado el 13 de octubre 2009,

http://www.conexionenlinea-unioncampesina.com/noticias/index.php?option=com_content&view=article&id=1309:el-huitlacoche-qmanjar-aztecaq-&catid=56:agrarias&Itemid=68

❖ **Godínez, Víctor, “Ocupa México segundo lugar mundial de obesidad; 44 millones de casos”, Organización Editorial Mexicana, 2007.**

Descargado 24 agosto 2009

<http://www.oem.com.mx/elsoldemexico/notas/n194366.htm>

❖ **Herbarios**

Descargado 01 oct. 09

<http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/monografia.php?l=3&t=&id=8017>

❖ **International Food Information Council, IFIC, 2006, “Alimentos funcionales”.** Consultado el 26 de octubre 2009,

<http://internal.ific.org/sp/nutrition/functional/index.cfm?renderforprint=1>

❖ **Jiménez de León, Juan Ramón, “Huitlacoche”.** Consultado el 13 de octubre 2009,

http://www.laspecula.com/oldwebsite/america_public/huitlacoche.htm

❖ **Martínez Pelayo, Mariana “Uso alimenticio del huitlacoche (*Ustilago maydis* D.C.)”.** Consultado el 2 de octubre 2009.

http://www.cucba.udg.mx/sitiosinteres/coaxican/introduccion_huitlacoche.htm

- ❖ **Rivas, Ángel, (2007), “Oro negro nacional”.** Consultado, 24 de octubre 2009,
<http://www.fondodeculturaeconomica.com/prensaImprimir.asp?art=9689>

- ❖ **Rivas, Mario, “Hongos, ricos en minerales y vitamina B”.**
Consultado, el 24 de agosto 2009,
<http://www.saludymedicinas.com.mx/nota.asp?id=1075>

- ❖ **Salas C., Carlos R., “¿Que son los radicales libres?”**
http://www.lukor.com/ciencia/radicales_libres.htm

- ❖ **Simon Barquera, Maria Citlalli Carrion, Mario flores y col. “La obesidad: una amenaza para la humanidad”,** consultado, el 24 de agosto 09,
http://www.emexico.gob.mx/wb2/eMex/eMex_Obesidad_un_problema_de_salud_publica

- ❖ **Valdez Morales, Maribel, Valverde, Maria Elena, Paredes López, Octavio, Sinnco, 2009, “Procedimiento tecnológico para la producción masiva de huitlacoche”.** Consultado el 8 de septiembre 2009,
http://octi.guanajuato.gob.mx/sinnco/formulario/MT/MT2009/MT1/SESION2/MT12_MVALDEZ_010.pdf

- ❖ **Vargas Medina y Col. “Deshidratadores solares: hacia un proceso de apropiación social de la tecnología”** Consultado, 13 enero 2010
<http://www.anesmichoacan.org/files/JuevesPDF/Deshidratadores.pdf>

- ❖ **World Health Organization (WHO), 2008 “Enfermedades crónico-degenerativas”.** Consultado el 25 de octubre 2009, <http://www.who.int/en/>