



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLAS DE HIDALGO
ESCUELA DE QUIMICO FARMACOBIOLOGIA

ESCUELA DE QUIMICO FARMACOBIOLOGIA

“CARACTERIZACION FISICO-QUIMICA DEL HONGO SHIITAKE (*Lentinus edodes*)
DESHIDRATADO

TESIS PARA OBTENER TITULO DE QUIMICO FARMACOBIOLOGO

PRESENTA:

p. Q.F.B. DIANA CECILIA MAYA CORTÉS

ASESOR:

D.C. HECTOR EDUARDO MARTINEZ FLORES



FEBRERO DEL 2007, MORELIA MICH.

INDICE

CAPITULO I

Introducción.....	3
1.1 Cultivo de los hongos comestibles.....	4
1.2 Valor nutricional de los hongos.....	5
1.3 Efectos benéficos en la salud.....	6

CAPITULO II

Antecedentes.....	8
2.1 Definición de fibra dietética.....	8
2.2 Composición de la fibra.....	9
2.2.1 Polisacáridos no almidón.....	10
2.2.2 Oligosacáridos resistentes.....	10
2.2.3 Lignina.....	10
2.2.4 Sustancias asociadas a polisacáridos no almidón.....	11
2.2.5 Almidones Resistentes.....	11
2.2.6 Hidratos de carbono sintéticos.....	12
2.2.7Fibras de origen animal.....	13
2.3 Clasificación de la fibra dietética.....	13
2.4 Propiedades de la fibra dietética.....	16
2.4.1 Capacidad de Absorción de Agua.....	17
2.4.2 Capacidad de Absorción de Lípidos.....	18
2.4.3 Capacidad de Absorción de Calcio.....	18
2.4.4 Capacidad de Absorción de Glucosa.....	18

2.4.5 Fermentabilidad.....	18
CAPITULO III	
Objetivos.....	21
3.1 Objetivo general.....	21
3.2 Objetivos específicos.....	21
CAPITULO IV	
Materiales y métodos.....	22
4.1 Material y Equipos.....	22
4.1.1 Materia prima.....	23
4.2 Metodología.....	23
4.2.1 Análisis Químico.....	23
4.2.2 Análisis Fisicoquímico.....	24
4.2.3 Análisis Físico.....	26
CAPITULO V	
Resultados y Discusión.....	27
5.1 Análisis Químico.....	29
5.2 Análisis Fisicoquímico.....	32
5.3 Análisis Físico.....	36
CAPITULO VI	
Conclusiones.....	38
CAPITULO VII	
Anexos.....	39
CAPITULO VIII	
Referencias Bibliográficas.....	41

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Hongo Shiitake fresco.....	3
Figura 2. Clasificación de la fibra dietética propuesta por Ha MA y col.....	14
Figura 3. Clasificación de la fibra dietética por su hidrosolubilidad.....	16
Figura 4. Capacidad de absorción de agua del hongo shiitake deshidratado y diferentes fuentes de fibras comerciales.....	33
Figura 5. Capacidad de absorción de aceite del hongo shiitake deshidratado y diferentes fuentes de fibras comerciales.....	34
Figura 6. Medición de viscosidad del hongo shiitake deshidratado y diferentes fuentes de fibras comerciales.....	35

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Determinación de los parámetros de color en hongo shiitake fresco tratado con diferentes agentes químicos y secados en estufa convencional.....	29
Cuadro 2. Análisis químico (base seca) del hongo shiitake deshidratado y de diferentes fuentes de fibras comerciales	31
Cuadro 3. Tamaño de partícula en % de muestra retenida en la malla del hongo shiitake deshidratado y diferentes fuentes de fibras comerciales.....	37

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue hacer una caracterización físico-química del hongo shiitake (*Lentinula edodes*) deshidratado con la finalidad de obtener un producto que sea una fuente de fibra dietética. El hongo fue obtenido en un vivero localizado en Tiripetío, Estado de Michoacán de Ocampo. El hongo fresco fue lavado y sometido a tratamiento para desactivar la enzima polifenoloxidasas, responsables del oscurecimiento enzimático y de desarrollar olores desagradables. El mejor tratamiento fue someter al hongo shiitake a un escaldado a 95 °C durante 3 minutos. Posteriormente, el hongo se seco a 65 °C por 24 horas, molido en molino de cuchillas y tamizado hasta obtener un producto con tamaño de partícula menor a 250 micras. Al hongo deshidratado se le determinó su composición química proximal, como fue, humedad, cenizas, extracto etéreo, proteínas y fibra dietética soluble, insoluble y total. La caracterización físico-química del hongo deshidratado consistió en realizarle las pruebas de capacidad de absorción de agua, capacidad de absorción de aceite y viscosidad. Además, para fines comparativos, las mismas pruebas físico-químicas se les practicaron a diferentes fuentes de fibras comerciales, como fueron, la kania, tarasca, nopalinaza, Xotzil y metamucil. El mayor contenido de fibra dietética total fue para metamucil (52.72%), seguido de kania (50.57%) y el hongo shiitake (49.09%). El hongo shiitake deshidratado presentó la mayor capacidad de absorción de aceite (3.13%) en comparación con los productos comerciales. De entre los productos, el que presentó la mayor capacidad absorción de agua fue el producto metamucil, siendo de 15.9%, seguido

del producto kania (8.53%) y del hongo shiitake deshidratado (5.65%). Los resultados anteriores permiten concluir que el hongo shiitake deshidratado puede ser una fuente importante de fibra dietética, capaz de prevenir enfermedades crónico-degenerativas como las cardiovasculares, al mostrar una alta capacidad de absorción de aceite y una buena capacidad de absorción de agua en comparación a los diferentes productos disponibles comercialmente.

CAPITULO I

1.0 INTRODUCCIÓN

El hongo Shiitake pertenece a la familia de *Basidiomycota*, a la clase *Hymenomycetes*, a la orden *Agaricales*, a la familia *Tricholomataceae*. Su nombre científico es *Lentinus edodes*. Este hongo ha sido cultivado desde hace varios siglos en China y Japón y actualmente se produce a gran escala en diferentes partes del mundo. Las especies silvestres del hongo Shiitake que crecen en el viejo mundo, se desarrollan desde el Japón y Rusia hasta el sureste Asiático, incluyendo Nueva Guinea, Australia, Tasmania y Nueva Zelanda. También en el oeste Asiático crece, como en el caso de Nepal y la India. En el Nuevo Mundo, el hongo crece en la Región de Norteamérica que incluye al Golfo de México, el Caribe, América Central y Sudamérica (Hibbett, 2001).

Su cultivo ha sido mayor que el *Agaricus bisporus* que es el que comúnmente se encuentra en los supermercados, y es muy apreciado por su sabor exótico en comparación con este último.



Figura 1. Hongo Shiitake (*Lentinus edodes*) fresco

1.1 Cultivo de los hongos comestibles

Los hongos consisten de filamentos o hifas, que colectivamente se les conoce como “micelio”, el cual absorbe nutrientes a partir del medio ambiente donde se desarrollan. Debido al creciente interés en alimentos naturales, exóticos y étnicos, el mercado de los hongos comestibles ha aumentado, ofreciendo cada vez una mayor versatilidad en sus formas y especies consumidas y aceptadas por el público consumidor. Se ha reportado que alrededor de 35 especies de hongos son cultivadas comercialmente, incluyendo todos los hongos de importancia medicinal, de los cuales aproximadamente 20 son producidos a escala comercial. El hongo Shiitake es cultivado ampliamente en Estados Unidos, en Europa y en el Reino Unido (Sadler, 2003). En México se cultiva en diferentes regiones, particularmente en la región centro-occidente del país, incluyendo a los estados de México, Puebla, Querétaro, y Michoacán y en la parte norte del país como es Tamaulipas. En este ultimo, el cultivo del hongo comestible y medicinal shiitake en subproductos forestales en las montañas del Estado de Tamaulipas y otras entidades del norte de México se presenta como una opción de trabajo para el sector rural que habita en esas zonas, donde las actividades económicas son muy reducidas.

Este tipo de hongo se reproduce en el ambiente natural de las montañas donde se encuentran las condiciones ideales para su producción, como temperatura, humedad, tipo de vegetación, etc.

