



Universidad de Chile

Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas

Departamento de Ciencia de los Alimentos y Tecnología Química

**“Hongo shiitake (*Lentinula edodes*): Análisis bibliométrico y una revisión bibliográfica de su cultivo, valor nutricional, componentes bioactivos y propiedades funcionales”.**

**Memoria para optar al título de Ingeniera en Alimentos**

**Susana Valentina Ibarra Tapia**

**Profesor Patrocinante y Director:  
Dr. Luis Puente Díaz  
Académico Departamento de  
Ciencia de los Alimentos y  
Tecnología Química**

**Santiago de Chile  
2023**

## **DEDICATORIA**

*A mis padres Ximena y Luis, quienes con su esfuerzo y motivación permitieron que llegara a ser lo que soy hoy, me guiaron y me apoyaron a lo largo de toda mi carrera universitaria y de mi vida. A mi abuelita Susana quien mientras estuvo en vida siempre me dijo palabras de ánimo para continuar. A mi abuela Yolanda y mi tía Norma por todo el apoyo siempre. A mi mascota Josefa por ser un constante apoyo emocional y mi compañía en las noches de estudio. A mis compañeras y amigas, Camila Sánchez y Aylin Saso por ayudarme y apoyarme siempre durante toda mi vida universitaria. Y a todas las personas que de alguna u otra forma me acompañaron en esta etapa aportando a mi formación tanto profesional como de persona.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*A mi profesor director Dr. Luis Puente Díaz y a todos los académicos de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, en especial los del departamento de Ciencias de los Alimentos y Tecnología Química, con los cuales me formé durante toda mi carrera universitaria y me permitieron adquirir todos los conocimientos que se hoy.*

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	i
AGRADECIMIENTOS .....	ii
ÍNDICE GENERAL .....	iii
ÍNDICE DE TABLAS .....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS .....	v
ÍNDICE DE ANEXOS .....	vi
RESUMEN .....	vii
ABSTRACT .....	viii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes generales.....	3
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y APORTE DE CONOCIMIENTO .....	7
3. OBJETIVOS.....	8
3.1 Objetivo general.....	8
3.2 Objetivos específicos .....	8
4. METODOLOGÍA .....	9
5. DESARROLLO Y DISCUSIÓN .....	11
5.1 Características generales del shiitake ( <i>Lentinula edodes</i> ) .....	11
5.1.1 Cultivo.....	11
5.1.2 Valor nutricional .....	18
5.1.3 Compuestos bioactivos y propiedades funcionales.....	30
5.2 Análisis Bibliométrico .....	34
5.2.1. Información General .....	34
5.2.2. Tablas y clasificaciones .....	42
5.2.3. Mapeo con VOSVIEWER .....	51
6. CONCLUSIONES.....	55
7. BIBLIOGRAFÍA .....	57
8. ANEXOS .....	64

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla N°1.</b> Clasificación taxonómica del hongo shiitake.....	3
<b>Tabla N°2.</b> Comparación de la composición nutricional en base seca de <i>Agaricus bisporus</i> , <i>Lentinula edodes</i> y <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	6
<b>Tabla N°3.</b> Comparación entre el cultivo tradicional en troncos y el cultivo moderno en bolsas del hongo shiitake.....	15
<b>Tabla N°4.</b> Parámetros de crecimiento y rendimiento en función de distintas fórmulas de sustrato adicionando mazorca de maíz (MM). ....	16
<b>Tabla N°5.</b> Parámetros de crecimiento, rendimiento y calidad en función de los distintos suplementos y niveles de suplementación. ....	16
<b>Tabla N°6.</b> Composición nutricional del shiitake en base seca ( <i>Lentinula edodes</i> ). ....	19
<b>Tabla N°7.</b> Contenido de aminoácidos presentes en el shiitake ( <i>Lentinula edodes</i> ). ....	20
<b>Tabla N°8.</b> Contenido de minerales presentes en el shiitake ( <i>Lentinula edodes</i> ). ....	21
<b>Tabla N°9.</b> Composición nutricional de distintas partes del shiitake (sombrero y estúpide). ....	22
<b>Tabla N°10.</b> Contenido de aminoácidos en las distintas partes del shiitake ( <i>Lentinula edodes</i> ). .....	24
<b>Tabla N°11.</b> Contenido de minerales de distintas partes del shiitake (sombrero y estúpide). ...	25
<b>Tabla N°12.</b> Comparación del contenido de nutrientes de dos muestras distintas de shiitake en base seca según su sustrato. ....	27
<b>Tabla N°13.</b> Comparación del contenido de nutrientes en el shiitake, fresco, hervido, al vapor y salteado. ....	29
<b>Tabla N°14.</b> Contenido de compuestos bioactivos presentes en el shiitake ( <i>Lentinula edodes</i> ). .....	31
<b>Tabla N°15.</b> Los 20 artículos más citados sobre el hongo shiitake (1975-2021) .....	43
<b>Tabla N°16.</b> Los 20 autores más productivos sobre el hongo shiitake (1975-2021). ....	45
<b>Tabla N°17.</b> Los países más productivos e influyentes sobre las publicaciones del hongo shiitake (1975-2021). ....	47
<b>Tabla N°18.</b> Las 20 revistas más productivas sobre el hongo shiitake (2021). ....	49
<b>Tabla N°19.</b> Las 10 principales agencias de financiación sobre el hongo shiitake (1975-2021). .....	51

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura N°1.</b> Estructura típica de un hongo basidiomicete.....	4
<b>Figura N°2.</b> Ciclo de vida del shiitake. ....	5
<b>Figura N°3.</b> Estructura química del lentinan. ....	32
<b>Figura N°4.</b> Mapa de árbol de espuma acerca de los tipos de documentos en publicaciones del shiitake.....	34
<b>Figura N°5.</b> Mapa de árbol de espuma acerca de las categorías de Web of Science en publicaciones del shiitake.....	35
<b>Figura N°6.</b> Publicaciones acerca del shiitake y las veces que ha sido citado a lo largo del tiempo. ....	36
<b>Figura N°7.</b> Nube de palabras sobre el campo KeyWord Plus en las publicaciones del shiitake. ....	37
<b>Figura N°8.</b> Diagrama de mapa temático que considera el campo KeyWord Plus.....	38
<b>Figura N°9.</b> Relaciones entre tres campos de metadatos que incluyen palabras clave, países y fuentes.....	39
<b>Figura N°10.</b> Evolución temática de las publicaciones sobre el shiitake durante el periodo de estudio considerando el campo KeyWord Plus. ....	40
<b>Figura N°11.</b> Mapa de la estructura conceptual acerca de las publicaciones del shiitake, considerando el campo KeyWord Plus.....	41
<b>Figura N°12.</b> Dendrograma de las publicaciones del shiitake, considerando el campo KeyWord Plus. ....	41
<b>Figura N°13.</b> Mapa mundial de colaboración de los países en publicaciones del hongo shiitake. ....	48
<b>Figura N°14.</b> Mapa de visualización de superposición acerca de la coautoría de las instituciones. ....	53
<b>Figura N°15.</b> Mapa de visualización de redes acerca del acoplamiento bibliográfico de los países. ....	53
<b>Figura N°16.</b> Mapa de calor acerca de la co-citación de revistas.....	54

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo N°1.</b> Especies de árboles para el cultivo del hongo shiitake. ....	64
<b>Anexo N°2.</b> Plagas y enfermedades más comunes en el hongo shiitake. ....	64
<b>Anexo N°3.</b> Mecanismo de acción antitumoral del Lentinan. ....	65

## RESUMEN

“Hongo shiitake (*Lentinula edodes*): Análisis bibliométrico y una revisión bibliográfica de su cultivo, valor nutricional, componentes bioactivos y propiedades funcionales”.

En este trabajo se recopiló, analizó y discutió sobre las características más importantes desde el punto de vista del cultivo, valor nutricional, componentes bioactivos y propiedades funcionales del hongo shiitake, con el fin de generar un marco teórico de referencia para futuras investigaciones. La recopilación de información se ejecutó mediante la búsqueda en diversas plataformas digitales científicas. Como resultado se encontró que el cultivo del shiitake en bolsas presenta ventajas en eficiencia frente al cultivo tradicional en troncos, aunque requiere mayores recursos y conocimientos técnicos. Además, en cuanto a su valor nutricional, el shiitake aporta una cantidad importante de proteínas, bajo contenido de grasa total y una alta cantidad de fibra dietética total. Contiene minerales como el potasio, fósforo, etc, y vitaminas del complejo B, ácido ascórbico y vitamina D. Además, se considera como un alimento beneficioso para la salud por su contenido de diversos compuestos bioactivos como los glucanos, tocoferoles, eridatenina, ergosterol y compuestos fenólicos, los cuales han demostrado tener propiedades antitumorales, antivirales, antiinflamatorias, antioxidantes, etc. Por otro lado, se realizó un análisis bibliométrico para valorar la actividad científica y el impacto tanto de la investigación como de las fuentes, para lo cual se extrajo información bibliográfica de la base de datos WoS. Los datos obtenidos fueron presentados en base a indicadores bibliométricos y se analizaron en softwares bibliométricos (Bibliometrix y VOSviewer). De acuerdo con la clasificación de las áreas de conocimiento en WoS, la mayoría de los artículos se encuentran principalmente en los segmentos de ciencia y tecnología de los alimentos, microbiología aplicada a la biotecnología y bioquímica biología molecular. Los países con mayor influencia en el tema son China, Japón y Estados. Por otro lado, los autores con mayor métrica son Bian, Y., Shishido, K. y Xu, X. Las revistas con mayor productividad son International Journal of Medicinal Mushrooms, Food Chemistry, Bioscience Biotechnology and Biochemistry.

Palabras clave: Shiitake, Cultivo, Valor nutricional, Compuestos bioactivos, Análisis bibliométrico.

## ABSTRACT

"Shiitake mushroom (*Lentinula edodes*): bibliometric analysis and a literature review of its cultivation, nutritional value, bioactive components and functional properties."

In this work, information was collected, analyzed, and discussed regarding the most important characteristics of the shiitake mushroom from the perspectives of cultivation, nutritional value, bioactive components, and functional properties. The aim was to establish a theoretical framework for future research. Information gathering was carried out through searches on various scientific digital platforms. As a result, it was found that cultivating shiitake mushrooms in bags offers advantages in terms of efficiency compared to traditional log cultivation, although it requires more resources and technical knowledge. In terms of its nutritional value, shiitake mushrooms provide a significant amount of proteins, low total fat content, and a high amount of dietary fiber. They also contain minerals like potassium, phosphorus, etc., as well as B-complex vitamins, ascorbic acid, and vitamin D. Furthermore, shiitake is considered a health-beneficial food due to its content of various bioactive compounds such as glucans, tocopherols, eritadenine, ergosterol, and phenolic compounds, which have demonstrated anti-tumor, antiviral, anti-inflammatory, antioxidant properties, etc. Additionally, a bibliometric analysis was conducted to assess the scientific activity and impact of both the research and sources. Bibliographic information was extracted from the WoS (Web of Science) database. The data obtained were presented using bibliometric indicators and were analyzed using bibliometric software (Bibliometrix and VOSviewer). According to the classification of knowledge areas in WoS, most of the articles are primarily found in the fields of food science and technology, applied microbiology in biotechnology, and molecular biology and biochemistry. The countries with the most influence on the topic are China, Japan, and the United States. Moreover, the authors with the highest metrics include Bian, Y., Shishido, K., and Xu, X. The most productive journals are the International Journal of Medicinal Mushrooms, Food Chemistry, Bioscience Biotechnology and Biochemistry.

Keywords: Shiitake, Cultivation, Nutritional value, Bioactive compounds, Bibliometric analysis.

## 1. INTRODUCCIÓN

Una serie de estudios muestran una evolución en los hábitos de consumo de alimentos de las personas, tanto a nivel nacional como internacional. De hecho, una investigación realizada por GfK Adimark “CHILE3D 2017”, concluye que los chilenos están cada vez más interesados en llevar una alimentación saludable. Mediante encuesta online, se identificó la creciente relevancia que los consumidores nacionales le dan a atributos como la transparencia de los alimentos, la simplicidad respecto a la cantidad de ingredientes que posee un producto y el respeto con el medio ambiente. Es por esto que el reto que enfrenta la industria alimentaria es que, ya no sólo debe proveer productos alimenticios, de variedad, con ciertas características y calidad, sino también satisfacer necesidades mucho más complejas y establecer compromisos que den confianza y conversen con los valores éticos de los consumidores, por lo que esta industria debe reinventarse, ya que la población requiere una respuesta efectiva a los problemas de obesidad, enfermedades crónicas no transmisibles y mala calidad de vida, todas ellas influidas por los hábitos alimenticios (OPIA-FIA, 2017).

Los hongos comestibles tienen cualidades nutricionales alineadas con esta tendencia mundial hacia el consumo de productos saludables. Estos han sido una fuente de alimento para el ser humano durante más de dos mil años. Su consumo tiene una larga tradición en los países orientales y ha ido aumentando gradualmente en las últimas décadas en los países occidentales. Estos poseen un alto contenido de proteínas y fibras insolubles, nueve tipos de aminoácidos, compuestos bioactivos y un bajo contenido de lípidos (Jacinto-Azevedo et al., 2021), y se les ha atribuido distintos beneficios para la salud como; anticancerígenos, antibióticos, reductores del nivel de colesterol, padecimientos cardiovasculares e hipertensión, antitrombóticos, antidiabéticos, suplemento dietético y se utilizan además para combatir la obesidad (Briceño & Morales, 2019). Es por esto que su producción y su consumo está creciendo y está cada día tomando más importancia.

En los últimos 40 años, el mercado de hongos comestibles a nivel mundial ha experimentado un crecimiento anual de 4,3%, de acuerdo a los datos obtenidos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Este crecimiento se debe principalmente a las mejoras en la tecnología de producción las cuales posibilitan tener mejores precios y un mayor volumen, y además está relacionado, al enorme giro que ha dado

el mundo con respecto a la salud y a la búsqueda de una alimentación más sana y adecuada (Casaretto et al., 2007).

Al año 2015 la demanda mundial de hongos fue valorada en US\$35 mil millones y según estudios el mercado mundial alcanzaría los US\$59 mil millones en el año 2021. En Latinoamérica, México lleva la delantera con el 80% de la producción, seguido muy de lejos por Brasil (7,8%), Colombia (5,2 %) y Chile (3,9%). Según datos de la Odepa (2015), Chile exportó un total de 3,3 millones de toneladas de hongos con un valor de US\$ 7,3 millones, principalmente en formatos congelados y seco (Briceño & Morales, 2019).

Agricultores de todo el mundo han afirmado que el cultivo de hongos es un negocio muy rentable. Esto se debe principalmente a que el uso de la tierra para su producción es mínimo, pudiéndose cultivar en áreas pequeñas o en terrenos boscosos, túneles de polietileno, césped, etc. También porque como sustrato para la producción de estos, se utilizan desechos agrícolas, agroindustriales o forestales, permitiendo reincorporar este sustrato como abono una vez utilizado (economía circular) (Briceño & Morales, 2019).

Los hongos comestibles más cultivados en el mundo son: el shiitake (*Lentinula edodes*), el champiñón común o el champiñón de París (*Agaricus bisporus*) y el champiñón ostra (*Pleurotus ostreatus*), y su producción está liderada por China (Jacinto-Azevedo et al., 2021). El shiitake es el tercer hongo más consumido en Chile y se puede encontrar en ferias libres grandes y supermercados. Es de pulpa muy consistente y esponjosa, y una vez trozado y cocinado comienzan a salir sus aromas, los cuales tienen tonalidades fúngicas fuertes que lo hacen muy apetecible (Briceño & Morales, 2019). En todos los casos este hongo es reconocido como una especie de sabor agradable y aroma atractivo, cualidades que han sido fundamentales para su amplia distribución comercial en el mundo (Mata et al., 2020). Se comercializa para consumo humano de las siguientes formas: hongo fresco, deshidratado, conservas, paté, yogurt, vino, galletas y té, por mencionar algunas (Silva et al., 2010).

## 1.1 Antecedentes generales

El nombre científico del hongo shiitake es *Lentinula edodes*. Es una especie originaria del continente asiático y se le puede encontrar de manera silvestre en China, Japón, Corea, entre otros países asiáticos. El nombre de este hongo proviene del japonés en donde deriva de dos palabras: “shii”, que es un árbol en que crece esta especie (*Catanopsis cuspidata*), y “take” que significa hongo. En China es conocido como “xiang-gu”, en Corea como “pyogo” y en E.E.U.U. como “black forest mushroom” y en Chile como “shiitake” (Mata et al., 2020).

Japón dio a conocer ampliamente el shiitake a la cultura occidental, sin embargo, el origen de su consumo y posterior cultivo tuvo lugar en China, en donde sus formas primitivas de cultivo se realizaron durante los siglos X-XIII. No obstante, las primeras técnicas rústicas de cultivo a mayor escala se desarrollaron ampliamente en Japón, después de la segunda guerra mundial, en la década de los 50s. Actualmente el hongo Shiitake no sólo se produce comercialmente en diversas regiones del mundo, sino que también constituye un verdadero modelo de estudio por sus propiedades funcionales y medicinales (Mata et al., 2020).