El norte de México y muchas regiones del país cuentan con una gran variedad de especies que pueden ser de encinos, (*Quercus* ssp.), materia prima principal manejados para el cultivo de este hongo sin alterar los ecosistemas.

La técnica consiste en cinco pasos: Localización de sitios estratégicos para el cultivo del Shiitake, preparación del inóculo, preparación de ramas de encino e inoculación, Incubación y ciclo de fructificación y comercialización.

1.2 Valor nutricional de los hongos

Los hongos son considerados como una buena fuente de proteína digerible, en tanto que el contenido de lípidos es bajo. Los principales tipos de lípidos encontrados en los hongos son los fosfolípidos, los esteroides, los mono- y diglicéridos, así como ácidos grasos libres. Las moléculas bioactivas presentes en los hongos son varios tipos de polisacáridos y proteoglicanos. En general, los hongos contienen un alto contenido en fibra dietética. También, los hongos son fuente de vitaminas y minerales. Variando de acuerdo al sustrato donde crecen. Los hongos pueden proveer de fósforo, potasio, selenio, cinc, magnesio, cobre y vitaminas del complejo B (Sadler, 2003). Cheng y col. (2005) en una revisión que realizaron sobre el hongo Shiitake reportó que es fuente de potasio, de algunos aminoácidos y vitaminas.

En particular, el hongo shiitake es rico en compuestos del tipo polisacáridos, tanto almidonosos como no almidonosos, reportándose valores en un rango de 59.2 a 83% de carbohidratos totales (Mizuno, 1995; Breene, 1990). La composición de los carbohidratos en el hongo es variable, y destacan, los polisacáridos, disacáridos, monosacáridos, alcoholes azucarados, y azúcares libres (Martínez-Carrera, 2004). Los polisacáridos hidrosolubles se encuentran en cantidad de 1-5%, y los

polisacáridos totales en un 59.2%. El hongo shiitake también es una excelente fuente de fibra dietética.

1.3 Efectos benéficos de la fibra dietética a la salud

Las fibras solubles e insolubles representan un grupo de compuestos de interés fisiológico al ser humano, y la suma de ambas en el hongo shiitake nos da un contenido promedio de fibra dietética total de 39.28% tal como lo reportan Mattila y col. (2002). Beelman y Royse (2004) reportan un contenido de fibra dietética total de 47.3%. Estos valores incluyen componentes tanto insolubles como solubles en agua: como heteroglicanos, beta-glucanos, polisacáridos ácidos, hemicelulosa, quitina y otras sustancias de alto peso molecular, las cuales no son digeridas ni absorbidas, por que se consideran benéficas para el funcionamiento del aparato digestivo humano. El mayor contenido de fibra dietética en el hongo corresponde a quitina y beta-glucano. La quitina (poli- N- acetil-D-glucosamina) es el principal componente de la pared celular de los hongos comestibles. El valor reportado de quitina por Cheryl y col. (2005) es de 3.6% y el reportado por Lelley y Vetter (2004) es de 5.84%. El β -glucano es de forma soluble, polímero de glucosa con enlaces glucosídicos mixtos β -1-3 y β -1-4. Los β -glucanos a menudo se refieren como gomas o mucílagos debido a su alta capacidad de hidratación (Whistler y BeMiller, 1999).

Por otro lado, las enfermedades crónico-degenerativas como la diabetes, las enfermedades cardiovasculares y la incidencia de los diferentes tipos de cáncer son las tres principales causas de muerte en el mundo, en México y en el Estado de Michoacán. Estas muertes pueden ser prevenidas por una combinación de factores

que incluyen buenos hábitos alimentarios y realizar ejercicio diariamente. Una buena alimentación debe de incluir alimentos ricos en fibras vegetales, tanto solubles como insolubles, derivadas particularmente de frutas, vegetales y granos. Debido a lo anterior, se deben de buscar alternativas de diversas fuentes de fibras disponibles y una de ellas es la utilización del hongo shiitake, la cual no ha sido usada en nuestro país.

En México, y particularmente en la región que comprende al Estado de Michoacán, se ha reportado el creciente cultivo del hongo shiitake, el cual es destinado para consumo humano. Sin embargo, no existen reportes técnicos y/o científicos sobre el contenido nutricional y de sustancias funcionales, como la fibra dietética que el hongo contenga en su estructura, que permita inferir sobre los efectos fisiológicos que este hongo pueda tener sobre el ser humano, por lo que se hace necesario realizar estudios científicos que conduzcan a generar esa información. De esa forma, los productores de la región puedan darle un mayor agregado al hongo shiitake y los productos que de su manejo y procesamiento se deriven.

CAPITULO II

2.0 ANTECEDENTES

El interés por la fibra en nutrición humana aparece con fuerza a partir de los trabajos de Burkitt y col. (1974) que se interesaron por la relación que parece existir entre el consumo inadecuado de fibra y el aumento progresivo de enfermedades degenerativas en las sociedades desarrolladas.

2.1 Definición de fibra dietética

La fibra dietética se reconoce hoy, como un elemento importante para la nutrición sana. No es una entidad homogénea y probablemente con los conocimientos actuales tal vez sería más adecuado hablar de fibras en plural. No existe una definición universal ni tampoco un método analítico que mida todos los componentes alimentarios que ejercen los efectos fisiológicos de la fibra. Según Rojas Hidalgo (1994) “la fibra no es una sustancia, sino un concepto, más aun, una serie de conceptos diferentes en la mente del botánico, químico, fisiólogo, nutriólogo o gastroenterólogo”.

Tras la definición de Trowel, (1976) se han considerado fibras dietéticas a los polisacáridos vegetales y la lignina, que son resistentes a la hidrólisis por las enzimas digestivas del ser humano. A medida que han ido aumentando los conocimientos sobre la fibra tanto a nivel estructural como en sus efectos fisiológicos, se han dado otras definiciones que amplían el concepto de fibra.

La American Association of Cereal Chemist (2001) define: “la fibra dietética es la parte comestible de las plantas o hidratos de carbono análogos que son resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado, con fermentación completa o parcial en el intestino grueso. La fibra dietética incluye polisacáridos, oligosacáridos, lignina y sustancias asociadas de la planta. Las fibras dietéticas promueven efectos beneficiosos fisiológicos como el laxante, y/o atenúa los niveles de colesterol en sangre y/o atenúa la glucosa en sangre”.

Una definición más reciente, añade a la definición previa de fibra dietética el concepto nuevo de fibra funcional o añadida que incluye otros hidratos de carbono absorbibles como el almidón resistente, la inulina, diversos oligosacáridos y disacáridos como la lactulosa (Dietary Reference Intakes, 2001).

Entonces define a la fibra total como la suma de fibra dietética más fibra funcional. Desde un punto de vista clínico, probablemente son los efectos fisiológicos o biológicos de la fibra y por tanto su aplicación preventiva o terapéutica los que van a tener mayor importancia.

Los componentes de la fibra dietética son sustancias de origen vegetal, carbohidratos o derivados de los mismos, excepto la lignina que resiste la hidrólisis por los enzimas digestivos humanos y llegan intactos al colon donde algunos pueden ser hidrolizados y fermentados por la flora colónica.

2.2 Composición de la fibra

Con las nuevas definiciones, el número de sustancias que se incluyen en el concepto de fibra ha aumentado y es probable que la investigación que se está llevando a

cabo en este campo permita que nuevos productos puedan ser incluidos en el concepto de fibra dietética.

2.2.1 Polisacáridos no almidonosos

Los polisacáridos son todos los polímeros de carbohidratos que contienen al menos veinte residuos de monosacáridos.

El almidón digerido y absorbido en el intestino delgado es un polisacárido, por ello se utiliza el término polisacáridos no almidonosos para aquellos que llegan al colon y poseen los efectos fisiológicos de la fibra. Se podrían clasificar en celulosa, β -glucanos, hemicelulosas, pectinas y análogos, gomas y mucílagos (Ha MA y col., 2000).

2.2.2 Oligosacáridos resistentes

Se les llama oligosacáridos resistentes a los carbohidratos con un nivel de polimerización menor, y tienen de tres a diez moléculas de monosacáridos. Se dividen en fructooligosacáridos (FOS) e inulina, galactooligosacáridos (GOS), xilooligosacáridos (XOS) e, isomaltooligosacáridos (IMOS), (Ha MA y col., 2000).