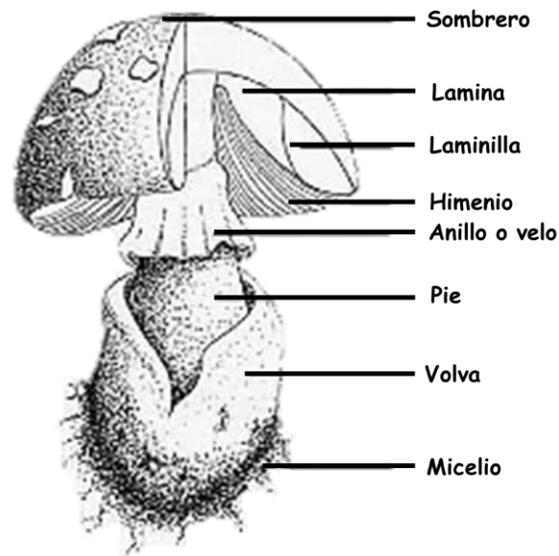
Actualmente, China es el principal productor de shiitake con más del 95% del total producido. Recientemente, el shiitake se ha convertido en la especie más cultivada en todo el mundo con aproximadamente el 22% del total, lo que equivale a un poco más de 7 millones de toneladas y ha desplazado ya al conocido champiñón (*Agaricus bisporus*), que durante varias décadas ocupó el primer lugar en producción mundial (Mata et al., 2020).

El shiitake es un hongo clasificado taxonómicamente de la forma en la que se encuentra a continuación en la Tabla N°1:

**Tabla N°1.** Clasificación taxonómica del hongo shiitake.

<b>REINO</b>	Fungi
<b>PHYLLUM</b>	Basidiomycota
<b>CLASE</b>	Basidiomycetes
<b>ORDEN</b>	Agaricales
<b>FAMILIA</b>	Tricholomataceae
<b>GÉNERO</b>	<i>Lentinula</i>
<b>ESPECIE</b>	<i>edodes</i>
<b>Fuente</b>	(Rivera, 2010)

En cuanto a la morfología del hongo shiitake, esta corresponde a la típica de los hongos Basidiomicetos. Como se puede observar en la Figura N°1, el shiitake está formado por un conjunto de filamentos, las cuales forman el verdadero cuerpo del hongo denominado micelio y la parte comestible del mismo (llamada popularmente hongo) es en realidad el cuerpo reproductor en donde se producen las esporas a través de las cuales el hongo se dispersa y se reproduce. Asimismo, el shiitake tiene una forma típica con un pie (estípite) y un sombrero (píleo) (Mata et al., 2020).



**Figura N°1.** Estructura típica de un hongo basidiomicete.

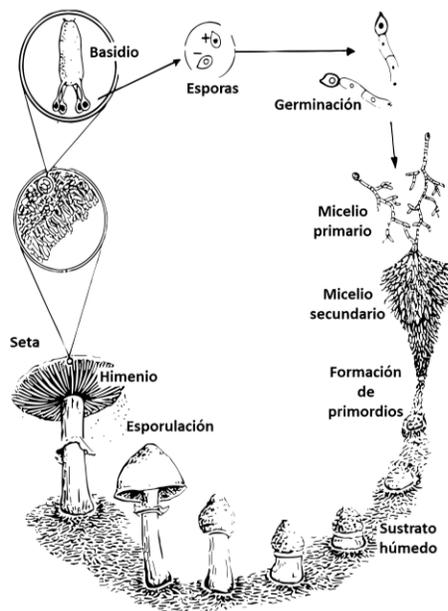
Fuente: (Silva et al., 2010)

El shiitake es una especie saprobia, es decir que crece en materia orgánica muerta, es capaz de degradar la madera de diferentes árboles considerados de madera dura. En su hábitat natural el shiitake se encuentra creciendo en tocones (secciones de troncos que quedan en el suelo unidos a la raíz cuando el corte se realiza cercano a su base) y árboles muertos en bosques templados y húmedos (Mata et al., 2020).

Los materiales utilizados para el cultivo del shiitake varían mucho de acuerdo a la región, sin embargo, casi siempre se trata de residuos de madera de diferentes árboles, aunque también se utilizan diversos residuos agrícolas. Es más, a partir de la década de los 90s el sistema tradicional de cultivo en troncos ha sido desplazado paulatinamente por un sistema más moderno que utiliza bolsas de plástico con diversos residuos agrícolas y/o forestales. Dichos sustratos se componen frecuentemente de residuos de maderas duras adicionadas de distintos

componentes para enriquecerlos y ofrecer al shiitake los elementos necesarios para el desarrollo y producción de sus basidiomas (Mata et al., 2020).

En la Figura N°2 se encuentra el ciclo de vida del shiitake, y como se observa ahí, cuando ocurre la maduración de los hongos, estos desde sus esporangios sueltan las esporas, las que se esparcen a través del aire o del agua, pudiendo permanecer inactivas durante años hasta que encuentran el momento propicio para germinar. Cuando llega este momento, lo harán formando el micelio y posteriormente los primordios. Los días que se tarda para que aparezcan los primordios son entre 5-12 días, para el crecimiento de las setas entre 5-8 días y el descanso entre las floraciones debe ser entre 14-21 días (Silva et al., 2010). Por lo que el ciclo de cultivo del shiitake en bolsas puede tardar entre 4-6 meses a partir de la inoculación hasta la última cosecha y, por el contrario, el ciclo de cultivo en troncos puede tardar hasta 6 años (Mata et al., 2020).



**Figura N°2.** Ciclo de vida del shiitake.

Fuente: (Almendros, 2012)

En la Tabla N°2 se encuentra la comparación entre la composición nutricional en base seca de los tres hongos más consumidos a nivel mundial, shiitake (*Lentinula edodes*), champiñón común o champiñón de París (*Agaricus bisporus*) y champiñón ostra (*Pleurotus ostreatus*). Como se puede observar en la Tabla N°2, los tres hongos poseen una composición bastante

similar, en donde predominan los carbohidratos sobre los otros nutrientes, variando esta cantidad entre 32,8 y 74,34 g/100g, también poseen una gran cantidad de fibra total, en donde la mayor cantidad se encuentra en *Lentinula edodes* (15,24 y 38,9 g/100g). También contienen una gran cantidad de proteínas que varía entre 16,14 y 30,13 g/100g.

**Tabla N°2.** Comparación de la composición nutricional en base seca de *Agaricus bisporus*, *Lentinula edodes* y *Pleurotus ostreatus*.

Parámetro	Contenido en 100 g <sup>1</sup>					
	<i>Agaricus bisporus</i>		<i>Lentinula edodes</i>		<i>Pleurotus ostreatus</i>	
Energía (Kcal)	359,48	499,52±9,32	381,94	*	381,94	*
Proteína (g)	18,53±0,07	16,4±0,01	16,14±0,08	20,8±0,1	18,35±0,05	30,13±0,59
Lípidos (g)	2,04±0,06	26,21±0,17	1,78±0,15	0,875±0,073	2,58±0,17	1,41±0,20
Carbohidratos (g)	66,75±0,18	56,47±0,21	74,34±0,17	32,8	71,25±0,14	38,77±0,22
Cenizas (g)	12,68±0,04	11,01±0,26	6,74±0,24	6,84±0,09	7,82±0,28	5,48±0,30
Fibra Total (g)	10,28±0,07	*	15,24±0,07	38,9±3,0	14,31±0,04	6,25±0,25
<b>Fuente</b>	(Jacinto-Azevedo et al., 2021)	(Saiqa et al., 2008)	(Jacinto-Azevedo et al., 2021)	(Wunjuntuk et al., 2021)	(Jacinto-Azevedo et al., 2021)	(Zhou et al., 2023)

\* Dato no indicado en el estudio

<sup>1</sup>Datos expresados como los promedios ± la desviación estándar

También, ha sido posible aislar varios metabolitos secundarios de sus cuerpos fructíferos y micelios que han mostrado tener numerosas actividades biológicas (Rivera et al., 2017). Estudios previos sobre el shiitake han mostrado que este posee actividad antitumoral, propiedades antimicrobianas, mejora de la función hepática y reducción de la viremia en pacientes con hepatitis B crónica (Lee et al., 2018).

Finalmente, en cuanto al análisis bibliométrico de las publicaciones científicas del hongo shiitake, esta herramienta constituye un eslabón fundamental dentro del proceso de investigación, ya que permite calificar la calidad del proceso generador de conocimiento y el impacto de este proceso en el entorno, debido a que la bibliometría es una subdisciplina de la cienciometría que proporciona información sobre los resultados de un proceso investigador, el volumen, la evolución, la visibilidad y la estructura y, de esta manera es posible valorar la actividad científica y el impacto tanto de la investigación como de las fuentes (Escorcía-Otálora & Poutou-Piñales, 2009).

## **2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y APORTE DE CONOCIMIENTO**

Esta memoria de título expone una revisión bibliográfica en cuanto al cultivo, propiedades nutricionales, componentes bioactivos y propiedades funcionales del hongo Shiitake.

Como se ha mencionado anteriormente, el consumo de hongos comestibles ha ido aumentando en los últimos años debido a la gran demanda de productos saludables y sustentables por parte de los consumidores, los cuales desean alimentarse adecuadamente y prevenir enfermedades, por lo que el contenido presente en esta memoria de título aporta información útil para los consumidores de este hongo, ya que expone sobre los potenciales beneficios a la salud que aporta el consumo de este alimento.

Además, como se mencionó anteriormente, en el año 2015, Chile sólo producía el 3,9 % de hongos comestibles de la producción mundial, cifra baja en comparación a otros países latinoamericanos, y además cifra inexistente en la literatura sobre la producción en específico del hongo shiitake, pero que se estima que es muy baja, ya que la producción nacional es liderada por el champiñón de París (*Agaricus bisporus*). Para potenciar la producción de shiitake a nivel nacional, es importante exponer y detallar la información encontrada en la literatura sobre su cultivo, por lo que esta memoria de título también aporta información útil para la industria.

Finalmente, la información existente sobre el hongo shiitake es dispersa, desde su cultivo hasta sus propiedades funcionales, por lo que realizar en esta memoria de título, una recopilación analítica y bien estructurada en base a distintas fuentes de información, como lo son los artículos y libros científicos publicados en diversas bases de datos y revistas, artículos de revistas y periódicos, etc. Es un aporte a los investigadores de la comunidad científica.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo general**

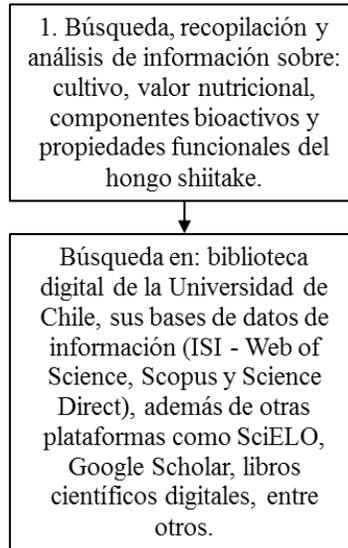
Recopilar, analizar y discutir las características más importantes desde el punto de vista del cultivo, valor nutricional, componentes bioactivos y propiedades funcionales del hongo shiitake, con el fin de generar un marco teórico de referencia para futuras investigaciones.

#### **3.2 Objetivos específicos**

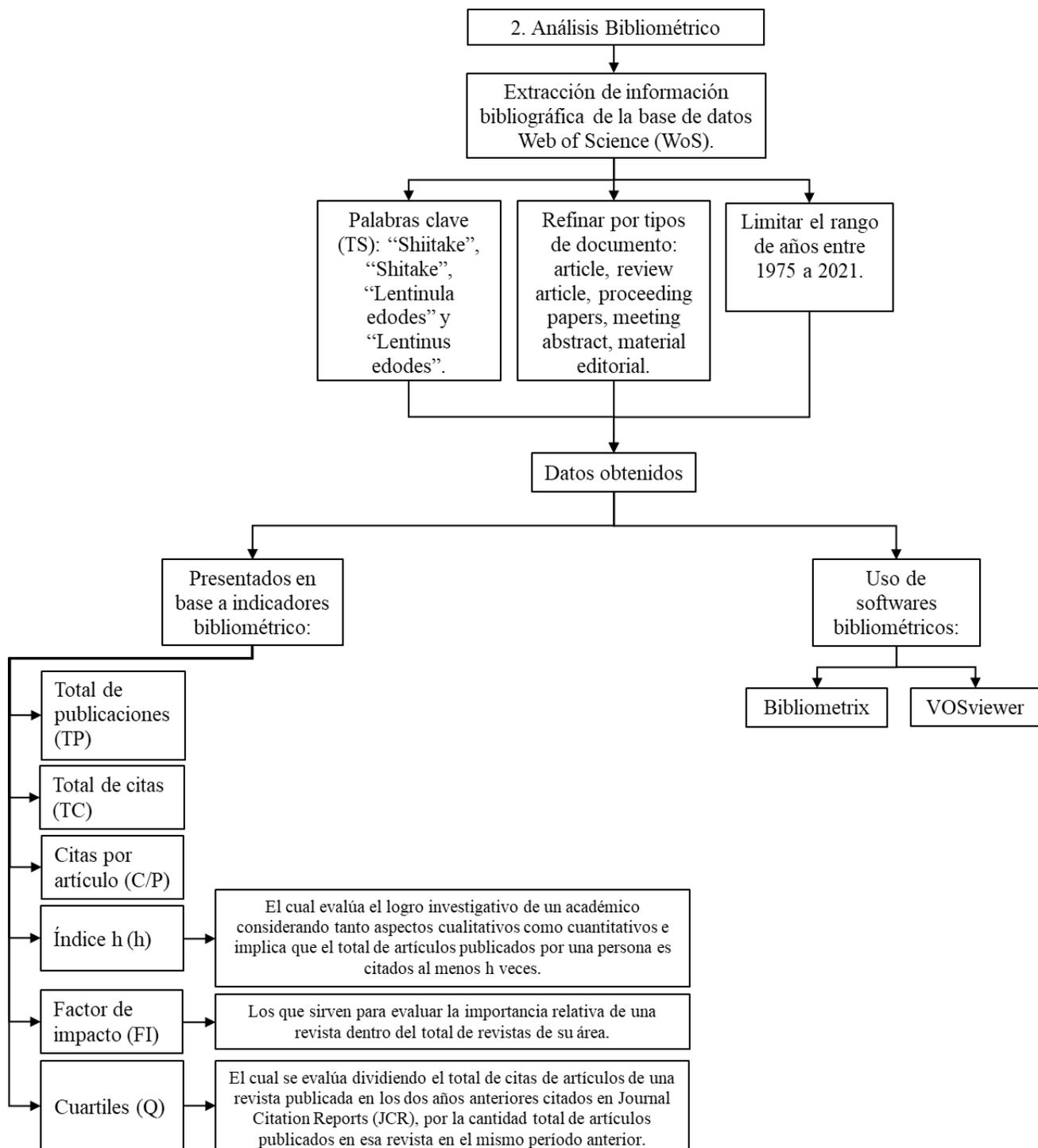
1. Comparar los distintos tipos de cultivo existentes, evaluar la utilización de sustratos alternativos y diferentes suplementos, y analizar sobre los distintos tipos de plagas y enfermedades que pueden afectar el cultivo de shiitake.
2. Recopilar y analizar las diversas características nutricionales del shiitake.
3. Identificar los distintos compuestos bioactivos y propiedades funcionales del shiitake enfocados en la salud humana.
4. Realizar un análisis bibliométrico de las publicaciones científicas del hongo shiitake.

#### 4. METODOLOGÍA

Para la búsqueda y análisis de información sobre el cultivo, valor nutricional, componentes bioactivos y propiedades funcionales del hongo shiitake, la recopilación de información se ejecutó a través de la siguiente metodología:



Por otro lado, para realizar el análisis bibliométrico de las publicaciones acerca del hongo shiitake, se extrajo información bibliográfica de la base de datos Web of Science (WoS), a través de la metodología a continuación:



## 5. DESARROLLO Y DISCUSIÓN

### 5.1 Características generales del shiitake (*Lentinula edodes*)

#### 5.1.1 Cultivo

El Shiitake (*Lentinula edodes*) es una especie que crece sobre maderas duras, es decir, que tienen una alta cantidad de lignina (Cisterna, 2023). El cultivo tradicional del shiitake se realiza sobre troncos de madera y tiene la ventaja de ser de bajo costo de implementación pero con producción sobre todo estacional (generalmente otoño y primavera), estaciones en las que se dan las condiciones naturales de temperatura y humedad para que el hongo fructifique. Tradicionalmente, los troncos empleados para el cultivo del shiitake eran de encino *Quercus* spp., árboles pertenecientes a la familia Fagaceae, pero en la actualidad su cultivo se ha extendido a otras especies de árboles (Anexo N°1). Otro tipo de cultivo del shiitake es en bolsas, en donde el ingrediente principal es el aserrín o viruta de diferentes tipos de maderas. Este anterior puede ser sustrato único o combinado con pajas, mazorca de maíz, bagazo de caña, entre otros. Además, se pueden utilizar suplementos como fuente de nutrientes para un óptimo crecimiento del hongo como; salvado de trigo, salvado de arroz, mijo, centeno, maíz, etc (Mata et al., 2020).

El proceso de cultivo en troncos parte por la preparación de los troncos. Estos son generalmente cortados durante el otoño y pueden ser inoculados entre 15 a 30 días después del corte. Si los troncos son cortados durante el verano, la corteza se desprende con facilidad e incrementa la posibilidad de contaminación por organismos competidores, además disminuye el contenido de azúcares presentes. El tamaño adecuado de los troncos es de un diámetro de 7 a 15 cm y una longitud de 1 a 1,5 m, su corteza debe ser integra para evitar la contaminación de los troncos durante la incubación y así estimular la formación de los primordios (Cisterna, 2023). Luego se realiza la inoculación en donde cada tronco es perforado hasta llegar a un tamaño entre 1 a 1,5 cm de diámetro y de 2 a 2,5 cm de profundidad, espaciados de 20 a 30 cm del eje longitudinal del tronco y con 5 a 6 cm entre cada hilera del eje. El número de perforaciones es de aproximadamente 2 por cada 30 cm<sup>2</sup> de madera, luego es sembrado con el inóculo previamente preparado, finalmente se sella con cera de abeja o parafina para evitar la pérdida de humedad y para prevenir la entrada de otros microorganismos que puedan contaminarlo. Después de la inoculación los troncos se

acomodan de manera adecuada para permitir el crecimiento micelial y la colonización de la madera. El tiempo de incubación es de 6 a 12 meses dependiendo de la especie de árbol utilizada, tamaño del tronco, tipo de inóculo, humedad y temperatura, entre otros factores. La temperatura de incubación adecuada que favorece el crecimiento es de 20-25°C y la humedad recomendable en los troncos es de 35-55% y se prefiere una sombra de 60-85%. Después del período de incubación, los troncos son sumergidos en agua a 10°C por 12 h para inducir la fructificación. Posteriormente son colocados en condiciones naturales o de invernadero, arreglados de tal forma que se favorezca la producción de los hongos, a una temperatura de 15-20 °C y una humedad relativa de 85-90%. El periodo de formación de primordios dura de 3-10 días y el de cosecha de 14-21 días. Después de esta primera cosecha es necesario dejar recuperar a los troncos por 30-120 días, para posteriormente iniciar la segunda cosecha, después de un nuevo periodo de inducción. Bajo estas condiciones, la cosecha en los troncos se puede prolongar entre 2-5 años. Si el cultivo se realiza al aire libre, en promedio se producen 2 cosechas por año; una durante el otoño y otra durante la primavera (Mata et al., 2020).

En el proceso de cultivo en bolsas, el principal ingrediente utilizado es el aserrín o viruta de diferentes maderas, este puede ser utilizado como sustrato único o combinado con pajas, olote de maíz, bagazo de caña, entre otros. Si los fragmentos de sustrato son muy grandes, es necesario reducir su tamaño (segmentos de 3 a 5 cm). Además, se le puede agregar suplementos que cumplen la función de ser fuente de nutrientes para que el hongo crezca de forma óptima como: salvado de trigo, salvado de arroz, mijo, centeno, maíz, etc. Los ingredientes se mezclan y se les agrega agua hasta alcanzar un 60-70% de humedad. La mezcla se coloca en bolsas de plástico resistentes al calor (polipropileno), las cuales cuentan con un filtro para permitir el intercambio de gases, poniendo una cantidad de 2,5 a 5,0 kg de sustrato fresco por bolsa. Luego se realiza la esterilización de las bolsas con el sustrato a 121°C por 1,5 h, pasado este tiempo se dejan enfriar y se le agrega el inóculo a una tasa de 3-5% de base al peso húmedo del sustrato utilizado. El siguiente proceso es la incubación, esta se realiza en oscuridad a una temperatura de 25°C. Se espera que el micelio cubra al sustrato entre 35-40 días, en donde se deben comenzar a formar protuberancias que corresponden a agregaciones hifales, también se forma un pigmento café oscuro y posterior

a esto se produce un endurecimiento de la cubierta. Al quitar la bolsa al bloque formado, se somete a una inducción de la fructificación a baja temperatura o remojo. También se pueden colocar simplemente en el área de producción a 16-18°C y a un 85-90% de humedad relativa. A las 3 a 4 semanas aparecen los primordios y entre 7-10 días más tarde los hongos son adultos (Mata et al., 2020).

La Tabla N°3 muestra una comparación entre los dos tipos de cultivos, como se puede apreciar el cultivo en bolsas posee más etapas que el cultivo en troncos, por lo que las ventajas principales de utilizar bolsas en lugar de troncos para la producción de shiitake, es que los tiempos de producción se acortan y el rendimiento aumenta. Lo anterior debido a que el ciclo de cultivo en bolsas tarda de 4-6 meses a partir de la inoculación hasta la última cosecha, y su eficiencia biológica varía de 75-125%. Por el contrario, el ciclo de cultivo en troncos es de aproximadamente 6 años con una eficiencia biológica promedio de 33%. Como una desventaja del sistema de cultivo en bolsas, es que se requiere mayor infraestructura, un amplio conocimiento sobre la biología del hongo y alta experticia en el manejo de la tecnología del mismo (Mata et al., 2020).

Otra ventaja del cultivo de shiitake en bolsas es que abre la posibilidad de emplear diferentes tipos de sustratos y aplicar diferentes niveles de suplementación, con el fin de utilizar menor cantidad de madera (aserrín), pero obtener de igual forma buenos parámetros de crecimiento, rendimiento y calidad. Además, la incorporación de otras materias primas al sustrato puede proporcionar ventajas económicas y beneficios medioambientales ya que permite transformar biomasa residual en alimento, como por ej. la utilización de mazorca de maíz, la cual es un importante residuo agrícola que carece de usos alternativos además de la quema como combustible (Yu et al., 2021).

Yu et al. (2022) evaluaron el efecto del uso de mazorcas de maíz (MM) en el sustrato del cultivo de hongo shiitake a través de seis fórmulas que contenían proporciones gradientes de esta junto con un control, tal como se puede observar en la Tabla N°4, en donde las fórmulas que contenían entre 20 y 60% de MM obtuvieron un mayor rendimiento en comparación con el control de aserrín, lo que indica un fuerte efecto potenciador de la mazorca de maíz, sin embargo la fórmula compuesta por 50% de MM, 28% de aserrín de roble (AS), 20% de

salvado de trigo (ST) y 2% de yeso (YE) mostró los mejores parámetros obteniendo una tasa de crecimiento micelial de 0,296 cm/día y una eficiencia biológica máxima de 80,23%.

Asimismo, Moonmoon et al. (2011) estudiaron el crecimiento, rendimiento y calidad del shiitake cultivado sobre aserrín (AS) suplementado con diferentes niveles (10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35% y 40%) de salvado de trigo (ST), salvado de arroz (SA), maíz en polvo (MP) y su combinación (ST+SA+MP=1:1:1). Como se puede observar en la Tabla N°5 la mayoría de los parámetros de crecimiento, rendimiento y calidad variaron significativamente cuando los hongos se cultivaron con diferentes niveles de suplementación. AS suplementado con 25% de ST produjo el mayor número de cuerpos fructíferos (NF) (34,8/paquete de 500 g) y el mayor rendimiento biológico (RB) (153,3/paquete de 500 g), por otro lado, la mayor calidad la tuvo AS suplementado con 40% de ST al obtener un diámetro de píleo (DP) de 7,9 cm, y la suplementación que obtuvo los menores días para la cosecha (DC) fue 40% de ST+SA+MP. Sin embargo, como se puede observar, la tasa de crecimiento micelial (TCM) y el diámetro del píleo no siempre dependieron de la dosis de suplementación. Se puede observar entonces que la suplementación de AS con un 25% de ST puede ser muy efectiva para obtener un mayor rendimiento y una suplementación con 40% de ST para obtener una mejor calidad del shiitake. No obstante, Moonmoon et al. (2011) no proporcionaron datos sobre una muestra control o sin suplementación, es decir el sustrato sólo con AS, por lo tanto, no es posible comparar en realidad si la suplementación efectivamente produce una ventaja sobre el crecimiento, rendimiento y calidad del shiitake. Además, otros autores no han reportado más información al respecto sobre distintos niveles de suplementación en el cultivo del shiitake, por lo que no es posible comparar ni complementar este estudio con algún otro existente, incluso Yu et al. (2022), como se pudo observar en la Tabla N°4, utilizaron valores fijos de suplementos (20% ST y 2% YE).

**Tabla N°3.** Comparación entre el cultivo tradicional en troncos y el cultivo moderno en bolsas del hongo shiitake.

Cultivo tradicional en troncos		Cultivo moderno en bolsas	
1. Preparación de los troncos		1. Preparación de mezcla de ingredientes (aserrín + cereales + suplementos + agua) 60-70% humedad relativa	
		2. Agregar mezcla en bolsas de polipropileno resistentes al calor	
		3. Esterilización en autoclave (121°C 1,5 h)	
		4. Enfriamiento	
2. Inoculación		5. Inoculación (3-5% base húmeda)	
3. Incubación (6 a 12 meses, a 25°C, 35-55% humedad relativa)		6. Incubación (oscuridad 25°C)	
4. Inducción a la fructificación (troncos sumergidos en agua a 10°C por 12 h, luego en ambiente 15-20°C, 85-90% humedad relativa)		7. Fructificación	
5. Producción (ambiente 15-20°C, 85-90% humedad relativa)		8. Producción	
6. Cosecha		9. Cosecha	

**Fuente:** (Mata et al., 2020) y (Cisterna, 2023)

**Tabla N°4.** Parámetros de crecimiento y rendimiento en función de distintas fórmulas de sustrato adicionando mazorca de maíz (MM).

Fórmula	Componentes				Parámetros <sup>1</sup>	
	AS (%)	ST(%)	MP(%)	YE(%)	TCM (cm/día)	EB (%)
<b>A</b>	78	20	0	2	0,226±0,005	57,15±2,99
<b>B</b>	58	20	20	2	0,231±0,005	64,55±1,90
<b>C</b>	48	20	30	2	0,271±0,007	65,94±1,07
<b>D</b>	38	20	40	2	0,278±0,002	69,54±3,02
<b>E</b>	28	20	50	2	0,296±0,013	80,23±1,22
<b>F</b>	18	20	60	2	0,250±0,006	70,71±2,94
<b>G</b>	0	20	78	2	0,245±0,003	37,56±2,72
<b>Fuente</b>	(Yu et al., 2021)					

<sup>1</sup>Datos expresados como los promedios ± la desviación estándar

**Tabla N°5.** Parámetros de crecimiento, rendimiento y calidad en función de los distintos suplementos y niveles de suplementación.

Suplementación	Nivel	Parámetros <sup>1</sup>				
		TCM (cm/día)	DC (días)	NF (unidades)	RB (g)	DP (cm)
<b>ST</b>	10%	0,2±0,00	114,8±0,9	9,5±0,6	62,8±2,3	4,8±0,3
	15%	0,2±0,00	113,8±0,5	13,0±0,6	83,5±1,3	5,9±0,1
	20%	0,2±0,00	115,5±0,6	29,0±0,9	137,3±1,1	6,0±0,2
	25%	0,2±0,00	116,0±0,4	34,8±0,8	153,3±2,8	5,8±0,1
	30%	0,3±0,01	121,0±0,7	31,0±0,9	147,8±1,6	5,0±0,2
	35%	0,3±0,01	122,8±0,9	21,5±0,9	128,3±1,8	4,8±0,3
	40%	0,3±0,00	146,0±0,4	20,3±0,9	125,0±2,7	7,9±0,1
<b>SA</b>	10%	0,3±0,00	114,8±0,9	14,5±0,6	71,8±3,0	4,6±0,3
	15%	0,3±0,00	113,8±0,3	21,5±1,0	86,0±3,7	4,3±0,3
	20%	0,4±0,00	113,0±0,0	19,8±0,5	96,5±1,0	3,4±0,2
	25%	0,3±0,00	122,3±0,8	22,0±0,7	105,3±2,9	4,2±0,2
	30%	0,3±0,01	113,8±0,3	17,3±0,8	98,0±1,6	4,6±0,3
	35%	0,3±0,01	113,5±0,3	15,5±0,9	87,3±1,8	5,1±0,3
	40%	0,3±0,01	114,3±0,3	15,0±0,6	87,0±0,6	4,4±0,2
<b>MP</b>	10%	0,2±0,00	142,0±0,4	8,0±0,8	53,5±3,6	5,5±0,4
	15%	0,3±0,01	144,0±0,4	9,5±1,0	67,8±2,5	4,6±0,1

	20%	0,3±0,01	145,8±0,3	13,5±0,5	108,0±1,9	6,3±0,1
	25%	0,3±0,01	147,0±0,4	16,8±0,5	122,5±0,9	6,3±0,1
	30%	0,3±0,00	114,0±0,4	16,0±1,6	116,5±2,0	5,4±0,2
	35%	0,3±0,00	137,0±0,7	20,0±0,6	112,3±1,1	5,6±0,4
	40%	0,3±0,01	121,5±0,5	12,3±0,8	76,0±1,9	5,6±0,2
<b>ST+SA+MP (1:1:1)</b>	10%	0,3±0,00	126,0±0,4	8,0±0,4	58,0±1,9	5,3±0,3
	15%	0,4±0,00	122,0±1,2	8,5±0,9	64,3±1,6	5,9±0,3
	20%	0,4±0,00	129,0±0,0	12,0±0,4	67,0±2,8	4,6±0,3
	25%	0,4±0,00	125,5±1,3	15,3±0,8	94,0±3,6	4,9±0,3
	30%	0,3±0,01	117,0±0,9	19,8±0,6	96,5±1,9	5,2±0,1
	35%	0,3±0,01	112,5±1,0	18,0±0,8	94,0±1,7	4,9±0,4
	40%	0,3±0,00	104,3±1,6	19,3±0,8	92,5±1,0	4,3±0,2
<b>Fuente</b>	<b>(Moonmoon et al., 2011)</b>					

<sup>1</sup>Datos expresados como los promedios ± la desviación estándar

Por otra parte existe una serie de factores que afectan la producción de los hongos durante las diferentes etapas de cultivo (Anexo N°2), por lo que es común que se presenten problemas de contaminación por hongos, bacterias y virus, y también por plagas, insectos, nemátodos y roedores, por lo que para el control y erradicación de estos contaminantes se deben seguir varias medidas, entre ellas: mantener los parámetros ambientales favorables para el desarrollo de los hongos (temperatura y humedad), una correcta esterilización del sustrato, un adecuado manejo de la higiene en el momento de la siembra, así también como lo es desechar inmediatamente las muestras en las que aparezcan contaminantes tales como hongos de otras especies, etc. Para prevenir la proliferación de plagas en las áreas de cultivo, es necesario colocar en las telas tipo malla en las ventanas y trampas atrayentes. Por último, cabe mencionar que el control de estos contaminantes depende en gran medida de la higiene del personal manipulador y de las instalaciones, por lo que se debe mantener una adecuada limpieza y control de acceso del personal a las diferentes áreas de trabajo (Mata et al., 2020).

## **5.1.2 Valor nutricional**

### **5.1.2.1 Composición nutricional del shiitake**

Para indicar el valor nutricional que tiene un alimento, es necesario llevar a cabo análisis en los que se determine la composición que posee este. Los análisis que se realizan más frecuentemente para conocer esta composición incluyen, la determinación de humedad, cenizas, extracto etéreo (grasa cruda), proteína total, fibra y carbohidratos asimilables, en un protocolo conocido como análisis proximal (Díaz, 2017).

En cuanto a la humedad, Breene (1990) menciona que los hongos frescos en promedio contienen aproximadamente un 90% de humedad, mientras que los que son secados contienen entre un 10-12%, y que además, los datos publicados sobre la composición de los hongos a menudo se expresan en peso seco.

En la Tabla N°6 se encuentra la composición nutricional del shiitake en 100 gramos de base seca. Se presenta el contenido de humedad del shiitake en base húmeda, y como se puede observar, los valores varían entre los diversos autores entre 87,60 a 93,82 g/100g, lo que significa que el mayor componente del shiitake es agua, y para evaluar los demás componentes de la tabla, estos se analizaron en base seca, es decir sin este gran porcentaje de humedad.

Como se puede observar en la Tabla N°6, el aporte energético varía entre 361-381,94 Kcal, posee un alto contenido de proteínas que oscila entre 14,9-20,8 gramos, un bajo aporte de lípidos que varía entre 0,875-2,53 gramos, un alto contenido de carbohidratos que fluctúa entre 32,8-76,62 gramos, de los cuales Heleno et al. (2015) señalan que 15,61 gramos corresponden a azúcares totales, los cuales corresponden a trehalosa, manitol y fructosa.

También se observa en la Tabla N°6 que el contenido de cenizas varía entre 5,94-6,84 gramos y que posee un buen aporte de fibra total, que oscila entre 15,24-38,9 gramos, de la cual corresponde a fibra soluble entre 1,95-32,2 gramos y a fibra insoluble entre 6,63-42,0 gramos, y en cuanto a este contenido de fibra, Rivera et al. (2017) mencionan que la fibra soluble tiene propiedades benéficas asociadas a su rol en la función fisiológica humana, como la reducción del nivel de colesterol y de la presión sanguínea, prevención de problemas

gastrointestinales y protección contra la aparición de varios tipos de cáncer, y la fibra insoluble beneficia la función intestinal, puede incrementar el bolo fecal, mejorando el peristaltismo intestinal.