2.2.3 Ligninas

No es un polisacárido sino polímeros que resultan de la unión de varios alcoholes fenilpropílicos; contribuyen a dar rigidez a la pared celular haciéndola resistente a impactos y flexiones. La lignificación de los tejidos también permite mayor resistencia al ataque de los microorganismos. La lignina no se digiere ni se absorbe ni tampoco es atacada por la microflora bacteriana del colon. Una de sus propiedades más

interesantes es su capacidad de unirse a los ácidos biliares y al colesterol retrasando o disminuyendo su absorción en el intestino delgado.

La lignina es un componente alimentario menor. Muchas verduras, hortalizas y frutas contienen un 0,3% de lignina, en especial en estado de maduración. El salvado de cereales puede llegar a un 3% de contenido en lignina (Ha MA y col. 2000).

2.2.4 Sustancias asociadas a polisacáridos no almidonosos

Son aquellos poliésteres de ácidos grasos e hidroxiácidos de cadena larga y fenoles. Los más importantes son la suberina y la cutina. Se encuentran en la parte externa de los vegetales, junto con las ceras, como cubierta hidrófoba (Mateu de Antocio X, 2004).

2.2.5 Almidones resistentes

Son la suma del almidón y de sus productos de degradación que no son absorbidos en el intestino delgado de los individuos sanos (Englyst –Cummings, 1990).

Se dividen en cuatro tipos:

- Tipo 1 o AR1 (atrapado): se encuentran en los granos de cereales y en las legumbres.
- Tipo 2 o AR2 (cristalizado): no puede ser atacado enzimáticamente si antes no se gelatiniza. Sus fuentes son las patatas crudas, plátano verde y la harina de maíz.

– Tipo 3 o AR3 (retrogradado): almidón que cambia su conformación ante fenómenos como el calor o el frío. Al calentar el almidón con agua se produce una distorsión de las cadenas de los polisacáridos adquiriendo una conformación al azar, este proceso se denomina gelatinización. Al enfriarse comienza un proceso de recristalización, llamado retrogradación. Este último es responsable del endurecimiento del pan. Sus fuentes son pan, cereales cocidos, papas cocidas y enfriadas y alimentos precocidos.

– Tipo 4 o AR4 (modificado): almidón modificado químicamente de forma industrial. Se encuentra en los alimentos procesados como pasteles, aliños industriales y alimentos infantiles. Estudios recientes señalan que la cantidad de almidón que alcanza el intestino grueso puede ser de 4 a 5 g/día, aunque en países donde la ingesta de hidratos de carbono es mayor, esta cantidad puede ser más elevada. Este almidón se comporta en el colon como un sustrato importante para la fermentación bacteriana colónica.

2.2.6 Hidratos de carbono sintéticos

Son carbohidratos sintetizados artificialmente pero que tienen características de fibra dietética. Son:

- Polidextrosa
- Metilcelulosa, carboximetilcelulosa, hidroximetilpropilcelulosa y otros derivados de la celulosa
- Curdlan, escleroglucano y análogos
- Oligosacáridos sintéticos

2.2.7 Fibras de origen animal

Son sustancias análogas a los carbohidratos que se encuentran principalmente en alimentos de origen animal. Son:

- Quitina y quitosana: forman parte del esqueleto de los crustáceos y de la membrana celular de ciertos hongos. Esta fibra se encuentra en el reino animal y vegetal.
- Colágeno.
- Condroitina.

Algunas sustancias que pueden ser incluidas como fibra dietética pero que todavía resultan controvertidas son:

- Polioles no absorbibles (manitol, sorbitol)
- Algunos disacáridos y análogos no absorbibles
- Algunas sustancias vegetales (taninos, ácido fítico y saponinas)

2.3 Clasificación de la fibra dietética

Existen actualmente varias clasificaciones de la fibra dietética, la mayoría de ellas esta basada de acuerdo a las propiedades de la misma. A continuación se mencionan las siguientes:

La clasificación propuesta por Ha MA y col, (2000) recoge de forma global los conocimientos actuales que permiten una ordenación conceptual (Fig. 1).

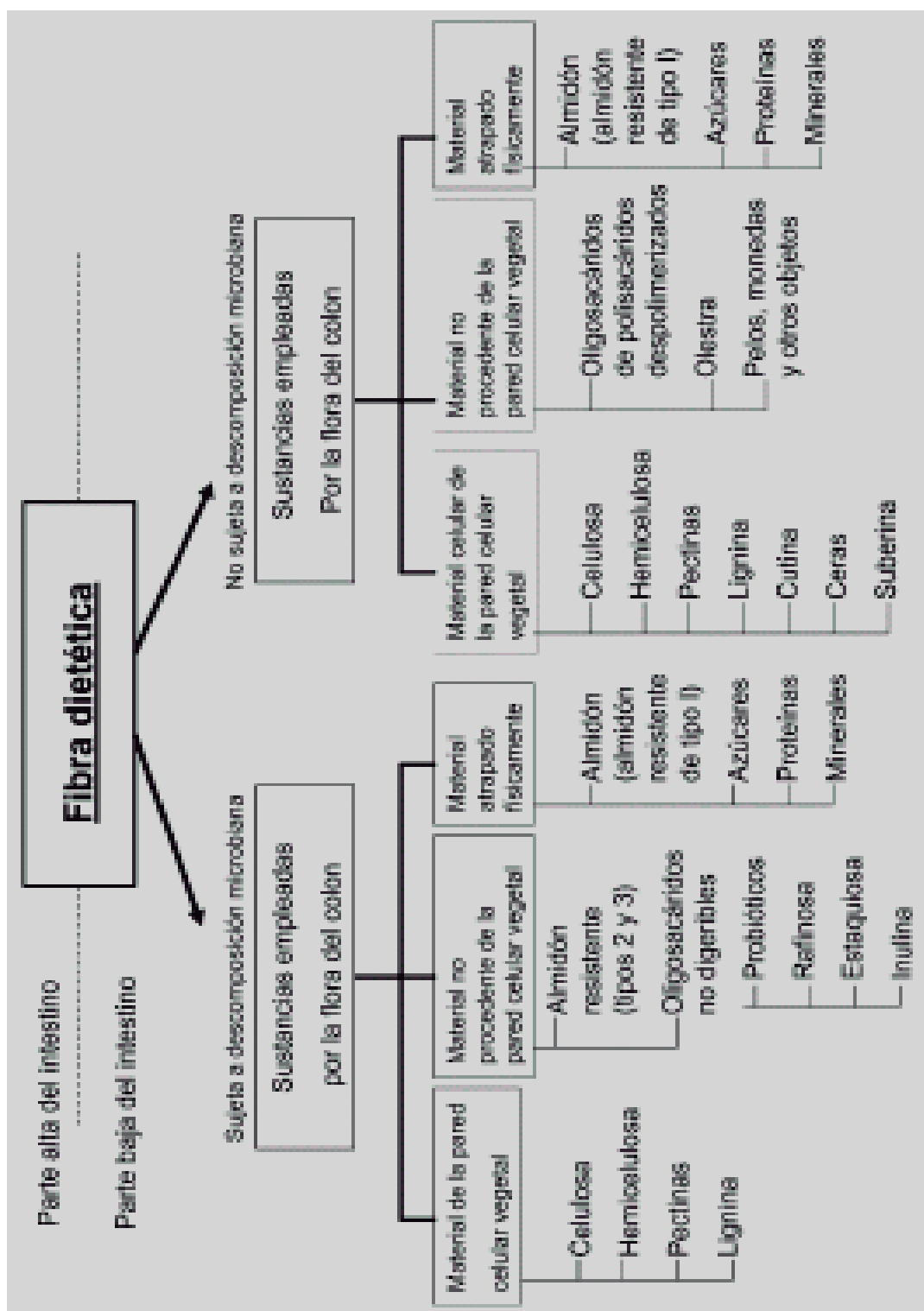


Figura. 1 Clasificación de la fibra dietética propuesta por Ha MA y col. (2000).

Desde un punto de vista estructural se clasifica en polisacáridos estructurales, polisacáridos no estructurales y no polisacáridos estructurales (Mike-García, 2002).

Una de las clasificaciones más importantes de la fibra y además una de las más empleadas, es la que se relaciona con la capacidad de esta de disolverse o dispersarse en el agua: fibra soluble e insoluble (Fig. 2).