**Tabla N°6.** Composición nutricional del shiitake en base seca (*Lentinula edodes*).

Parámetro	Contenido <sup>1</sup> en 100 g de shiitake seco			
	*	*		
Humedad (g) <sup>2</sup>	*	*	93,82±0,04	87,60±0,30
Energía (Kcal)	361±1,4	380,74±0,17	381,94	*
Proteínas (g)	14,9±0,6	16,0±0,05	16,14±0,08	20,8±0,1
Lípidos (g)	2,53±0,03	1,14±0,01	1,78±0,15	0,875±0,073
Carbohidratos (g)	69,6±0,4	76,62±0,07	74,34±0,17	32,8
Azúcares totales (g)	*	15,61±0,59	*	*
Cenizas (g)	5,94±0,31	6,24±0,05	6,74±0,24	6,84±0,09
Fibra Dietética Total (g)	*	*	15,24±0,07	38,9±3,0
Fibra soluble (g)	1,95±0,32	*	*	32,2±2,9
Fibra insoluble (g)	42,0±0,3	*	*	6,63±0,09
<b>Fuente</b>	(Regula & Gramza-Michalowka, 2010)	(Heleno et al., 2015)	(Jacinto-Azevedo et al., 2021)	(Wunjuntuk et al., 2021)

\* Dato no indicado en el estudio

<sup>1</sup>Datos expresados como los promedios ± la desviación estándar

<sup>2</sup>Datos expresados en base húmeda

En cuanto a la calidad de la proteína contenida en el shiitake, Rivera et al. (2017) mencionan que esta es una proteína completa, es decir de alto valor nutricional ya que contiene todos los aminoácidos, incluyendo los esenciales. En la Tabla N°7 se presenta los aminoácidos y el contenido de estos, en el shiitake en base seca. Al complementar la información aportada por ambos autores se puede observar que este presenta todos los aminoácidos incluyendo los esenciales. El aminoácido esencial que se encuentra en mayor cantidad es Leucina (Leu), que varía entre 6,18-9,68 mg/g y de los aminoácidos no esenciales, Alanina (Ala) que oscila entre 4,17-7,85 mg/g, Arginina (Arg) que fluctúa entre 5,85-6,23 mg/g y Asparagina (Asn) 9,46 mg/g.

**Tabla N°7.** Contenido de aminoácidos presentes en el shiitake (*Lentinula edodes*).

<b>Aminoácidos</b>	<b>Contenido<sup>1</sup> en base seca (mg/g)</b>	
<b>Esenciales</b>		
Fenilalanina (Phe)	3,83±0,11	5,42±0,22
Histidina (His)	1,14±0,09	3,78±0,66
Isoleucina (Ile)	3,32±0,04	4,72±0,43
Leucina (Leu)	6,18±0,07	9,68±0,37
Lisina (Lys)	3,36±0,08	4,26±0,47
Metionina (Met)	1,56±0,42	2,30±0,26
Treonina (Thr)	2,81±0,02	6,95±0,11
Triptófano (Trp)	*	2,24±0,35
Valina (Val)	3,79±0,07	1,14±0,14
<b>No esenciales</b>		
Ácido aspártico (Asp)	2,99±0,03	3,97±0,30
Ácido glutámico (Glu)	6,82±0,24	1,09±0,17
Alanina (Ala)	4,17±0,05	7,85±0,81
Arginina (Arg)	5,85±0,11	6,23±0,67
Asparagina (Asn)	*	9,46±1,64
Cisteína (Cys)	0,76±0,17	*
Glicina (Gly)	1,39±0,02	7,24±0,68
Glutamina (Gln)	*	2,54±4,42
Prolina (Pro)	1,55±0,03	7,13±0,78
Serina (Ser)	2,77±0,01	1,17±0,18
Tirosina (Tyr)	0,75±0,15	1,77±0,36
<b>Fuente</b>	(Lee et al., 2013)	(Sissons et al., 2022)

\* Dato no indicado en el estudio

<sup>1</sup>Datos expresados como el promedio ± la desviación estándar

En cuanto al contenido de vitaminas, Matilla et al. (2001), encontraron que el shiitake contenía en base seca; 0,6 mg de Tiamina (B1), 1,8 mg de Riboflavina (B2), 31 mg de Niacina (B3), 300 ug de Ácido fólico (B9), 0,8 ug de Cobalamina (B12), 25 mg de Ácido ascórbico y 1 ug de Ergosterol (D2).

Los minerales son los principales componentes que constituyen la ceniza. El contenido de minerales presentes en el shiitake se encuentra en la Tabla N°8, en donde se puede observar que el mayor contenido reportado por los distintos autores es de potasio, el cual varía entre 1851-31600 mg/100g y de fósforo que varía entre 276-870 mg/100g, sin embargo Regula & Gramza-Michalowka (2010) a diferencia de los demás autores, reporta un alto contenido de magnesio (1620 mg/100g), y asimismo Lee et al. (2013) reportaron un alto contenido de sodio (5459 mg/100g), zinc (2598 mg/100g), hierro (1799 mg/100g) y manganeso (1542 mg/100g). a diferencia de los demás autores.

**Tabla N°8.** Contenido de minerales presentes en el shiitake (*Lentinula edodes*).

Minerales	Shiitake			
	Contenido (mg/100g base seca)			
Calcio (Ca)	42,3±1,8 <sup>1</sup>	5 <sup>2</sup>	158±0,3	14±2
Cobre (Cu)	*	0,52	13,7±0,5	407±8
Fósforo (P)	*	870	*	276±2
Hierro (Fe)	*	3,3	39,5±0,3	1799±294
Magnesio (Mg)	116,5±5,2	155	1620±4	101±1
Manganeso (Mn)	*	2,1	*	1542±170
Potasio (K)	2647,5±5,2	2670	31600±310	1851±134
Selenio (Se)	*	0,0039	*	*
Sodio (Na)	100,6±1	13	138±1	5459±52
Zinc (Zn)	*	9,2	126±12	2598±191
<b>Fuente</b>	(Manzi et al., 1999)	(Mattila et al., 2001)	(Regula & Gramza-Michalowka, 2010)	(Lee et al., 2013)

\* Dato no indicado en el estudio

<sup>1</sup>Datos expresados como el promedio ± la desviación estándar

<sup>2</sup>Datos expresados como el promedio

### 5.1.2.3 Diferencias en el valor nutricional de las distintas partes del shiitake (sombbrero y estípite)

Li et al. (2018) mencionan que las distintas partes que componen la parte comestible del hongo shiitake son el sombrero y el estípite, y estos se encuentran en una proporción aproximada del 75% y 25%, respectivamente. Los análisis de composición proximal muestran que estas partes poseen diferencias en su composición nutricional.

En la Tabla N°9 se encuentra la comparación de la composición nutricional de las dos partes distintas que componen al shiitake entero, el sombrero y el estípite, en base seca, y como se puede observar aquí, el sombrero contiene mayor cantidad de proteínas y cenizas que el estípite, y en cuanto al contenido de lípidos, Mau et al. (2021) presentan que hay mayor cantidad en el sombrero que en el estípite, pero Li et al. (2018) muestran que ambas partes del shiitake poseen aproximadamente la misma cantidad. Y, por el contrario, el sombrero contiene menos carbohidratos, menos azúcares totales y menos fibra total que el estípite.

**Tabla N°9.** Composición nutricional de distintas partes del shiitake (sombbrero y estípite).

Parámetro	Sombbrero		Estípite	
	Contenido <sup>1</sup> (g/100 g base seca)			
Proteínas (g)	28,4±0,07	18,5±0,2	18,9±0,004	15,5±0,4
Lípidos (g)	2,1±0,006	3,0±0,2	2,1±0,001	2,6±0,1
Carbohidratos (g)	*	72,3±0,3	*	77,6±0,5
Azúcares Totales (g)	42,0±0,108	*	44,0±0,010	*
Cenizas (g)	6,3±0,016	6,2±0,2	4,1±0,001	4,3±0,1
Fibra Dietética Total (g)	2,6±0,007	*	8,3±0,002	*
<b>Fuente</b>	(Li et al., 2018)	(Mau et al., 2021)	(Li et al., 2018)	(Mau et al., 2021)

\* Dato no indicado en el estudio

<sup>1</sup>Datos expresados como los promedios ± la desviación estándar

En la Tabla N°10 se presenta la comparación del contenido de aminoácidos de las distintas partes del shiitake, sombrero y estípite, en base seca, en donde se puede observar que, en la mayoría de los casos, hay mayor cantidad de aminoácidos en el sombrero que en el estípite. Lo anterior se explica debido a que el estípite presenta menor cantidad de proteínas que el

sombrero, por lo tanto, también tendrá una menor cantidad de aminoácidos, esto se puede observar claramente en la Tabla N°9.

En la Tabla N°11 se encuentra la comparación del contenido de minerales que se encuentran en las distintas partes del shiitake, sombrero y estípite, y como se puede observar, Li et al. (2018) y Mau et al. (2021) coinciden en que el potasio es el mineral más abundante tanto en el sombrero como en el estípite, con una cantidad de 1532,5-2758,643 mg/100g y 1217,70-1803,85 mg/100g, respectivamente, le sigue en cantidad el fósforo pero en este hay bastante diferencia entre ambos autores. Además, se puede observar también que en la mayoría de los casos hay una mayor cantidad de minerales en el sombrero que en el estípite. Lo anterior se explica debido a que el sombrero presenta una mayor cantidad de cenizas que el estípite, y por lo tanto posee una mayor cantidad de minerales, lo que se evidencia en la Tabla N°9.

**Tabla N°10.** Contenido de aminoácidos en las distintas partes del shiitake (*Lentinula edodes*).

Aminoácidos	Contenido <sup>1</sup> en base seca (mg/g)			
	Sombrero		Estípite	
<b>Esenciales</b>				
Fenilalanina (Phe)	0,98±0,08	0,49±0,05	0,86±0,07	0,83±0,03
Histidina (His)	0,44±0,03	0,61±0,06	0,55±0,05	0,45±0,02
Isoleucina (Ile)	0,76±0,03	0,44±0,03	0,45±0,04	1,00±0,03
Leucina (Leu)	1,07±0,09	0,64±0,01	0,69±0,05	1,54±0,07
Lisina (Lys)	0,84±0,04	1,77±0,16	0,62±0,06	1,68±0,01
Metionina (Met)	0,26±0,03	5,14±0,09	0,15±0,04	nd
Treonina (Thr)	0,61±0,07	2,47±0,08	0,39±0,05	2,21±0,22
Triptófano (Trp)	*	0,27±0,03	*	3,48±0,27
Valina (Val)	0,82±0,07	2,06±0,04	0,55±0,06	2,04±0,07
<b>No esenciales</b>				
Ácido aspártico (Asp)	1,82±0,11	0,66±0,01	1,23±0,14	0,42±0,03
Ácido glutámico (Glu)	2,10±0,18	4,83±0,08	2,43±0,21	2,50±0,09
Alanina (Ala)	1,01±0,09	3,55±0,15	0,59±0,06	3,65±0,08
Arginina (Arg)	0,91±0,07	4,09±0,11	0,56±0,05	3,09±0,20
Asparagina (Asn)	*	1,40±0,06	*	1,15±0,05
Cisteína (Cys)	0,43±0,04	nd	0,36±0,05	nd
Glicina (Gly)	1,29±0,15	1,33±0,02	0,79±0,12	1,70±0,01
Glutamina (Gln)	*	5,30±0,13	*	8,69±0,14
Prolina (Pro)	0,38±0,04	0,58±0,01	0,23±0,03	0,42±0,01
Serina (Ser)	0,55±0,02	1,46±0,04	0,30±0,04	1,42±0,12
Tirosina (Tyr)	0,97±0,08	0,80±0,07	0,60±0,05	nd
<b>Fuente</b>	(Vetter, 1995)	(Mau et al., 2021)	(Vetter, 1995)	(Mau et al., 2021)

\* Dato no indicado en el estudio

<sup>1</sup>Datos expresados como el promedio ± la desviación estándar

nd (valor no detectado en el análisis)

**Tabla N°11.** Contenido de minerales de distintas partes del shiitake (sombrero y estúpito).

Minerales	Contenido <sup>1</sup> (mg/100g base seca shiitake)			
	Sombrero		Estúpito	
Aluminio (Al)	*	0,107±0,003	*	0,150±0,007
Calcio (Ca)	17,401±0,045	14,100±0,600	37,010±0,008	15,800±0,700
Cobre (Cu)	0,955±0,003	*	0,487±0,000	*
Cromo (Cr)	*	0,021±0,002	*	0,025±0,003
Fósforo (P)	891,254±2,302	1,250±0,040	580,550±0,127	0,920±0,050
Hierro (Fe)	3,629±0,009	0,787±0,020	3,504±0,001	0,777±0,038
Magnesio (Mg)	120,956±0,312	91,800±0,600	100,145±0,022	78,800±3,200
Manganeso (Mn)	1,740±0,005	0,777±0,027	1,700±0,000	0,838±0,042
Potasio (K)	2758,643±7,126	1532,500±0,040	1803,850±0,394	1217,700±45,700
Selenio (Se)	0,019±0,000	0,608±0,025	0,012±0,000	0,714±0,037
Sodio (Na)	8,944±0,023	8,900±0,450	7,340±0,002	4,980±0,260
Zinc (Zn)	7,215±0,019	6,670±0,330	5,391±0,001	5,600±0,240
<b>Fuente</b>	(Li et al., 2018)	(Mau et al., 2021)	(Li et al., 2018)	(Mau et al., 2021)

\* Dato no indicado en el estudio

<sup>1</sup>Datos expresados como los promedios ± la desviación estándar

### 5.1.1.3 Influencia del tipo de sustrato en el valor nutricional

Diversos autores han reportado en la literatura que la diferencia obtenida en cuanto a la composición nutricional entre distintas investigaciones se debe principalmente al sustrato utilizado en el cultivo del shiitake. Esto se puede evidenciar en las Tablas N°6, 7 y 8, que si bien algunos autores obtienen valores similares de composición nutricional y de contenido de aminoácidos y de minerales, hay algunos valores en los que existe una gran diferencia, como lo es en el caso del contenido de proteína, Wunjuntuk et al. (2021) muestran que el shiitake contiene 20,8 g/100g, a diferencia de Regula & Gramza-Michalowka (2010) que muestran un valor de 14,9 g/100g. También en cuanto al contenido de aminoácidos, Sissons et al. (2022) reportan en la mayoría de los casos un mayor valor para cada aminoácido que Lee et al. (2013). Lo que también se evidencia en la diferencia que existe en el contenido de los distintos minerales reportados por diversos autores.

Bach et al. (2018) mencionan que el hongo shiitake tradicionalmente se cultiva sobre troncos de madera, pero esta práctica ha sido sustituida por el cultivo con diferentes sustratos que se

almacenan en bolsas de plástico. La Tabla N°12 presenta la comparación del contenido de nutrientes presentes en dos muestras distintas de shiitake en base seca, uno cultivado en troncos de madera de una especie de roble oriundo del este de Asia, *Quercus acutissima* y el otro cultivado en bolsas.

Como se puede observar en la Tabla N°12, el shiitake cultivado en bolsas presenta mayor contenido de proteínas y de lípidos, 18,00 g/100g y 2,08 g/100g, respectivamente, que el cultivado sobre troncos, que obtuvo 14,45 g/100g de proteínas y 2,08 g/100g de lípidos. Por el contrario, el shiitake cultivado en troncos presenta mayor contenido de carbohidratos, cenizas y fibra dietética total, 75,83 g/100g, 7,64 g/100g y 47,42 g/100g, respectivamente, que el cultivado en bolsas que obtuvo 71,80 g/100g de carbohidratos, 7,38 g/100g de cenizas y 39,16 g/100g de fibra dietética total. En cuanto al contenido de minerales, el shiitake cultivado en troncos muestra un mayor contenido de hierro y manganeso, mientras que la cultivada en bolsas posee mayores niveles de fósforo, potasio, calcio, magnesio, cobre, zinc y sodio. Bach et al. (2018), mencionan que la diferencia en el contenido de proteína puede estar relacionada con la disponibilidad de nitrógeno presente en el medio de cultivo. También señala que el mayor contenido de fibra insoluble del shiitake producido en troncos es el resultado de condiciones menos favorables en la obtención de nutrientes, esto debido a que la estructura de los troncos es más resistente que los compuestos contenidos en la bolsa (aserrín, maleza de eucalipto, salvado de trigo, germen de maíz y caliza), por lo que el shiitake producido en troncos habría sufrido más demandas en cuanto a su resistencia, producción y secreción de enzimas para obtener nutrientes en comparación con el producido en bolsas, donde los nutrientes estaban más disponibles para la absorción. Además, menciona que la mayor cantidad de minerales que hay en el shiitake cultivado en bolsas puede estar asociada a la biodisponibilidad de estos componentes en el medio de cultivo, considerando que los componentes del cultivo en bolsas además de ser materiales leñosos, también están compuesto por salvado de trigo y germen de maíz, los cuales contienen todos los minerales que forman parte de la composición del shiitake.

**Tabla N°12.** Comparación del contenido de nutrientes de dos muestras distintas de shiitake en base seca según su sustrato.

Parámetro	Contenido <sup>1</sup> en 100 g de shiitake seco	
	Cultivo en troncos	Cultivo moderno en bolsas
Proteínas (g)	14,45±0,14	18,00±0,58
Lípidos (g)	2,08±0,16	2,82±0,29
Carbohidratos (g)	75,83±2,66	71,80±5,40
Cenizas (g)	7,64±0,04	7,38±0,08
Fibra Dietética Total (g)	47,42±2,32	39,16±4,45
Fibra soluble (g)	6,45±0,47	6,67±0,84
Fibra insoluble (g)	40,97±1,85	32,49±3,61
<b>Minerales (mg/ 100 g)</b>		
Calcio (Ca)	12,50±0,19	16,30±1,77
Cobre (Cu)	0,45±0,07	0,55±0,07
Fósforo (P)	330,00±2,83	774,00±19,80
Hierro (Fe)	4,20±0,03	3,40±0,28
Magnesio (Mg)	108,80±1,77	155,00±3,54
Manganeso (Mn)	3,00±0,57	1,90±0,28
Potasio (K)	1950,00±98,99	2050,00±155,56
Sodio (Na)	4,00±1,41	10,50±0,71
Zinc (Zn)	3,65±0,07	8,00±0,04
<b>Fuente</b>	(Bach et al., 2018)	

<sup>1</sup>Datos expresados como los promedios ± la desviación estándar

#### 5.1.2.4 Efectos de distintos métodos de cocción en el valor nutricional

Lee et al. (2019) señalan que en general, los métodos de cocción inducen cambios significativos en la composición química, la textura y las enzimas de los alimentos. Los hongos como el shiitake se cocinan de diferentes maneras antes de su consumo según las recetas y tradiciones culinarias que hay en cada país. Por lo tanto, su preparación por diferentes métodos de cocción puede tener un impacto en los nutrientes y otros compuestos.