La fibra insoluble esta integrada por sustancias como la celulosa, hemicelulosa, lignina y almidón resistente, principalmente y, que no se disuelven en agua. Los componentes de este tipo de fibra resisten la acción de los microorganismos del intestino. Su principal efecto en el organismo es disminuir el tiempo de tránsito intestinal de los alimentos y aumenta la masa fecal. También, se relaciona con la prevención de ciertos tipos de cáncer de forma indirecta (García-Obregón, 2002).

Como consecuencia, este tipo de fibra, al ingerirse diariamente, facilita las deposiciones y previene el estreñimiento (García-Obregón, 2002; Mike-García, 2002).

La fibra soluble esta formada por componentes como la inulina, pectinas, gomas y fructooligosacáridos, también algunas hemicelulosas, y otras sustancias; todo ellos con capacidad de dispersarse en agua y algunos de formar geles viscosos en el tracto intestinal que confieren volumen a las heces. En la Figura 2 se presenta la clasificación de la fibra dietética según su propiedad de hidrosolubilidad. Estas sustancias son utilizadas por los microorganismos intestinales, a través de la fermentación. La presencia de fibra soluble en la dieta, actúa principalmente sobre el metabolismo de lípidos y la glucosa; este tipo de fibra puede regular la velocidad de

absorción intestinal de los azúcares procedentes de los alimentos y contribuye a regular los niveles de glucosa y colesterol sanguíneos. Se ha demostrado que controla los niveles de glucosa en individuos con diabetes de tipo I y II. Este tipo de fibra se presenta en cantidades pequeñas en la mayoría de los alimentos predominando en leguminosas, en los cereales (avena y cebada) y en algunas frutas y verduras (García-Obregón, 2002; Mike-García, 2002).

Fibra	Lignina		Insoluble en agua ("fibra insoluble")
	Polisacáridos no almidónicos	Celulosa	
		Hemicelulosa (tipo B)	
		Hemicelulosa (tipo A) Pectinas Gomas Mucílagos Otros Polisacáridos	Soluble en agua ("fibra soluble")
Sustancias análogas a la fibra	Inulina Fructooligosacáridos		En su mayoría soluble en agua
	Almidón resistente		
	Azúcares no digestibles		

Figura 2. Clasificación de la fibra dietética por su hidrosolubilidad.

2.4 Propiedades de la fibra dietética

Las propiedades de hidrosolubilidad, fermentabilidad y viscosidad de la fibra dietética, son la base de sus beneficios fisiológicos, por lo que desde un punto de

vista práctico sería una clasificación apropiada, tal como lo plantea García Peris y col. (2000). De lo anterior se derivan conceptos ampliamente aceptados como: fibra fermentable, soluble y viscosa y fibras escasamente fermentables, insolubles y no viscosas.

2.4.1 Capacidad de absorción de Agua

Las fibras solubles en contacto con el agua forman un retículo donde la fibra queda atrapada, originándose soluciones de gran viscosidad. Los efectos derivados de la viscosidad de la fibra son los responsables de sus acciones sobre el metabolismo lipídico, hidrocarbonado y en parte su potencial anticarcinogénico.

Las fibras insolubles o poco solubles son capaces de retener el agua en su matriz estructural formando mezclas de baja viscosidad; esto produce un aumento de la masa fecal que acelera el tránsito intestinal. Es la base para utilizar la fibra insoluble en el tratamiento y prevención de la constipación crónica. Por otra parte, también contribuye a disminuir la concentración y el tiempo de contacto de potenciales carcinogénicos con la mucosa del colon (Kin, 2000)

También el tamaño de la partícula de la fibra puede influir en su capacidad de captar agua; son factores influyentes para la disminución del tamaño de partícula, el procesado del alimento, como por ejemplo la molienda de cereales, y la masticación.

Asimismo, es interesante resaltar que la retención hídrica se ve también afectada por los procesos de fermentación que puede sufrir la fibra dietética en el intestino grueso (Mataix- Gassull, 2002).

2.4.2 Capacidad de absorción de lípidos

Una dieta rica en fibra contribuye a mejorar el perfil lipídico, dado que disminuye la absorción intestinal de ácidos grasos, tanto de la dieta como del colesterol reciclado proveniente de la bilis. Por otra parte la fibra soluble, libera por efecto de fermentación, ácidos grasos de cadena corta, los cuales parecen ejercer un efecto inhibidor de la síntesis endógena de colesterol (Bourges-Rodríguez, 1996).

2.4.3 Capacidad de absorción de glucosa

La fibra es un elemento muy importante en el proceso de la digestión, ya que limita y/o disminuye la velocidad de absorción de algunos nutrientes, y favorece el tránsito intestinal. Dadas estas características, la fibra permite una absorción mas lenta de la glucosa, lo cual condiciona índices glicémicos moderados y, por lo tanto contribuye a controlar la hiperinsulinemia. Esto tiene efectos benéficos tanto en la prevención como en el tratamiento de la Diabetes (Chandalia y cols., 2000).

2.4.4 Fermentabilidad

Es probablemente la fermentabilidad, la propiedad más importante de un gran número de fibras, ya que de ella derivan multitud de efectos tanto locales como sistémicos.

La fermentabilidad está bastante relacionada con la solubilidad de cada fibra. La fibra dietética llega al intestino grueso de forma inalterada y aquí las bacterias del colon, con sus numerosas enzimas de gran actividad metabólica, pueden digerirla en

mayor o menor medida dependiendo de su estructura. Este proceso de digestión se produce en condiciones anaerobias, por lo que se denomina fermentación (Zarzuelo-Gálvez, 2005).

En el colon se dan fundamentalmente dos tipos de fermentación: fermentación sacarolítica y fermentación proteolítica.

Los principales productos de la fermentación de la fibra son: ácidos grasos de cadena corta (AGCC, como el butírico y propiónico), gases (hidrógeno, anhídrido carbónico y metano) y energía.

Todos los tipos de fibra, a excepción de la lignina, pueden ser fermentadas por las bacterias intestinales, aunque en general, las solubles lo son en mayor cantidad que las insolubles.

Los ácidos grasos de cadena corta son los productos principales de la fermentación bacteriana de carbohidratos y proteínas. Cuando llegan suficientes carbohidratos al colon, la fermentación proteica y de aminoácidos se reduce y, la mayor parte de la proteína es utilizada por la biomasa bacteriana, reduciéndose así los productos de fermentación proteica (amonio, compuestos fenólicos, etc.); algunos de los cuales son tóxicos para el individuo. Los ácidos grasos de cadena corta se absorben rápidamente en más del 90% por el colonocito, por lo que también se acompaña de una importante absorción de sodio y agua, lo que disminuye la diarrea que se asocia a la mala absorción de carbohidratos (Muschy col., 2001). El orden de utilización de los AGCC por el colonocito es butirato > acetato > propionato (Roediger, 1982).

Se sabe que el butirato puede actuar como regulador de la expresión de genes involucrados en la proliferación y diferenciación del colonocito (Velásquez y col., 1996a), siendo distinta esta estimulación según sean células normales o neoplásicas. El butirato inhibe específicamente la proliferación del compartimiento superficial de las criptas colónicas, que es considerado un fenómeno paraneoplásico. (Velásquez y col., 1996b). Por tanto, el butirato podría ejercer un papel importante en los mecanismos de defensa en contra de la carcinogénesis en el intestino grueso.

CAPITULO III

3.0 OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Hacer una caracterización fisicoquímica del hongo shiitake (*Lentinula edodes*) deshidratado.

3.2 Objetivos específicos

- Caracterización bromatológica del hongo shiitake (Humedad, cenizas, proteína, lípidos y fibra dietética soluble e insoluble).
- Deshidratación del hongo shiitake
- Caracterización físico-química del hongo shiitake deshidratado (capacidad de absorción de agua, capacidad de absorción de aceite, viscosidad, índice de retardo de glucosa, e índice de absorción de minerales).
- Caracterización de parámetros físicos del hongo shiitake deshidratado (medición de color, tamaño de partícula)

CAPITULO IV

4.0 MATERIALES Y METODOS

4.1 Material y Equipo

- Balanza Analítica Marca SARTORIUS modelo BL 120-S
- Macro-Kjeldhal
- Equipo Soxhlet marca Tauro
- Estufa de secado digital Felisa, modelo FE-291D.
- Plancha magnética con agitación marca Felisa, modelo FE-311.
- Mufla Marca FELISA modelo FE-260
- Viscosímetro marca Brookfield LVD-II
- Colorímetro Colorflex HunterLab
- Flamómetro
- Espectrofotómetro UV/Vis Samartec Plus marca Bio-RAd
- Centrífuga International Equipment Company, modelo PR-J.
- Baño Maria. Marca FELISA termo-baño modelo FE-375.
- Termo-agitador de aire Marca LAB-LINE modelo 3527.
- Bomba de vacío Marca SIEMENS modelo RF-342.

- Potenciómetro Hanna Instruments, modelo H18519
- Tamizador
- Molino marca Reischth, modelo GM 200
- Colorímetro Hunter Lab.

4.2 Materia Prima

Se empleo hongo Shiitake (*Lentinula edodes*) deshidratado. El hongo fue obtenido en un vivero localizado en Tiripetío, Estado de Michoacán de Ocampo.

4.3 Metodología

Análisis Químico

Al hongo shiitake deshidratado le fueron realizadas las siguientes determinaciones.

4.3.1 Humedad, cenizas, proteína y extracto etéreo

Los análisis de humedad, proteína y cenizas se realizaron por los métodos 934.01, 32.1.22, 942.05, respectivamente, recomendados por la AACC (2000).

4.3.2 Fibra dietética

El método esta basado en la digestión enzimática de los materiales proteicos y

amiláceos que generalmente interfieren en la cuantificación de la fibra. Las muestras secas se hidrolizaron parcialmente con Termamyl, enzima termoestable. El hidrolizado obtenido será sometido a otra digestión enzimática con proteasa y amiloglucosidasa para hidrolizar la proteína y el almidón del material. Posteriormente, la fibra dietética soluble se precipitará con alcohol y acetona; el extracto seco será determinado y en uno de los duplicados se determinará proteína y en el otro cenizas. La fibra dietética total será calculada como el peso del residuo menos el peso de la proteína y de las cenizas (Prosky y col., 1988).

4.3.3 Análisis Fisicoquímico

4.3.3.1. Capacidad de absorción de aceite

En la metodología se peso un tubo centrifuga, se le agrego 1 g de muestra con 10 mL de aceite de maíz, se reposo media hora con agitación cada 30 segundos posteriormente se centrifugo a 2500 r.p.m. por 10 minutos. Se desecha el sobrenadante y se pesa. El valor de Capacidad de absorción de aceite se saca de la siguiente formula: $\text{Capacidad de Absorción de Aceite} = (\text{peso del tubo mas sedimento}) - (\text{peso del tubo} + 1\text{g de muestra}) / 1\text{ g}$

4.3.3.2. Capacidad de absorción de agua

En la metodología se peso un tubo centrifuga, se le agrego 1 g de muestra con 10 mL de agua, se reposo media hora con agitación cada 30 segundos posteriormente

se centrifugo a 2500 r.p.m. por 10 minutos. Se desecha el sobrenadante y se pesa. El valor de Capacidad de absorción de agua se saca de la siguiente formula:
$$\text{Capacidad de Absorción de Agua} = (\text{peso del tubo} + \text{sedimento}) - (\text{peso del tubo} + 1\text{g de muestra}) / 1\text{ g}$$

4.3.3.3 Viscosidad

Para determinar la viscosidad, se utilizo 500 ml de solución al 1.5% de la muestra una temperatura de 25 °C con un viscosímetro rotatorio marca Brookfield (modelo DV-II + pro) con aguja No. 1 y a 100rpm.

4.3.3.4. Índice de retardo de diálisis de glucosa (DIRG)

Se tomó 0.2 g de muestra y se le adicionaron 20 mL de solución de glucosa 50 mmol/L. Se dejo reposar de 30 a 45 minutos. En bolsa para diálisis de 11 cm de longitud se colocaron 10 mL de la mezcla de muestra y solución de glucosa. Cerrando varios extremos se suspendieron verticalmente en 100 mL de agua destilada. Se colocaron las muestras a 37°C en agitación constante por 4 horas. Se tomaron alícuotas de 2 mL a los tiempos de 0, 10, 20, 30, 60, 120, 150, 180, 210 y 240 min. Se determinó el contenido de glucosa residual mediante el método de la glucosa oxidasa utilizando un kit de SIGMA y leyendo absorbancia a 500 nm. Las determinaciones se hicieron por triplicado y se utilizo una muestra control en la que no se adicionó muestra. (Adiotomre y col., 1990).

Se calculo el índice de retardo de diálisis de glucosa (IRDG) mediante la formula:

$$\text{IRDG} = 100 - [(\text{contenido de glucosa en el dializado con la adición de la fibra} / \text{contenido de glucosa en el dializado de la muestra control}) \times 100]$$
 (Chau y col., 2004a).

4.3.4 Análisis Físico

4.3.4.1 Tamaño de partícula

Se emplearon 50 g de muestra se hicieron pasar por tamices de 20, 40, 60, 80, 100 y 120; acoplados entre si y motados en un rotor, se agitaron por 30 min. Se desmonto y se peso la muestra retenida en cada malla.

4.3.4.2 Medición de color

Se determinó con un Colorímetro previamente calibrado con mosaicos negro y blanco, midiéndose la reflectancia de cada muestra. Se colocaron 10 g de muestra en un recipiente de cuarzo transparente que permite el paso de la luz, obteniendo los parámetros L, a y b de la escala Hunter.

CAPITULO V

5.0 Resultados y Discusión

Inicialmente, el hongo shiitake fresco fue lavado con agua común y detergente para eliminar los residuos del suelo y eliminar toda posible impureza. Posteriormente, se lavo con agua destilada y el hongo fue cortado en rebanadas para proceder al secado. El hongo fue secado en estufa digital por 24 h a 50 °C. Sin embargo, una vez seco el hongo presento una coloración café oscura y despedía un olor desagradable. La coloración, es probable que se haya debido a la presencia de la enzima polifenoloxidasas que se activo al momento que el hongo fue cortado, ya que en ese momento existió la presencia de oxígeno ambiental, condición esencial para que la enzima se active, la cual fue reforzada cuando la muestra fue expuesta a la temperatura de secado. Los hongos frescos pueden desarrollar coloraciones de color café, gris, negro, púrpura y amarilla. Los cambios en color pueden estar asociados a malas prácticas de manejo post-cosecha, como son manipulación excesiva, daño mecánico, o por corte, o durante el lavado o por la senescencia del hongo (Sapers y col., 1994). Ratcliffe y col. (1994) reportan que las enzimas tirosinasa, laccasa, y peroxidasa son las enzimas oxidativas fenólicas que ocasionan las reacciones de oscurecimiento en frutas y vegetales. Esas mismas enzimas se reportan en hongos, incluyendo al Shiitake. Simultáneamente se forman productos de bajo peso molecular, como ésteres, aldehídos y cetonas, responsables de olores característicos desagradables. El daño por microorganismos puede ser ocasionado por el microorganismo *Pseudomonas tolaasii* (Sapers y col., 1994). Las

Pseudomonas son los géneros de bacterias más abundantes en los hongos, incluyendo a la *P. tolaasii* y a la *P. reactans*, que además de causar daño puede ocasionar deterioro de color (Soler-Rivas, 1999).

Por lo anterior, el hongo fresco tuvo que ser sometido a diferentes tratamientos, tanto químicos como térmicos, tal como se muestran en el Cuadro 1. El hongo fue expuesto a los diferentes tratamientos en diversas formas, tanto entero, como en rebanadas, como en forma separada el sombrero del pie. La variable de respuesta que nos permitió saber la efectividad del tratamiento fue el parámetro de color *L*, que mide una escala de 0 a 100, donde el valor de 100 es blanco y el 0 negro. La medición se hizo con un colorímetro miniscan Hunterlab. Los tratamientos que presentaron la mayor efectividad fueron aquellos en los que el sombrero y el hongo entero fueron expuestos, en el primer caso el sombrero se sumergió 15 min en hipoclorito de sodio al 1%, se escurrió, y posteriormente se sumergió 30 seg en peróxido de hidrógeno al 5%, se escurrió y finalmente se expuso a 3 min de escaldado en agua destilada a 95 °C; en el segundo caso el hongo entero (pie + sombrero) solamente se escaldó 3 min en agua destilada a 95 °C. En el primer caso el valor del parámetro *L* fue de 72.59. Para el caso del segundo tratamiento el valor de parámetro *L* fue de 62.82. Aun cuando hubo aproximadamente 10 unidades de valor de parámetro *L* entre el primer y el segundo tratamiento, en el primer caso existió un olor residual a peróxido de hidrógeno y a cloro. Por lo tanto, el tratamiento seleccionado fue el segundo, ya que no lleva tratamiento químico y no quedan sabores residuales.