En la Tabla N°13 se encuentra la comparación del efecto de los métodos de cocción a los cuales es sometido el shiitake fresco, sobre su composición nutricional, estos son: hervir (sumergir en agua hirviendo por 15 min), cocer al vapor y saltear (sobre un sartén, sin aceite).

Se puede observar, en la Tabla N°13, que con los 3 métodos de cocción el shiitake pierde humedad, pero el salteado es en el cual más cantidad de agua pierde, debido a que sobre el sartén sin aceite no tiene ningún contacto con agua y por lo tanto tiende a deshidratarse más que con los otros métodos de cocción, que en el caso del primero (hervir) está en contacto directo con agua y el segundo (cocer al vapor) está en contacto directo con el vapor de agua. En cuanto al contenido de proteínas, el shiitake fresco presenta una cantidad de 4,59 g/100g, mientras que hervido muestra una cantidad menor (3,89 g/100g), sin embargo, un aumento al cocer al vapor (4,63 g/100g) y al saltear (5,57 g/100g). El contenido de lípidos en el shiitake fresco se mantuvo similar al someter este a los distintos métodos de cocción. En cuanto al contenido de cenizas, el shiitake fresco presenta un contenido de 0,88 g/100g, el cual disminuye al hervirlo (0,45 g/100g), se mantiene igual al cocer al vapor y aumenta al saltearlo (1,05 g/100g). En cuanto al contenido de minerales, al hervir el shiitake hubo disminución, en comparación con el shiitake fresco, del contenido de cobre, fósforo, hierro, magnesio, manganeso, potasio y sodio, y por el contrario hubo aumento de calcio y zinc. Al cocer al vapor hubo disminución del contenido de cobre, fósforo, hierro, magnesio, manganeso y potasio, pero hubo aumento del contenido de calcio, sodio y zinc. Al saltear sólo hubo disminución del contenido de hierro, y por el contrario, hubo aumento del contenido de todos los demás minerales analizados. En cuanto al contenido de vitaminas, al hervir el shiitake hubo pérdida de todas las vitaminas analizadas (B1, B3, B9, B12, C y D), al cocer al vapor y al saltear solo hubo pérdida de vitamina B1, B3 y B9, sin embargo, hubo aumento del contenido de vitamina B12, C y D.

Lee et al. (2019) señalan que la pérdida de proteínas y cenizas al hervir el shiitake se puede deber a la difusión de ciertos componentes en el agua de cocción, es por esto que también hay disminución de la mayoría de los minerales y de todas las vitaminas. El aumento de proteínas y de cenizas en el shiitake salteado se puede deber a su deshidratación, que es de aproximadamente 5 g de agua con respecto al shiitake fresco, lo que hace que al analizar la muestra que es sometida al salteado esta se encuentre más “concentrada” y por lo tanto haya aumento de estos componentes, lo que se ve reflejado también en el aumento de la mayoría de los minerales y de algunas vitaminas. Debido a lo anterior, es que de los tres métodos de

cocción el mejor vendría siendo el salteado ya que es el que posee menor pérdida de minerales y vitaminas.

**Tabla N°13.** Comparación del contenido de nutrientes en el shiitake, fresco, hervido, al vapor y salteado.

Parámetro	Contenido en 100 g de shiitake			
	Fresco	Hervido	Al vapor	Salteado
Humedad (g)	83,34	82,15	80,39	78,27
Proteína (g)	4,59	3,89	4,63	5,57
Lípidos (g)	0,24	0,22	0,25	0,22
Cenizas (g)	0,88	0,45	0,88	1,05
<b>Minerales (mg/100 g)</b>				
Calcio (Ca)	1,813	2,257	2,218	2,765
Cobre (Cu)	0,157	0,081	0,147	0,176
Fósforo (P)	138,593	85,436	136,740	170,376
Hierro (Fe)	0,482	0,323	0,437	0,468
Magnesio (Mg)	21,649	12,319	21,359	26,725
Manganeso (Mn)	0,214	0,125	0,210	0,265
Potasio (K)	391,735	138,095	343,429	444,953
Sodio (Na)	2,067	1,747	2,443	2,744
Zinc (Zn)	1,269	1,308	1,421	1,627
<b>Vitaminas</b>				
B1 (Tiamina) (mg)	0,43	0,03	0,18	0,28
B3 (Niacina) (mg)	53,78	1,12	2,23	32,16
B9 (Ácido fólico) (ug)	54,75	10,92	28,44	36,96
B12 (Cobalamina) (ug)	0,53	0,43	0,73	0,93
C (Ácido ascorbico) (mg)	7,00	3,01	8,51	11,69
D2 (ergosterol) (mg)	60,19	55,23	70,66	73,99
<b>Fuente</b>	(Lee et al., 2019)			

### **5.1.3 Compuestos bioactivos y propiedades funcionales**

Son numerosos los estudios de investigación que indican la existencia de potenciales ventajas para la salud en los componentes de los alimentos. Estas investigaciones se han centrado en la identificación de sustancias biológicamente activas en los alimentos, que ofrezcan la posibilidad de mejorar el marco general de salud, reduciendo así, el riesgo a contraer y desarrollar enfermedades (Herrera et al., 2014).

Un alimento funcional es aquel alimento el cual ha demostrado de manera satisfactoria que posee un efecto beneficioso sobre una o varias funciones específicas en el organismo, más allá de los efectos nutricionales habituales, siendo esto relevante para la mejoría de la salud y el bienestar y/o la reducción del riesgo de enfermar. La ciencia de los alimentos funcionales tiene como objetivo identificar las interacciones beneficiosas entre un alimento determinado y una o más funciones del organismo y, además, obtener evidencias sobre los mecanismos implicados en la interacción. Para alcanzar satisfactoriamente estos objetivos se debe emplear una metodología científica apropiada que incluya experimentación *in vitro* e *in vivo* (Herrera et al., 2014).

Se ha observado que el hongo shiitake es uno de los alimentos útiles que puede conferir múltiples efectos beneficiosos al consumidor. Las investigaciones y revisiones existentes han demostrado beneficios multifacéticos de este, como antitumorales, antivirales, antiinflamatorios, antioxidantes, entre otros (Ahmad et al., 2023).

La Tabla N°14 muestra el contenido de los distintos compuestos bioactivos descritos por varios autores presentes en el shiitake. Como se puede observar los valores de a-glucano varían entre 0,28 y 1,84 g/100g, b-glucano entre 15 y 23,3 g/100 g, siendo este el componente bioactivo con mayor contenido. El contenido de tocoferoles varía entre 27,63 y 32,33 ug/100g, el contenido de compuestos fenólicos totales varía entre 787 y 1840 mg GAE/100g, el contenido de eridatenina 61,37 mg/100g y el contenido de ergosterol varía entre 605 y 679 mg/100g.

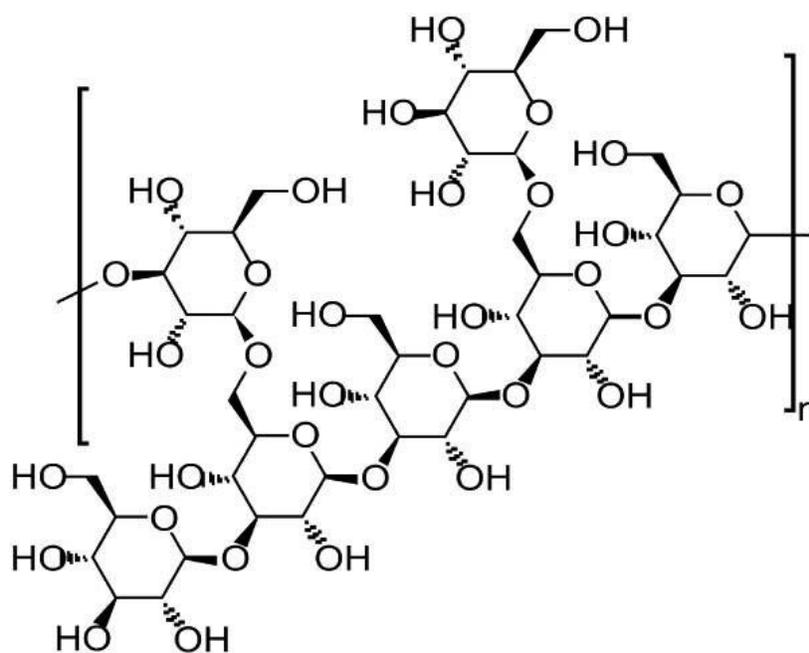
**Tabla N°14.** Contenido de compuestos bioactivos presentes en el shiitake (*Lentinula edodes*).

<b>Componente</b>	<b>Contenido <sup>1</sup></b>	<b>Fuente</b>
a-glucano (g/100g)	1,84±0,01	(Wunjuntuk et al., 2021)
	0,28±0,04	(Pérez-Bassart et al., 2023)
b-glucano (g/100g)	15,7±0,8	(Wunjuntuk et al., 2021)
	23,3±5,4	(Pérez-Bassart et al., 2023)
	15	(Gründemann et al., 2015)
Tocoferoles (ug/100g)	32,33±0,43	(Carneiro et al., 2013)
	27,63±0,08	(Heleno et al., 2015)
Compuestos fenólicos totales (mg GAE/100g)	1840±122	(Pérez-Bassart et al., 2023)
	787±15	(Heleno et al., 2015)
Eridatenina (mg/100g)	61,37	(Sánchez-Minutti et al., 2019)
Ergosterol (mg/100g)	679	(Mattila et al., 2002)
	605±7	(Jasinghe & Perera, 2005)

<sup>1</sup>Datos expresados como los promedios ± la desviación estándar

Los β-glucanos son homopolisacáridos lineales de glucosa unidos a través de enlaces β-(1→3) y β-(1→4) y que pueden presentar ramificaciones. No son digeribles en el intestino delgado del ser humano debido a que no existen enzimas pancreáticas o intestinales capaces de degradarlas, por lo cual son clasificados como fibra dietética soluble. Una propiedad atribuida a los β-glucanos provenientes de hongos, como es en este caso el shiitake, es la modulación del sistema inmune. Dicho efecto podría deberse a la capacidad de los β-glucanos de estimular receptores del sistema inmune innato presentes en la membrana de los enterocitos, de las células M y de las células dendríticas, mejorando la actividad fagocítica de los macrófagos y la actividad antimicrobiana de las células mononucleares y de los neutrófilos. Este tipo de β-glucanos también prevendría la promoción y progresión de ciertos tipos de cáncer, actuando en forma sinérgica con los anticuerpos monoclonales y la quimioterapia (Pizarro et al., 2014).

Lentinan (Figura N°3) se compone principalmente de  $\beta$ -glucano, este ha demostrado activar las células T, fortalecer la fagocitosis de los macrófagos y mejorar la función inmunológica en el cuerpo (Garcia et al., 2022), por lo que tiene propiedades terapéuticas, antitumorales (mecanismo de acción antitumoral en Anexo N°3), antiinflamatorias, antidiabéticas, etc. Lentinan fue aprobado como adyuvante para la terapia del cáncer de estómago en Japón en 1985. Está aprobado para tratar múltiples tipos de cáncer, así como para hepatitis y otras enfermedades. Lentinan está disponible en cápsulas, tabletas e inyecciones. Los datos clínicos muestran que el lentinan es un modificador de la respuesta biológica y un inmunoestimulante con eficacia comprobada en el tratamiento de hepatitis, VIH, derrame pleural maligno y cánceres (Zhang et al., 2019).



**Figura N°3.** Estructura química del lentinan.

Fuente: (Bisen et al., 2010)

La eritadenina es un metabolito secundario que se le atribuye la bioacción de reducir el nivel de colesterol en la sangre. Se han realizado algunos estudios en ratas y humanos en los que se ha observado el efecto de la adición de eritadenina a su dieta (Sánchez-Minutti et al., 2019). Yang et al. (2002) agregaron un extracto de shiitake en la dieta de ratas y encontraron una disminución del 25% del colesterol total en una semana. Yoon et al. (2011) desarrollaron una dieta para alimentar a ratas con 5% de shiitake y encontraron una reducción del colesterol

total en plasma, triglicéridos, lipoproteínas de baja densidad (LDL), lípidos totales, fosfolípidos y una reducción en la relación LDL/lipoproteínas de alta densidad de 34, 53, 75, 34, 25 y 74%, respectivamente. En otros experimentos se han suministrado a humanos 90 g de shiitake fresco al día durante una semana disminuyendo los niveles de colesterol en un 12% (Bisen et al., 2010). No está definido claramente el método de acción de la eritadenina en la reducción del colesterol, a pesar de los estudios realizados, sin embargo, se ha sugerido que este metabolito acelera la remoción del colesterol en la sangre ya sea por aumento de la captación tisular o por inhibición de la liberación del colesterol desde los tejidos, pero no inhibe la biosíntesis del colesterol en el hígado. Se sugiere que este compuesto puede ejercer su efecto hipocolesterolémico modificando el metabolismo de los fosfolípidos a nivel del hígado y por ende aumentando la captación o disminuyendo la liberación de colesterol (Rivera et al., 2017).

Otro componente bioactivo es el ergosterol, este es precursor de la vitamina D. Se ha demostrado en diferentes estudios que el shiitake al ser irradiado con luz ultravioleta o expuesto al sol, el ergosterol se convierte en vitamina D, la cual juega un papel importante en el metabolismo del calcio y la mineralización de los huesos (Jasinghe & Perera, 2005).

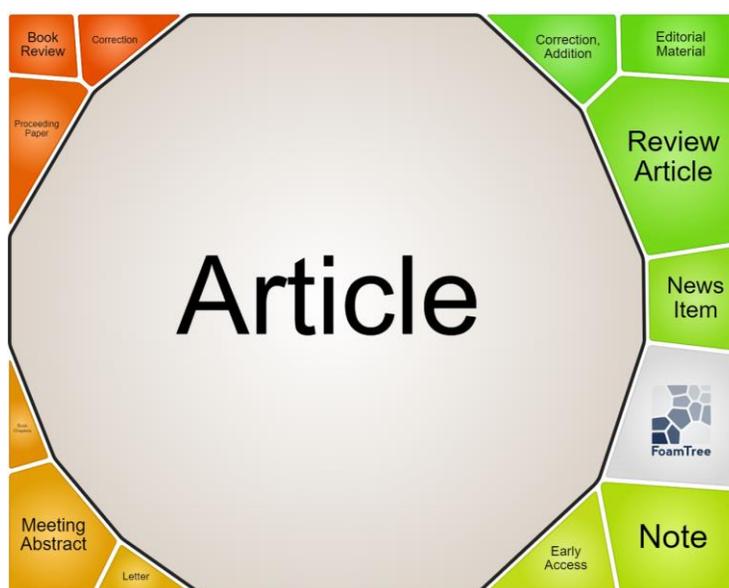
Los compuestos fenólicos son moléculas bioactivas de interés por sus propiedades farmacológicas, entre la que destaca la actividad antioxidante. El comportamiento antioxidante de estos compuestos parece estar relacionado con su capacidad para quelar metales, inhibir la lipoxigenasa y captar radicales libres. A estas moléculas bioactivas se les han atribuido actividades farmacológicas relacionadas con la prevención y/o mejora del estado de salud. Entre éstas destacan sus efectos vasodilatadores, anticarcinogénicos, antiinflamatorios, bactericidas, estimuladores de la respuesta inmune, antialérgicos, antivirales, etc. (Martínez-Valverde et al., 2000).

El tocoferol es el nombre que recibe una de las formas de la Vitamina E. Los tocoferoles son capaces de proteger al organismo frente al daño oxidativo que producen algunas sustancias, actuando mayoritariamente sobre membranas biológicas, lipoproteínas y tejidos, mediante la eliminación de radicales libres (Díaz, 2015).

## 5.2 Análisis Bibliométrico

### 5.2.1. Información General

Los datos de las publicaciones sobre el hongo shiitake que se utilizaron se extrajeron y descargaron entre el 02 y el 23 de enero de 2023 de Web of Science Core Collection (WoS) de Clarivate Analytics. La búsqueda se realizó con las siguientes palabras clave: "shiitake" o "shitake" o "*lentinula edodes*" o "*lentinus edodes*" o "*l. edodes*" en el campo de búsqueda "tema", que incluye título, resumen, palabras clave del autor y KeyWord Plus (Estas son palabras o frases que aparecen con frecuencia en los títulos de las referencias de un artículo, pero no aparecen en el título del artículo en sí.), limitando la búsqueda entre los años 1975 y 2021. La muestra de datos obtenida de WoS incluyó 3.068 documentos en total, compuesta por 2.702 artículos, 160 reseñas, 89 resúmenes de reuniones, 49 notas, 47 actas, 30 materiales de editorial, 22 cartas y 7 correcciones entre los principales tipos de documentos. La figura N°4 presenta un mapa de árbol de espuma con la distribución de los diferentes tipos de artículos científicos en publicaciones sobre el hongo shiitake entre los años 1975 y 2021.