Cuadro 1. Determinación de los parámetros de color en hongo shiitake fresco tratado con diferentes agentes químicos y secados en estufa convencional.

Parte del hongo tratada	Tratamiento			Temperatura (°C)	Parámetro de color <i>L</i>
	A	B	C		
Sombrero	*	*	*	65	72.59
Pie + Sombrero			*	65	62.82
Pie	*	*	*	65	70.46
Hongo Entero		**		65	58.93
Pie + Sombrero		**	*	65	62.45
Hongo Entero	*		*	65	52.85
Hongo Entero	*	*		65	63.71
Hongo rebanado	**			50	57.74
Hongo rebanado	**			50	54.83

A*.- 15 minutos sumergido en hipoclorito de sodio al 1%

A**.- 15 minutos sumergido en hipoclorito de sodio al 10%

B*.- 30 segundos sumergido en H₂O₂ al 5%

B**.- 60 segundos sumergido en H₂O₂ al 5%

C*.- 3 minutos de escaldado en agua destilada a 95 °C.

5.2 Análisis Químico

En el Cuadro 2 se presentan los resultados de la composición química del hongo shiitake deshidratado. En él se destaca el alto contenido de proteína 22.14%. El

contenido de proteína se encuentra entre el valor de proteína reportado por Mattila y col (2002) y por Mizuno (1995) quienes reportaron valores de 21.42% y 22.7%, respectivamente.

Sin embargo, el valor más importante es su alto contenido en fibra dietética total, siendo de 49.09%. La mayor parte de la fibra dietética fue del tipo insoluble (40.70%) y en menor medida la fracción soluble (8.39%). El contenido de fibra total contenida en el hongo estudiado en la presente investigación es mayor al reportado por Mattilla y col. (2002) que fue de 39.28%, y muy parecido al documentado por Beelman y Royse (2004), que fue de 47.3%.

El mayor contenido de fibra dietética en el hongo corresponde a quitina y beta-glucano. De tal forma, que el principal tipo de fibra insoluble corresponde a la quitina y la de fibra soluble es el beta-glucano. Los hongos, levaduras e invertebrados tienen la habilidad de polimerizar ya sea los amino azúcares α -D-galactosamina o los N-acetil- α -D-glucosamina, para formar el polímero quitina, quien es el segundo polímero en importancia, después de la celulosa (Nelson, 2001). La quitina, es el principal componente de la pared celular de los hongos comestibles. El valor reportado de quitina por Cheryl y col. (2005) es de 3.6% y el reportado por Lelley y Vetter (2004) es de 5.84%. Por otro lado, el β -glucano, es un polímero de glucosa con enlaces glucosídicos mixtos β -1-3 y β -1-4. Los β -glucanos a menudo se refieren como gomas o mucílagos debido a su alta capacidad de hidratación (Whistler y BeMiller, 1999).

Cuadro 2. Análisis químico (base seca) del hongo shiitake deshidratado y de diferentes fuentes de fibras comerciales.

Determinación	Hongo	Metamucil	Nopalinaza	Xotzil	Kania	Tarasca
	shiitake					
	deshidratado (%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Humedad	12.79	4.46	7.01	4.70	4.47	3.62
Cenizas	6.05	1.70	4.28	4.15	4.84	3.57
Proteína	22.30	0.89	27.18	11.94	10.46	8.74
Extracto Etéreo	2.95	2.87	37.02	2.79	5.65	5.05
Fibra total	49.09	52.72	33.49	21.91	50.57	33.60
Fibra Insoluble	40.7	19.42	23.08	14.6	34.57	24.91
Fibra Soluble	8.39	33.3	10.41	7.31	16	8.7
Extracto libre de nitrógeno	19.61	37.36	-	32.6	24.01	11.81

Otro aporte importante en el hongo shiitake, encontrado en este estudio, es el de cenizas, el cual es de 6.05%. De acuerdo con Lelley y Vetter (2004), el mayor aporte mineral del hongo shiitake es el de potasio, siendo es de 2,599 mg/100 g de

hongo seco. Otros minerales aportados por el hongo en cantidad importante es el manganeso, siendo de 1.95 mg/100 g de hongo fresco, y el magnesio (158 mg/ 100 g de hongo fresco).

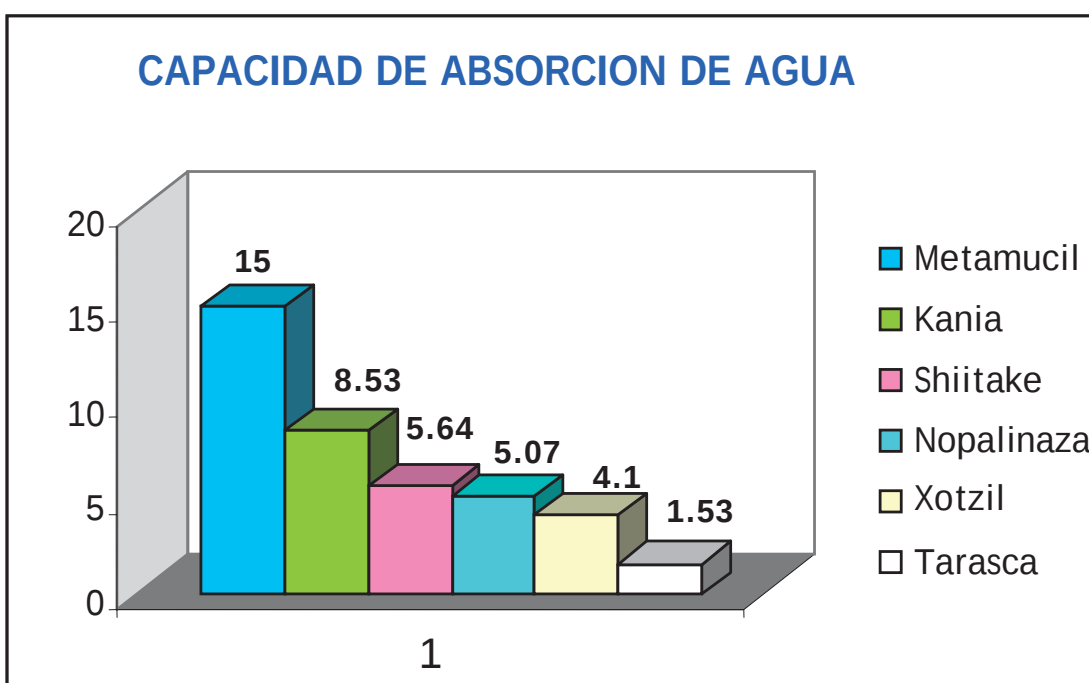
Por otro lado, el hongo shiitake tiene un bajo contenido de lípidos, encontrándose en este estudio 2.95%. El extracto libre de nitrógeno fue de 19.61% y aquí se encuentran agrupados principalmente azúcares menores, como son glucosa, trehalosa y derivados de alcohol, como el manitol.