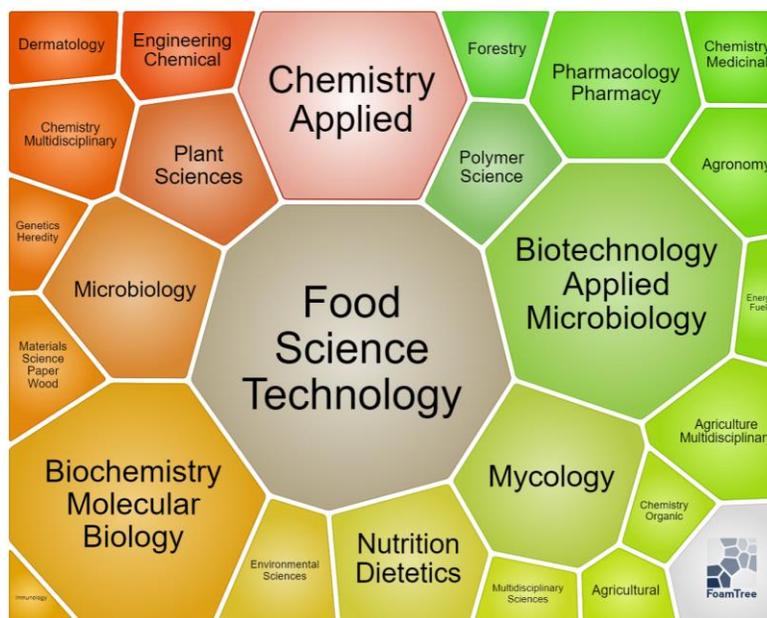


**Figura N°4.** Mapa de árbol de espuma acerca de los tipos de documentos en publicaciones del shiitake.

El número de autores fue de 8.553, cuyas palabras clave fueron 6.156. El promedio de citas por documento fue de 24,97, mientras que el promedio de citas por año por documento fue

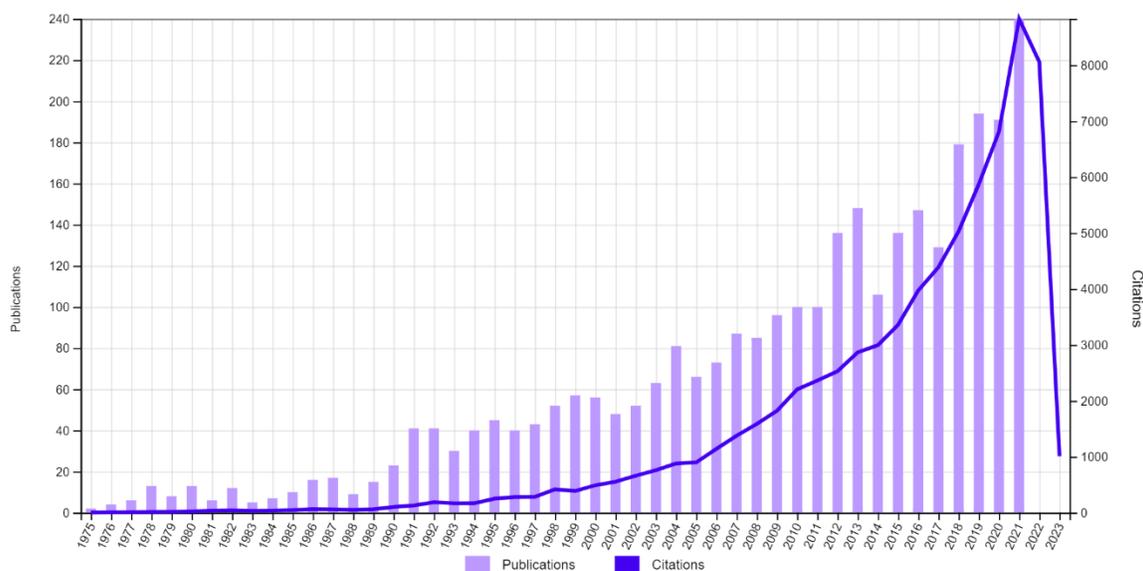
de 1.562,61. Los datos recopilados de WoS se clasificaron y presentaron en función de varios indicadores bibliométricos, incluido el número total de publicaciones (TP), el número total de citas (TC), el índice h, la cita por año (C/Y) y la cita por artículo (C/P.), y diferentes umbrales de citas (250, 100, 50, 25, 10, 5 y 1 citas). Además, se utilizaron los paquetes gratuitos de investigación bibliométrica VOSviewer 1.6.18 (12) y Bibliometrix 3.2.1 (13) para estudiar relaciones gráficas como la cocitación de fuentes citadas, el acoplamiento bibliográfico de organizaciones, el acoplamiento bibliográfico de países y la coocurrencia de autores. palabras clave entre otros cuadros bibliométricos.

Según la clasificación de Web of Science por categoría (Figura N°5), la mayoría de las publicaciones pertenecían a las categorías de ciencia y tecnología de los alimentos, microbiología aplicada a la biotecnología y bioquímica biología molecular, representando el 24,331%, 16,406% y 15,427%, respectivamente. Además de las categorías mencionadas, también se destacan las categorías de química aplicada (12,459%), micología (8,284%) y microbiología (7,860%), por otro lado, también existen publicaciones en áreas minoritarias como herencia genética, combustibles energéticos y silvicultura lo que indica que existen diversas áreas del conocimiento en donde se pueden encontrar publicaciones sobre el hongo shiitake.



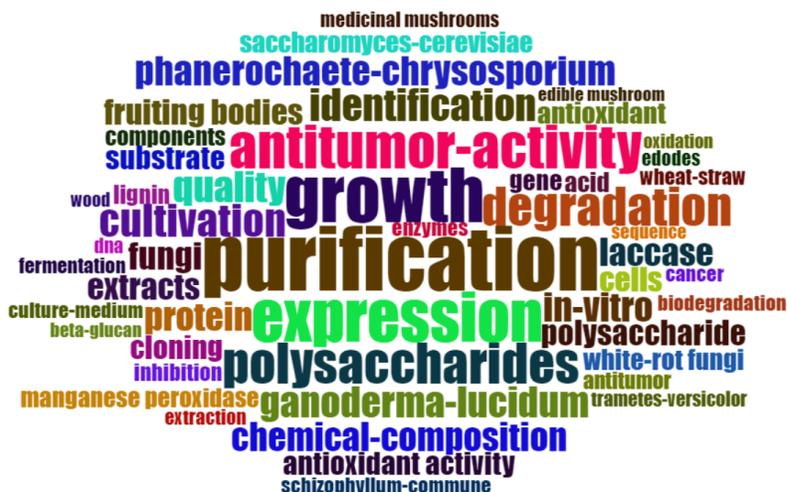
**Figura N°5.** Mapa de árbol de espuma acerca de las categorías de Web of Science en publicaciones del shiitake.

En cuanto al número de publicaciones y citas durante el periodo 1975-2021, en la Figura N°6 se muestra la producción anual, en la que se puede apreciar que la producción de artículos científicos muestra un bajo desarrollo hasta aproximadamente el año 1995, a partir de ese entonces se puede observar un aumento sostenido y significativo. Es probable que la razón de este aumento esté relacionada con la publicación de la reseña “Shiitake, *lentinus edodes*: propiedades funcionales para fines medicinales y alimentarios”, que establece importantes lineamientos sobre el aspecto nutricional del hongo shiitake. De igual manera, se observa un incremento en el número de citas que reciben los artículos en el período, pasando de valores inferiores a 300 citas anuales en 1997 a valores superiores a 8.500 citas anuales en 2021.



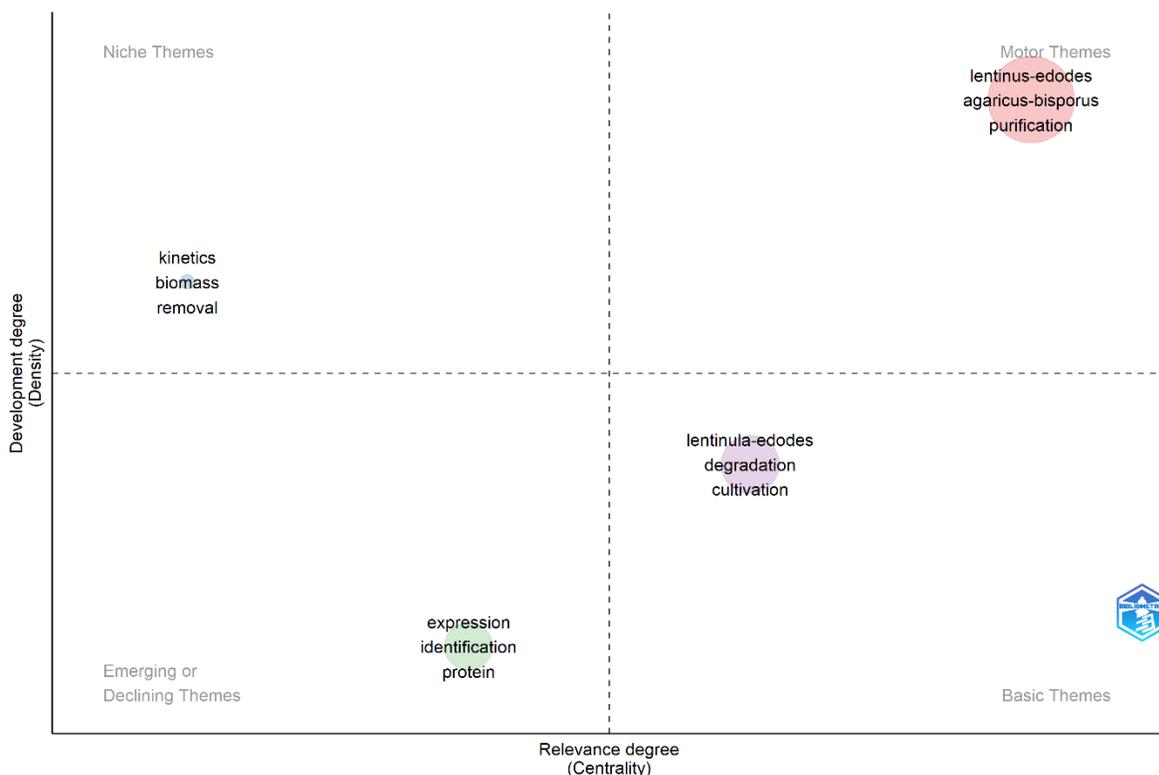
**Figura N°6.** Publicaciones acerca del shiitake y las veces que ha sido citado a lo largo del tiempo.

Las palabras más frecuentes (en el campo KeyWord Plus) son purification (purificación), growth (crecimiento), expresión (expresión), antitumor-activity (actividad antitumoral), polysaccharides (polisacáridos) y degradation (degradación), con valores de 182, 154, 141, 123, 115 y 110, respectivamente. La Figura N°7 ilustra la nube de palabras de las 50 KeyWord Plus más frecuentes y, de alguna manera, sugiere los desafíos y las tendencias en la investigación del hongo shiitake. El tamaño de cada palabra clave muestra su frecuencia y por lo tanto se puede notar de que se discute principalmente en las publicaciones sobre el shiitake.



**Figura N°7.** Nube de palabras sobre el campo KeyWord Plus en las publicaciones del shiitake.

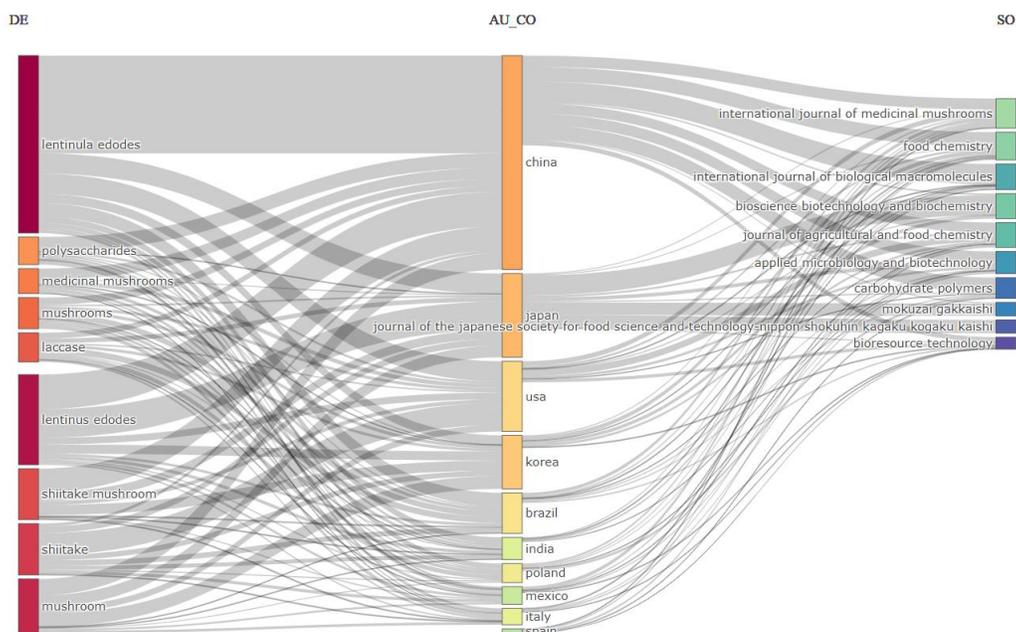
La Figura N°8 presenta un diagrama de mapa temático considerando el campo KeyWord Plus, se puede observar en este la distribución de las palabras según 4 categorías con diferentes grados de desarrollo y relevancia: En el cuadrante de temas de nicho se puede observar un cluster que contiene las palabras cinética (38), biomasa (37) y remoción (36) que pueden asociarse a temas relacionados con la biología, mientras que el cuadrante de los temas motores contiene un cluster con las palabras *lentinus-edodes* (361), *agaricus-bisporus* (192) y purificación (182) como componentes principales. En relación a los temas básicos, se aprecia un cluster que contiene términos como *lentinula-edodes* (208), degradación (110) y cultivo (94). Finalmente, el cuadrante de los temas emergentes o decrecientes presenta un cluster con conceptos asociados a parámetros nutricionales, con palabras expresión (141), identificación (90) y proteína (80).



**Figura N°8.** Diagrama de mapa temático que considera el campo KeyWord Plus.

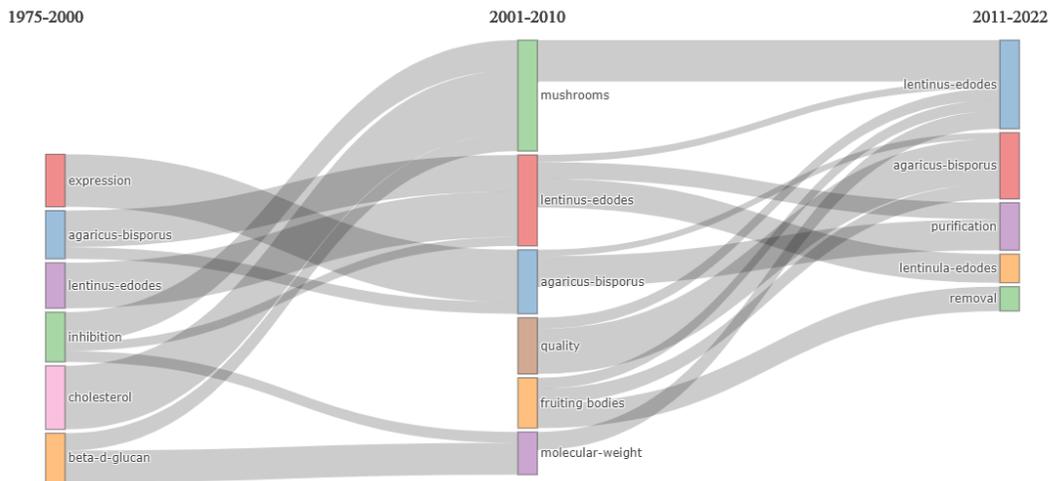
Es posible utilizar un diagrama de Sankey (Figura N°9) para identificar las relaciones existentes entre distintos campos, cuanto más gruesa es la línea que une estos campos, mayor es la magnitud de la relación entre estos. En este caso el campo izquierdo corresponde a las palabras clave utilizadas en publicaciones del shiitake, en el medio los países de los autores de estas publicaciones y en el campo derecho las revistas donde publicaron. Como se puede observar, las palabras clave particulares, por ejemplo, la que está en primer lugar *lentinula edodes* (829) tiene relación con los 10 países expuestos en el diagrama, y en el caso de China (1000), que es el primer país del listado, este sólo tiene relación con 9 de las 10 revistas presentadas. En cuanto a la segunda palabra clave, polisacáridos (129) esta tiene relación con los 10 países expuestos, y en el caso del segundo país del listado Japón (391) este sólo tiene relación con 9 de las 10 revistas presentadas. En cuanto a la tercera palabra clave, hongos medicinales (117) esta sólo tiene relación con 9 de los países expuestos, y en el caso del tercer país del listado, Estados Unidos (328), este sólo tiene relación con 8 de las 10 revistas presentadas.

en donde es posible también identificar cómo estos autores contribuyeron en las revistas.



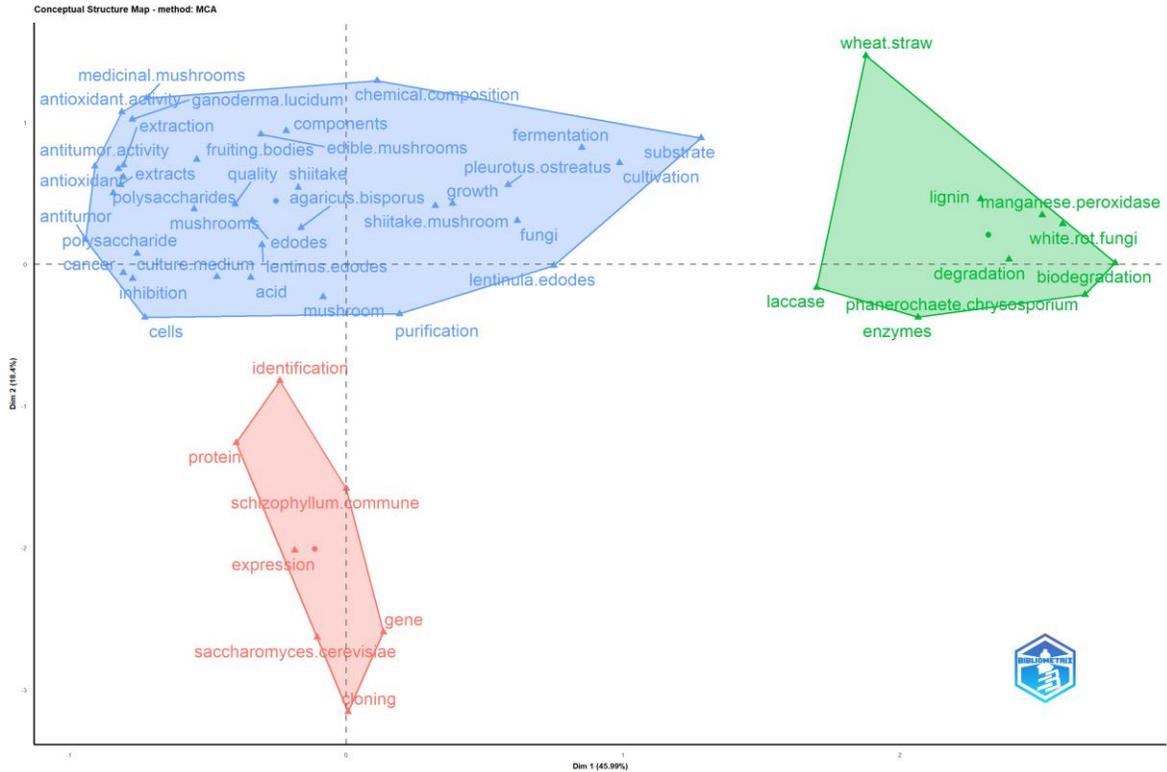
**Figura N°9.** Relaciones entre tres campos de metadatos que incluyen palabras clave, países y fuentes.

La Figura N°10 contiene un diagrama de Sankey en el cual se encuentra la evolución temática de las publicaciones sobre el hongo shiitake durante el período de estudio (1975-2021) considerando las KeyWord Plus. En general se puede observar que hay dos palabras que se mantienen a través de los años, las cuales son *lentinus-edodes* y *agaricus-bisporus*. Luego en el primer período (1975-2000) los temas más importantes están relacionados con conceptos asociados a aspectos nutricionales como expresión, inhibición, colesterol y beta-d-glucano, luego en la siguiente década (2001-2010) aparecen más conceptos, como cuerpos fructíferos el cual está relacionado a la morfología y al cultivo, también aparecen los términos calidad y peso molecular. Al pasar al periodo 2011-2021 aparece el término *lentinula-edodes* que es el nombre científico del hongo shiitake y también aparecen los conceptos purificación y remoción.

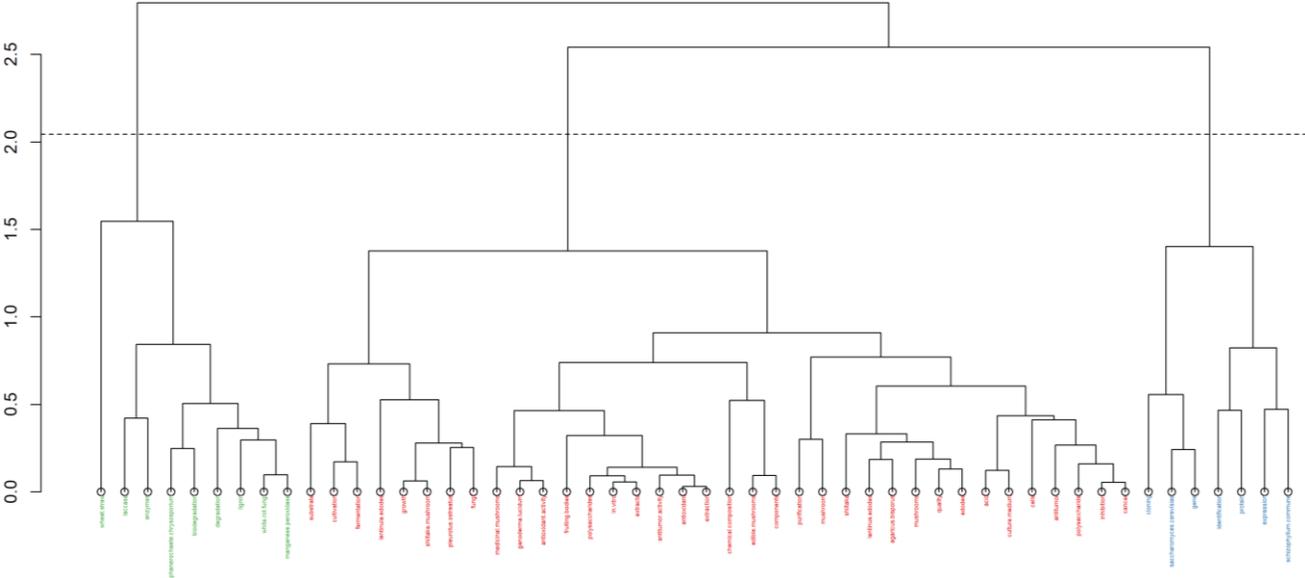


**Figura N°10.** Evolución temática de las publicaciones sobre el shiitake durante el periodo de estudio considerando el campo KeyWord Plus.

La Figura N°11 muestra el resultado del análisis factorial para el campo KeyWordPlus con la estructura conceptual de las publicaciones sobre el hongo shiitake entre 1975-2021. Se pueden observar tres clusters claramente diferenciados por colores, el cluster azul es el que contiene la mayor cantidad de conceptos, los cuales tienen en común ser temas relacionados a aspectos nutricionales, composición química, efectos en la salud y el cultivo. El cluster rojo posee la menor cantidad de conceptos los cuales están relacionados a la identificación y expresión de proteínas. El cluster verde representa conceptos relacionados a enzimas y la biodegradación. Asimismo, el dendrograma o diagrama de árbol de la Figura N°12 contiene el desarrollo y detalle de los distintos términos del campo KeyWordPlus que componen la estructura conceptual presentada anteriormente, en los tres clusters distintos. Las uniones más tempranas (más abajo en el árbol) corresponden a conceptos relacionados a temas similares entre sí, por ejemplo, en el cluster rojo se encuentran los conceptos sustrato y fermentación, donde ambos pertenecen al tema del cultivo. Por el contrario, los conceptos que se unen más arriba del árbol (cerca del final del árbol, más tardías) tienden a pertenecer a temas diferentes, un ejemplo de esto es en el cluster verde, los conceptos “paja de trigo” y “enzima”, que pertenecen a temas distintos.



**Figura N°11.** Mapa de la estructura conceptual acerca de las publicaciones del shiitake, considerando el campo KeyWord Plus.



**Figura N°12.** Dendrograma de las publicaciones del shiitake, considerando el campo KeyWord Plus.

### 5.2.2. Tablas y clasificaciones

Para identificar de forma más específica los documentos publicados sobre el hongo shiitake con mayor número de citas en la base de datos Web of Science, se construyó la Tabla N°15 con los 20 artículos más citados entre 1975 y 2021. La tabla muestra que la mayoría de los documentos son artículos (65%), y el restante (35%) corresponde a reseñas (reviews).

De acuerdo a la tabla, el documento más citado (627 citas), publicado el año 2000 con 26,88 citas por año, corresponde a una reseña de título “Potential applications of oxidative enzymes and phenoloxidase-like compounds in wastewater and soil treatment: a review”, en la cual sus autores, Duran, N. y Esposito, E., tratan sobre la utilización de enzimas oxidativas encontradas en hongos, entre otras especies, para el tratamiento de aguas residuales. El segundo documento más citado (638 citas), también publicado el año 2000, con 26,58 citas por año, corresponde a una reseña de título “Immunomodulation and anti-cancer activity of polysaccharide-protein complexes”, en la cual sus autores Ooi, V. E. C. y Liu, F., tratan sobre la utilización de aislados de polisacáridos y complejos polisacáridos-proteínas obtenidos de hongos, como agentes terapéuticos debido a sus efectos inmunomoduladores y anticancerígenos. El tercer documento más citado (627 citas), publicado el año 2003, con 29,86 citas por año, corresponde a un artículo de título “Antioxidant activity and total phenolics of edible mushroom extracts”, en el cual sus autores Cheung, L. M., Cheung, P. C. K. y Ooi, V. E. C., tratan sobre las actividades antioxidantes de dos hongos comestibles chinos, uno de ellos el hongo shiitake, en relación con su contenido fenólico total. Es importante señalar que si bien hay más artículos que reseñas en este ranking, los dos documentos más citados corresponden a reseñas (reviews).

**Tabla N°15.** Los 20 artículos más citados sobre el hongo shiitake (1975-2021)

R	TC	Título	Autores	Tipo	Año	C/Y
1	645	Potential applications of oxidative enzymes and phenoloxidase-like compounds in wastewater and soil treatment: a review	Duran, N.; Esposito, E.	R	2000	26,88
2	638	Immunomodulation and anti-cancer activity of polysaccharide-protein complexes	Ooi, V. E. C.; Liu, F.	R	2000	26,58
3	627	Antioxidant activity and total phenolics of edible mushroom extracts	Cheung, L. M.; Cheung, P. C. K.; Ooi, V. E. C.	A	2003	29,86
4	581	Therapeutic effects of substances occurring in higher basidiomycetes mushrooms: A modern perspective	Wasser, S. P.; Weis, A. L.	R	1999	23,24
5	548	Medicinal Mushroom Science: History, Current Status, Future Trends, and Unsolved Problems	Wasser, S. P.	A	2010	39,14
6	443	Contents of vitamins, mineral elements, and some phenolic compounds in cultivated mushrooms	Mattila, P.; Konko, K.; Euroola, M.; Pihlava, J.M.; Astola, J.; Vahteristo, L.; Hietaniemi, V.; Kumpulainen, J.; Valtonen, M.; Piironen, V.	A	2001	19,26
7	361	Mushrooms, tumors, and immunity	Borchers, A. T.; Stern, J. S.; Hackman, R. M.; Keen, C. L.; Gershwin, M. E.	R	1999	14,44
8	354	The Role of Culinary-Medicinal Mushrooms on Human Welfare with a Pyramid Model for Human Health	Chang, S. T.; Wasser, S. P.	A	2012	29,5
9	339	Nutrients in edible mushrooms: an inter-species comparative study	Manzi, P.; Gambelli, L.; Marconi, S.; Vivanti, V.; Pizzoferrato, L.	A	1999	13,56
10	337	Immobilization of <i>Pycnoporus sanguineus</i> laccase on magnetic chitosan microspheres	Jiang, D. S.; Long, S. Y.; Huang, J.; Xiao, H. Y.; Zhou, J. Y.	A	2005	17,74

11	336	Hierarchically porous carbon by activation of shiitake mushroom for capacitive energy storage	Cheng, P.; Gao, S. Y.; Zang, P. Y.; Yang, X. F.; Bai, Y. L.; Xu, H.; Liu, Z. H.; Lei, Z. B.	A	2015	37,33
12	321	Physicochemical characterization of chitin and chitosan from crab shells	Yen, M. T.; Yang, J. H.; Mau, J. L.	A	2009	21,4
13	318	Modified atmosphere packaging of fresh produce: Current status and future needs	Sandhya	R	2010	22,71
14	298	Antioxidant properties of several commercial mushrooms	Yang, J. H.; Lin, H. C.; Mau, J. L.	A	2002	13,55
15	295	Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of Shiitake ( <i>Lentinus edodes</i> ) mushroom	Choi, Y.; Lee, S. M.; Chun, J.; Lee, H. B.; Lee, J.	A	2006	16,39
16	293	Chemical composition and nutritional value of the most widely appreciated cultivated mushrooms: An inter-species comparative study	Reis, F. S.; Barros, L.; Martins, A.; Ferreira, I. C. F. R.	A	2012	24,42
17	287	Advances in lentinan: Isolation, structure, chain conformation and bioactivities	Zhang, Y. Y.; Li, S.; Wang, X. H.; Zhang, L. N.; Cheung, P. C. K.	R	2011	22,08
18	277	FURTHER STUDY OF STRUCTURE OF LENTINAN, AN ANTI-TUMOR POLYSACCHARIDE FROM <i>LENTINUS-EDODES</i>	SASAKI, T.; TAKASUKA, N.	A	1976	5,77
19	276	Fruiting body production in basidiomycetes	Kues, U.; Liu, Y.	R	2000	11,5
20	265	Glucans from fruit bodies of cultivated mushrooms <i>Pleurotus ostreatus</i> and <i>Pleurotus eryngii</i> : Structure and potential prebiotic activity	Synytsya, A.; Mickova, K.; Synytsya, A.; Jablonsky, I.; Spevacek, J.; Erban, V.; Kovarikova, E.; Copikova, J.	A	2009	17,67

R: Ranking; TC: Total de Citas; C/Y: Citas por año; A: Artículo; R: Review

La Tabla N°16 se construyó para estudiar la situación de los autores con mayor productividad e influencia sobre las publicaciones del hongo shiitake durante el período de 1975-2021. Esta considera un ranking de los autores con mayor número de publicaciones, número de citas, citas totales en el período, índice h, afiliación y país. De acuerdo con la tabla, el autor más productivo, con 40 publicaciones, un total de 538 citas y un índice h de 14, fue Bian, Y. perteneciente a Huazhong Agricultural University, China. El segundo autor con más publicaciones en el conjunto de datos estudiados fue Shishido, K. perteneciente a Tokyo Institute of Technology, Japón con 37 publicaciones, un total de 738 citas y un índice h de 17. Finalmente, el tercer autor más influyente es Xu, X. perteneciente a Wuhan University, China, con 29 publicaciones y un total de citas e índice h más alto que cualquier otro autor (1451 y 22, respectivamente).

**Tabla N°16.** Los 20 autores más productivos sobre el hongo shiitake (1975-2021).

R	Autor	Organización	País	TP	TC	H	C/P	≥100	≥50	≥20	≥10	≥5
1	Bian, Y.	Huazhong Agricultural University	China	40	538	14	13,45	1	0	7	9	11
2	Shishido, K.	Tokyo Institute of Technology	Japón	37	738	17	19,95	0	2	12	11	4
3	Xu, X.	Wuhan University	China	29	1.451	22	50,03	2	9	13	2	2
4	Nikitina, V. E.	Institute of Biochemistry & Physiology of Plants & Microorganisms, Russian Academy of Sciences	Rusia	29	259	9	8,93	0	0	3	5	12
5	Sakamoto, Y.	*	Japón	29	734	17	25,31	0	3	13	7	5
6	Royse, D. Y.	Pennsylvania Commonwealth System of Higher Education (PCSHE)	Estados Unidos	28	855	18	30,54	1	2	14	7	2
7	Sato, T.	Iwate Biotechnology Research Center	Japón	26	964	17	37,08	2	3	12	3	2
8	Wei, Q.	University of Jinan	China	25	1.181	19	47,24	1	6	12	2	3
9	D'annibale, A.	University of Tuscia	Italia	23	937	17	40,74	3	3	8	4	1

10	Kajiwara, S.	Tokyo Institute of Technology	Japón	22	457	12	20,77	0	2	7	5	2
11	Tan, Q.	Chongqing Medical University	China	20	214	8	10,70	0	1	1	6	3
12	Jadwiga, T.	Medical University of Warsaw	Polonia	20	289	10	14,45	0	1	3	6	4
13	Soler-Rivas, C.	Autonomous University of Madrid	España	20	484	15	24,20	0	1	10	8	0
14	Xiao, Y	Huazhong Agricultural University	China	19	319	9	16,79	1	0	3	5	2
15	Mau, J. L.	National Chung Hsing University	Taiwán	18	1.315	10	73,06	4	4	0	3	4
16	Meguro, S.	University of Miyazaki	Japón	17	60	5	3,53	0	0	0	1	5
17	Cone, J. W.	Wageningen University & Research	Países Bajos	17	306	11	18,00	0	1	6	4	1
18	Sonnenberg, A.	Wageningen University & Research	Países Bajos	17	306	11	18,00	0	1	6	4	1
19	Ohga, S.	Kyushu University	Japón	16	195	8	12,19	0	1	2	4	3
20	Hendriks, W. H.	Wageningen University & Research	Países Bajos	16	278	10	17,38	0	1	5	4	1

\* Dato no indicado

R: Ranking; TP: Total de artículos; TC: Total de citas; C/P: Citas por artículo; H: índice h;  $\geq 100$ ,  $\geq 50$ ,  $\geq 20$ ,  $\geq 10$ ,  $\geq 5$  = Números de artículos con más de 100, 50, 20, 10 y 5 citas.