5.2 Análisis Fisicoquímico

En las Figuras 3, 4 y 5 se observan algunas de las características físico-químicas importantes que se les debe de realizar a los productos con altos porcentajes de fibra dietética. Estos análisis fueron realizados tanto en el hongo shiitake deshidratado como en diferentes productos que se encuentran comercialmente disponibles en el mercado. De todos los productos analizados, el que presento la mayor capacidad absorción de agua (Figura 3) fue el producto metamucil, siendo de 15.9%, seguido del producto kania (8.53%), del hongo shiitake deshidratado (5.65%) y del producto nopalinaza (5.07%). Este análisis es importante, ya que una mayor capacidad de absorción de agua, implica que la fibra tendrá facilidad de formar un gel más rápidamente y podrá encapsular algunos componentes químicos, como el colesterol, lípidos en general, azúcares y ácidos biliares. Esta formación del gel es importante en el caso de los seres humanos que tienen problemas de tipo cardiovascular, relacionados al elevado ingreso de colesterol, triglicéridos y lípidos;

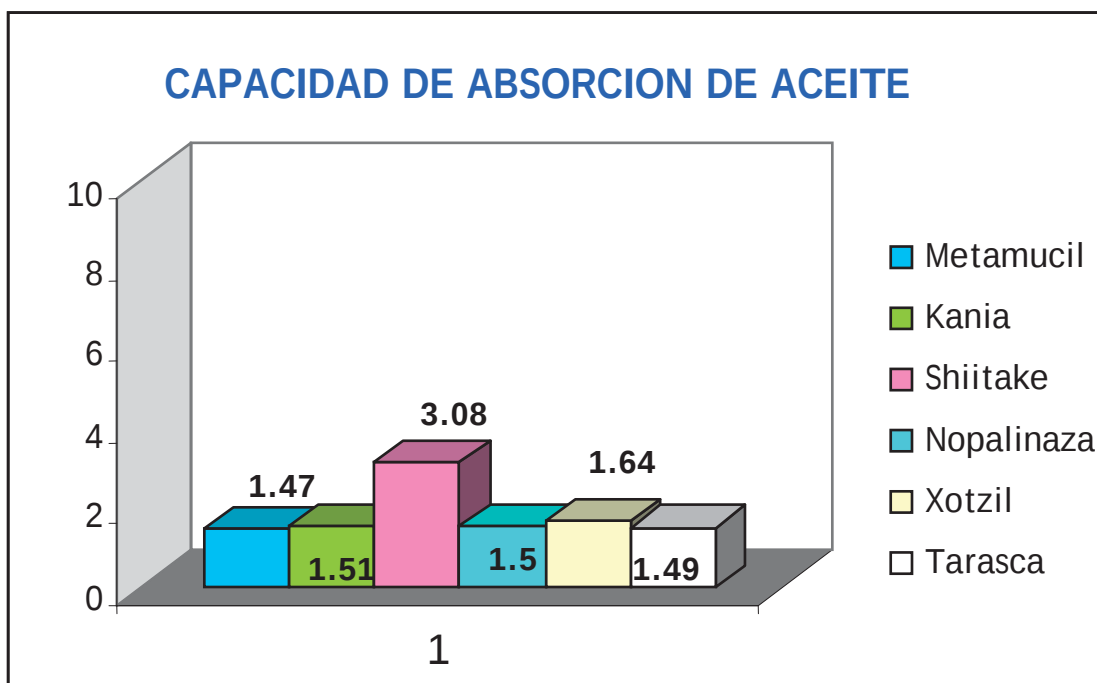
ya que éstos pueden ser atrapados en la matriz del gel formado entre la fibra y el agua absorbida, lo cual contribuiría a disminuir los niveles de dichos compuestos en el organismo humano.

Figura 3. Capacidad de absorción de agua del hongo shiitake deshidratado y diferentes fuentes de fibras comerciales.



El hongo shiitake deshidratado presento la mayor capacidad de absorción de aceite (3.13%). Los productos kania, nopalinaza y metamucil tuvieron valores similares, siendo éstos de 1.51%, 1.50% y 1.47%, respectivamente (Figura 4).

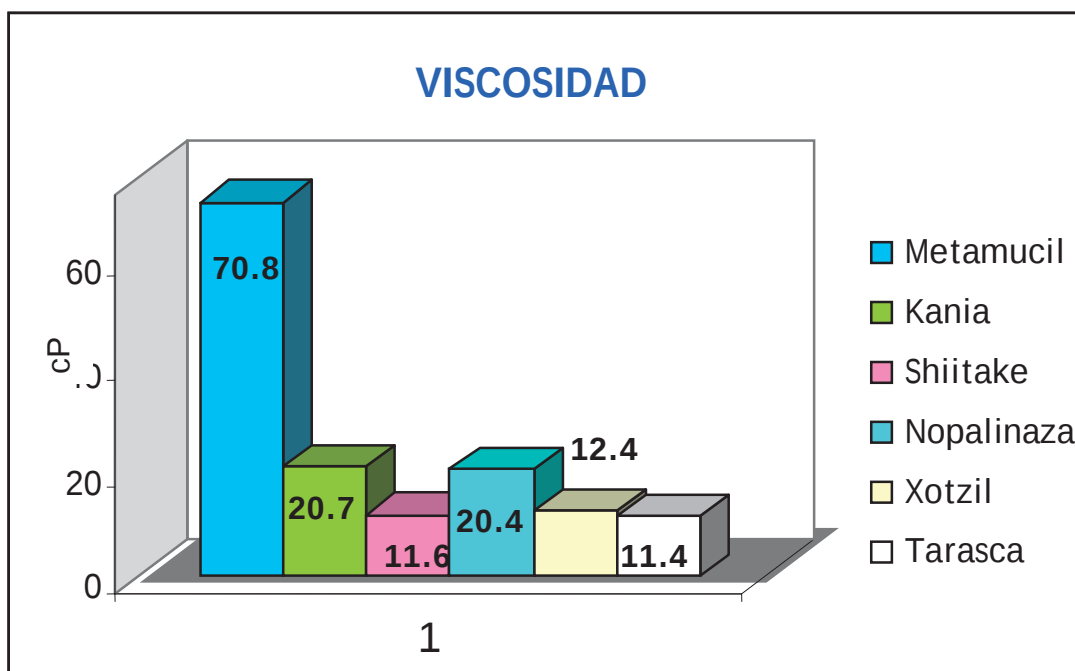
Figura 4. Capacidad de absorción de aceite del hongo shiitake deshidratado y diferentes fuentes de fibras comerciales.



Para el caso de la viscosidad (Figura 5), la que generó un mayor valor fue el producto metamucil (37.8 cP), el producto kania y la nopalinaza presentaron valores similares (20.7 y 20.4 cP, respectivamente), y el hongo shiitake deshidratado presentó una relativa baja viscosidad frente a los demás productos (11.6 cP) solo por encima de la fibra tarasca. Esta característica físico-química es importante, debido a que se ve de manera directa en cómo la fibra, que fue dispersa en agua y posteriormente adicionada de aceite de soya, absorbe el aceite. Esto indica que muy posiblemente esta misma capacidad de absorción de aceite pueda ocurrir en el tracto gastrointestinal en humanos. Cabe mencionar que en este estudio se usó un aceite vegetal, pero que tiene características muy similares al colesterol y otro tipo de lípidos. La definición de lípidos más comúnmente aceptada es que se considera

lípidos a aquellas sustancias que son solubles en disolventes orgánicos apolares como el éter etílico, éter de petróleo y hexano, entre otros, y son altamente insolubles en agua. Por lo anterior, los datos encontrados en este estudio permiten decir que la capacidad de absorción de aceite se pueda extrapolar a la capacidad que tienen las fibras analizadas para atrapar diferentes tipos de lípidos, incluyendo colesterol, triglicéridos y sales biliares.

Figura 5. Medición de viscosidad del hongo shiitake deshidratado y diferentes fuentes de fibras comerciales.



Es importante resaltar que existió una alta correlación entre la capacidad de absorción de agua, la generación de viscosidad y el contenido de fibra dietética de tipo soluble. Por ejemplo, la mayor capacidad de absorción de agua la presento el producto metamucil. Esto implica que a mayor capacidad de absorción de agua por parte del metamucil, la fibra contenida en el se hidrato y se formo un gel el cual es el

responsable de la mayor generación de viscosidad. Este mismo efecto se observó en los productos kania y nopalinaza. En el caso del hongo shiitake deshidratado, a pesar, de que obtuvo un valor similar de absorción de agua que en el caso del producto nopalinaza, presentó una menor viscosidad. Esto puede explicarse en el sentido que el contenido de fibra soluble en el hongo shiitake deshidratado es un 50% menor que el producto nopalinaza.

Debe hacerse mención que la fracción de fibra del tipo insoluble, absorbe menor cantidad de agua que la del tipo soluble, ya que en su estructura química existen menos grupos hidroxilos libres, responsables de la formación de los puentes de hidrógeno con el agua, en relación a la fracción de fibra del tipo soluble.

5.2 Análisis Físico

En el Cuadro 3 se observa la distribución del tamaño de partículas del polvo de hongo shiitake deshidratado. El mayor porcentaje se retuvo en la malla no. 60 (38.72% de las partículas), seguido de las que se retuvieron en las mallas no. 80 y no. 100 (19.53% y 8.95%). La suma de las partículas retenidas en esas tres mallas suma 67.21% del total de las partículas contenidas en el polvo de shiitake. Las aberturas de las mallas no. 60, 80 y 100 corresponden a 250, 177 y 149 micras. Es decir, el producto de hongo shiitake deshidratado presentó un tamaño de partícula entre 250 y 149 micras. Según lo mencionado por López y col. (1997) que un tamaño de partículas menor puede ayudar a adsorber mayor cantidad de grasa. Esto último es probablemente debido a que al reducir el tamaño de partículas se aumenta el área superficial de contacto de la partícula con el aceite. Parece que debe haber un punto de equilibrio, dependiendo de la característica que se busque

obtener para el producto final. Mientras que un tamaño de partícula muy grande no permitiría absorber tan rápidamente el agua, lo que tardaría más tiempo en hidratarse la fibra y mayor tiempo para la formación del gel, y por tanto más lento se haría el atrapamiento de los lípidos. Un tamaño de partícula demasiado pequeño, menor a 100 micras podría provocar aglomeración de las partículas entre sí, provocando problemas de absorción de agua, y por lo tanto, de todas las características benéficas que se buscan, como un rápida y mayor hidratación, con un elevado porcentaje de absorción de lípidos.

Cuadro 3. Tamaño de partícula en % de muestra retenida en la malla del hongo shiitake deshidratado y diferentes fuentes de fibras comerciales

Número de malla	Abertura en micras	Hongo Shiitake
Malla 20	840	0.067%
Malla 40	420	6.814%
Malla 60	250	38.722%
Malla 80	177	19.536%
Malla 100	149	8.948%
Malla 120	125	10.162%
Charola recolectora	Menor a 125	12.480%

CAPITULO VI

CONCLUSIONES

El producto deshidratado de hongo shiitake presentó excelente capacidad de absorción de aceite y buena capacidad absorción de agua. Estos resultados son importantes para predecir su comportamiento en el organismo humano, ya que a nivel intestinal puede tener posiblemente el mismo efecto de absorber agua, formar un gel que permite atrapar en su interior diferentes tipos de lípidos como triglicéridos y colesterol, que no serán absorbidos en el intestino, sino transportados al intestino grueso y de ahí excretados junto con las heces fecales, lo cual contribuiría a reducir la incidencia de enfermedades cardiovasculares. Además este producto puede ser un alternativa real para los productores del hongo shiitake, ya que a partir del hongo fresco podrían ofrecer un producto comercial de mayor valor agregado y una mayor vida de anaquel.

CAPITULO VII

7.0 Anexos



Fotografía del Hongo Shiitake (*Lentinula edodes*) fresco recién cosechado; se puede apreciar su color la formología de su sombrero y tallo.





Fotografía de los procesos de digestión (arriba) y destilación en el hongo Shiitake para determinación de proteína en un Macrokjendhal

CAPITULO VIII

7.0 Referencias Bibliográficas

AACC. 2000. Approved Methods. 10th edition. Editado por la American Association of Cereal Chemists. Minneapolis, MN, USA.

Adiotomre J., Eastwood M. A., Edwards C. a. Y Brydon W.G. (1990) Dietary fiber: in vitro methods that anticipate nutrition and metabolic activity in humans. Am. J. Clin. Nutr., 52: 128-134.

Bourges- Rodríguez H, 1996. Aterosclerosis, ed Nutriología Médica. Publicación de la Fundación Mexicana para la Salud en México D.F, Editorial Médica Panamericana S.A., Págs. 232-254.

Burkitt DP, Walker ARP, Painter NS: (1974) Dietary fibre and disease. *JAMA*; 229:1068-1074.

Chandalia M, Gar A, Lutjohann D, Von Bergmahn K, Gundry S, Brirkelley L. 2000, Beneficial Effects of Dietary Fiber intake in Patients whit Type 2 Diabetes Mellitus. *New Eng J Med*; 342 (19): 1440-1441.

Chau CF, Chen CH y Lin CY (2004a) Insoluble fiber-rich fractions derived from

Averrhoa carambola: hypoglycemic effects determined by in vitro methods. Lebensm-Wiss. u.-Technol. 37:331-335.

Dietary Reference Intakes. (2001) Proposed definition of dietary fibre. Washington, DC: National Academy Press.

Englyst HN, Cummings JH: 1990 Non-starch polysacharides (dietary fibre) and resistant starch. *Adv Exp Med Biol* ; 270:205-225.

García-Obregón OP (2002) Fibra en general. En enciclopedia de la fibra. Kellogg de México, México. Pp. 3-17.

García Peris P, 2000; Álvarez de Frutos V: Fibra y salud. *Nutrición y obesidad*; 3:127-135.

Guevara Guerrero Gonzalo, Zúñiga Medina Ana Gabriela "*Cultivo del hongo comestible Shiitake (Lentinula edodes) en subproductos forestales del Estado de Tamaulipas*" Institución: Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria.

Kin Y. I, 2000; A technical review: Impact of dietary fiber on colon cancer occurrence. *Gastroenterology*; 118:1235-1257.

Lelley, J.I., Vetter, J. 2004. Orthomolecular medicine and mushroom consumption, an attractive aspect for promoting production. Pp. 637-643. In: Science and

cultivation of edible and medicinal fungi. Romaine, C.P., C.B. Keil, D.L. Rinker, D.J. Royse (Eds). Pennsylvania state University Press, University Park.

Ha MA, Jarvis MC, Mann JL: (2000) A definition for dietary fibre. *Eur J Clin Nutr*; 54:861-864.

Hibbett, D.S. 2001. Shiitake mushrooms and molecular clocks: historical biogeography of *Lentinula*. *Journal of Biogeography*, 28, 231-241.

López, G., Ros, G., Rincón, F., Periago, M.J., Martínez, C., Ortuño, J. 1997. Propiedades funcionales de la fibra dietética. Mecanismos de acción en el tracto gastrointestinal. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 47(3):203-207.

Martínez-Carrera, D., Sobal, M., Morales, P., Martínez, W., Martínez, M., Mayett, Y. (2004). Los hongos comestibles: propiedades nutricionales, medicinales, y su contribución a la alimentación mexicana. Editado por el Colegio de Postgraduados.

Mateu de Antocio X: 2004. La fibra en la alimentación. *Farmacia hospitalaria*. Nº 3.

Mattila, P., Salo-Vaananen, Konko, K., Aro, H., Jalava, T. 2002. Basic composition and aminoacid contents of mushrooms cultivated in Finland. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50:6419-6422.

Mizumo, T. 1995, Shiitake. *Lentinus edodes*: functional properties of medicinal and food purposes. *Food Reviews International* 11: 111-128.

Musch MW, Bookstein C, Xie Y, 2001; SCFA increase interfinal Na absorption by induction of NHE3 in rat colon and human intestinal C2/bbe cells. *Am J Physiol*; 280:G687-693.

Roediger We, 1982: The effect of bacterial metabolites on nutrition and function of the colonic mucosa symbiosis between man and bacteria. Kasper H, Goebell H: Falk Symposium 32 (eds). Colon and nutrition. Lancaster: MTP Press Limited,: 11-24.

Rojas Hidalgo E, 1994. La fibra dietética. Rojas Hidalgo E, editor. Los carbohidratos en nutrición humana. Madrid. *Aula Médica*,; 121-137.

Sadler, M. 2003. Nutritional properties of edible fungi. British Nutritional Foundation, Nutrition Bulletin, 28, 305-308.

Trowell H, Southgate DA, Wolever TMS, Lead SAR, Gassul MA y Jenkins DJA: Dietary fibre redefined. *Lancet* 1976, i: 967 (letter).

Velázquez OC, Lederer HM, Rombeau JL. 1996a: Butyrate and the colonocyte. Implications for neoplasia. *Dig Dis Sci*; 41:727-739.

Velázquez OC, Zhon D, Seto RW, 1996b: *In vivo* crypt surface hyperproliferation is decreased by butyrate and increased by deoxycholate in normal rat colon: associated *in vivo* affects on C-Fos and C-Jun expression. *JPEN*; 20:243-250.

Zarzuelo A, Gálvez J: Fibra dietética. Gil Hernández A (ed.) Tratado de Nutrición. *Acción Médica* 2005: 336-368.