En cuanto a los países más productivos e influyentes sobre las publicaciones del hongo shiitake en el periodo de 1975-2021, la Tabla N°17 muestra un ranking considerando el número total de publicaciones, el total de citas, el índice h, las citas por artículo y la estructura de citas. Como se puede observar en la tabla, China y Japón fueron los países más influyentes concentrando el 56,8% del número total de publicaciones publicados entre los 10 países más productivos. China es el país con el mayor número de publicaciones (785), total de citas (20.681) e índice h (63). En segundo lugar se encuentra Japón con 689 publicaciones, 11.036

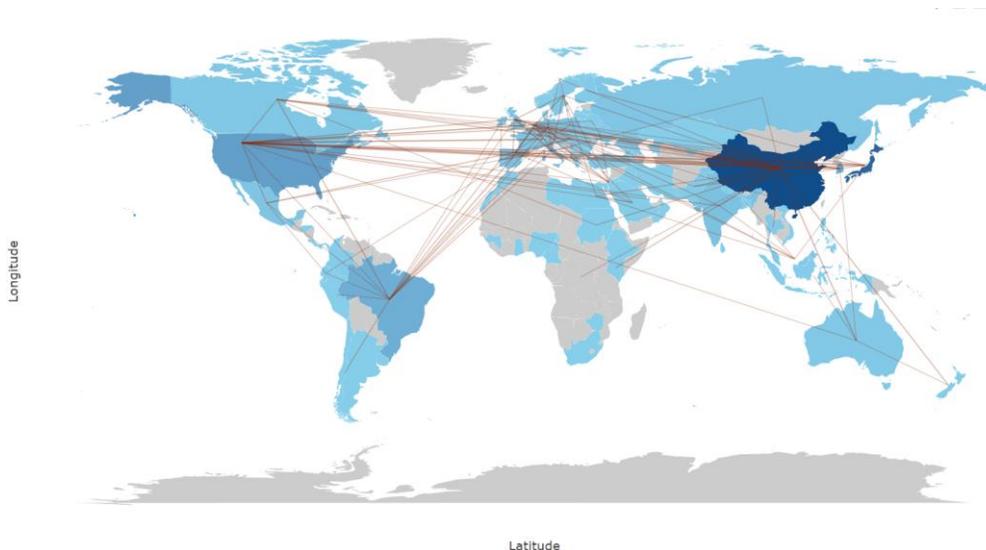
citas totales y un índice h de 48. Cabe destacar que entre los 10 países más influyentes, 4 son países asiáticos y concentran el 67,6% de las publicaciones totales sobre el hongo shiitake.

En la Figura N°13 se encuentra un mapa mundial de colaboración de los países en las publicaciones del hongo shiitake, en donde cuanto más intenso el color significa que el país es más influyente y posee más conexiones con otros países, como se puede observar en azul marino, este país es China, lo que coincide también con lo informado en la Tabla N°19.

**Tabla N°17.** Los países más productivos e influyentes sobre las publicaciones del hongo shiitake (1975-2021).

R	País	TP	TC	H	C/P	≥200	≥100	≥50	≥25
1	China	785	20.681	63	26,35	8	15	84	152
2	Japón	689	11.036	48	16,02	2	9	33	91
3	Estados Unidos	319	9.532	52	29,88	4	14	36	59
4	Corea del Sur	203	3.588	30	17,67	2	2	7	31
5	Brasil	190	3.917	30	20,62	1	3	13	19
6	Italia	90	2.927	30	32,52	1	6	8	20
7	Polonia	86	1.740	22	20,23	1	0	6	13
8	Alemania	81	2.169	25	26,78	1	4	9	13
9	India	76	2.175	25	28,62	1	4	8	12
10	España	74	1.899	27	25,66	0	3	5	19

R: Ranking; TP: Total de artículos; TC: Total de citas; H: índice h; C/P: Citas por artículo; ≥250, ≥100, ≥50, ≥25 = Números de artículos con más de 250, 100, 50 y 25 citas.



**Figura N°13.** Mapa mundial de colaboración de los países en publicaciones del hongo shiitake.

Se construyó la Tabla N°18 para evaluar cuáles son las revistas más productivas e influyentes en las publicaciones sobre el hongo shiitake en el periodo de 1975-2021, se consideró el total de publicaciones, el factor de impacto de la revista, en qué cuartil se ubica y cuál es el índice h. La revista que ha publicado el mayor número de documentos es *International Journal of Medicinal Mushrooms*, esta publica artículos de investigación originales y reseñas críticas sobre una amplia gama de temas relacionados con los hongos medicinales, incluida la sistemática, la nomenclatura, la taxonomía, la morfología, el valor medicinal, la biotecnología y más, con 92 publicaciones y un factor de impacto de 1,706. Por otro lado, la revista con mayor factor de impacto (11,889) es *Bioresource Technology*, esta publica artículos originales, artículos de revisión, entre otros, sobre los fundamentos, las aplicaciones y la gestión de la tecnología de biorecursos, el objetivo de esta revista es avanzar y difundir el conocimiento en todas las áreas relacionadas con la biomasa, el tratamiento biológico de residuos, la bioenergía, las biotransformaciones, el análisis de sistemas de biorecursos, y las tecnologías asociadas a la conversión o producción, sin embargo esta revista se encuentra en el décimo lugar del ranking. Por otra parte, la revista con índice h más alto (39) es *Food Chemistry*, encontrándose en el segundo lugar del ranking, con un factor de impacto de 9,231, esta revista publica artículos que tratan sobre el avance de la química y la bioquímica de los alimentos o sobre los métodos/enfoques analíticos utilizados. También es posible observar

en la tabla que la mayoría de las revistas (50%) se encuentran en el cuartil 1 dentro de su respectiva categoría.

**Tabla N°18.** Las 20 revistas más productivas sobre el hongo shiitake (2021).

<b>R</b>	<b>Nombre de la revista</b>	<b>Editorial</b>	<b>TP</b>	<b>FI</b>	<b>Q</b>	<b>H</b>
1	International Journal of Medicinal Mushrooms	Begell House Inc	92	1,706	4	17
2	Food Chemistry	Elsevier Sci Ltd	75	9,231	1	39
3	Bioscience Biotechnology and Biochemistry	Oxford Univ Press	65	2,337	3	20
4	Journal of Agricultural and Food Chemistry	Amer Chemical Soc	57	5,895	1	29
5	International Journal of Biological Macromolecules	Elsevier	54	8,025	1	25
6	Applied Microbiology and Biotechnology	Springer	52	5,56	1	27
7	Mokuzai Gakkaishi	Japan Wood Res Soc	50	0,173	4	8
8	Carbohydrate Polymers	Elsevier Sci Ltd	44	10,723	1	30
9	Journal of the Japanese Society for Food Science and Technology Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi	Japan Soc Food Science Technology	42	0,195	4	5
10	Bioresource Technology	Elsevier Sci Ltd	41	11,889	1	23
11	Journal of Wood Science	Springer Japan Kk	33	2,658	1	9
12	World Journal of Microbiology Biotechnology	Springer	33	4,253	2	16
13	Journal of the Science of Food and Agriculture	Wiley	31	4,125	1	14

14	Lwt Food Science and Technology	Elsevier	28	6,056	1	16
15	Fems Microbiology Letters	Oxford Univ Press	26	2,82	3	13
16	Mycologia	Taylor & Francis Inc	26	2,958	3	17
17	Agricultural and Biological Chemistry <sup>1</sup>	*	25	*	*	12
18	International Journal of Food Science and Technology	Wiley	22	3,612	2	12
19	Applied and Environmental Microbiology	Amer Soc Microbiology	21	5,005	2	18
20	Foods	MDPI	20	5,561	1	7

<sup>1</sup> No se encuentra dentro del Journal Citation Reports (JCR)

\*Dato no indicado

R: Ranking; TP: Publicaciones Totales; FI: Factor de impacto; Q: Cuartil en la categoría (Se consideró el valor más alto en el caso de que la revista apareciera en más de una categoría); H: índice h

Se elaboró la Tabla N°19 para poder analizar la distribución de las diferentes fuentes de financiamiento para las publicaciones sobre el hongo shiitake en el período de 1975-2021. Esta contiene una lista de agencias de financiamiento, países, publicaciones totales, citas totales e índice h. En primer lugar en el ranking se encuentra la agencia de financiamiento National Natural Science Foundation Of China Nsfc, perteneciente a China con 311 publicaciones y el índice h más alto (44), por otro lado la agencia financiadora con el segundo índice h más alto (20) es United States Department Of Health Human Services, perteneciente a Estados Unidos, ocupa el décimo lugar en el ranking. También se destaca la presencia de dos agencias de los países Brasil (Coordenacao De Aperfeicoamento De Pessoal De Nivel Superior Capes y Conselho Nacional De Desenvolvimento Cientifico E Tecnologico Cnpq) y Japón (Ministry Of Education Culture Sports Science And Technology Japan Mext y Japan Society For The Promotion Of Science), lo cual es indicativo de que los temas de investigación sobre el hongo shiitake en estos países atraen la atención de los investigadores.

**Tabla N°19.** Las 10 principales agencias de financiación sobre el hongo shiitake (1975-2021).

<b>R</b>	<b>Agencia de financiamiento</b>	<b>País</b>	<b>TP</b>	<b>TC</b>	<b>H</b>
1	National Natural Science Foundation Of China Nsfc	China	311	7718	44
2	Ministry Of Education Culture Sports Science And Technology Japan Mext	Japón	67	1288	18
3	Coordenacao De Aperfeicoamento De Pessoal De Nivel Superior Capes	Brasil	48	646	13
4	Fundamental Research Funds For The Central Universities	China	48	1288	18
5	Japan Society For The Promotion Of Science	Japón	45	648	13
6	European Commission	Unión Europea	43	1565	19
7	Conselho Nacional De Desenvolvimento Cientifico E Tecnologico Cnpq	Brasil	42	551	13
8	National Key Research And Development Program Of China	China	35	466	12
9	National Basic Research Program Of China	China	28	1142	18
10	United States Department Of Health Human Services	Estados Unidos	26	1406	20

### 5.2.3. Mapeo con VOSVIEWER

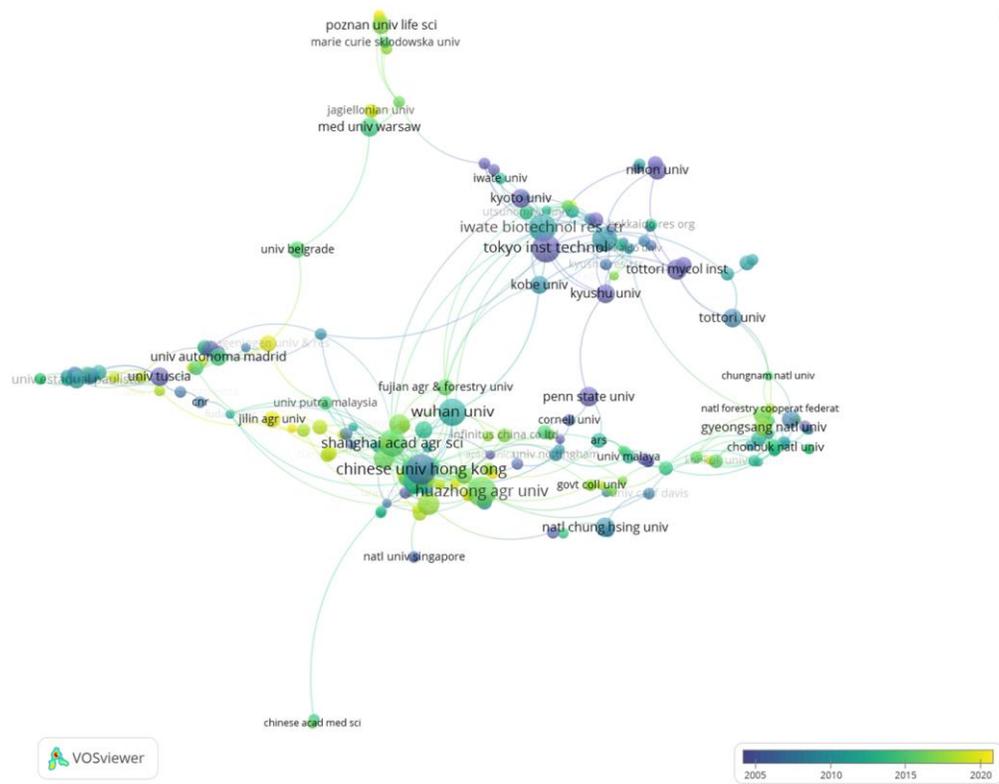
En la Figura N°14 se aprecia un mapa de visualización de superposición acerca de la coautoría de las instituciones. Existe un total de 19 clusters, 439 conexiones y una fuerza de enlace total de 794. En el cluster N°3 se encuentra la institución Chinese Univ Hong Kong que posee la mayor cantidad de publicaciones (63), conexiones (22) y fuerza de enlace (58), seguido de Huazhong Agr Univ en el cluster N°15, con 61 publicaciones, 16 conexiones y

una fuerza de enlace de 45, y en tercer lugar se encuentra Tokyo Inst Technol en el cluster N°2 con 53 publicaciones, 9 conexiones y una fuerza de enlace de 15.

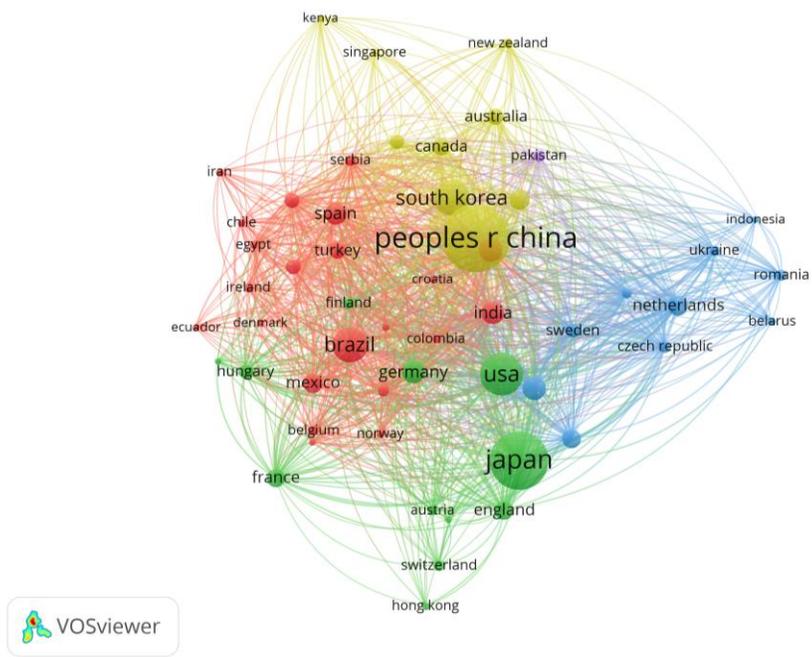
Con respecto a la influencia de las instituciones sobre las publicaciones del hongo shiitake a lo largo del tiempo, la Figura N°14 también muestra una línea de tiempo entre 2005 y 2020 graficada en una gama de colores en la que 2005 se representa en azul y 2020 en amarillo. Algunas de las influencias más antiguas son Tokyo Inst Technol, Penn State Univ, Kyushu Univ y Chinese Univ Hong Kong. Por otro lado, algunas de las influencias más recientes son Jilin Agr Univ y Jagiellonian Univ.

La Figura N°15 presenta el acoplamiento bibliográfico de los países en donde se puede apreciar un total de 5 clusters identificados con distintos colores, un total de 1390 conexiones y una fuerza de enlace total de 391.539. Además, se puede observar el liderazgo de China, país encontrado en el cluster N°4 con color amarillo, con el mayor número de publicaciones (782), conexiones (53) y fuerza de enlace (153.979), en el segundo lugar se encuentra Japón en el cluster N°2 de color verde con 558 publicaciones, 53 conexiones y una fuerza de enlace de 58.265, en tercer lugar está Estados Unidos en el cluster N°2 de color verde, con 290 publicaciones, 53 conexiones y una fuerza de enlace de 62.342, mismas conexiones de Japón pero con mayor fuerza de enlace. También se puede apreciar en la figura que estos 3 países están altamente conectados con todos los otros países señalados. El que los países más influyentes sean asiáticos probablemente se debe a que el hongo shiitake es proveniente y mayormente consumido allá. Por otro lado, se aprecia en la figura que hay presencia de países latinoamericanos como México, Chile, Colombia y Ecuador.

La información sobre la cocitación de revistas (Figura N°16) se presenta como un mapa de calor, en donde el color amarillo corresponde a una mayor densidad de citas, frente al color azul que representa una menor densidad de citas. Existe un total de 134.792 conexiones entre revistas y una fuerza de enlace total de 1.816.901. Como se puede observar, la revista con el mayor número de citas (3.160) es Food Chem con 757 conexiones y una fuerza de enlace de 122.039. Además de la revista mencionada, destacan J Agr Food Chem con 2181 citas, 764 copnexiones y una fuerza de enlace de 93.619 y Carbohyd Polym con 1762 citas, 723 conexiones y una fuerza de enlace de 90.736.



**Figura N°14.** Mapa de visualización de superposición acerca de la coautoría de las instituciones.



**Figura N°15.** Mapa de visualización de redes acerca del acoplamiento bibliográfico de los países.



## 6. CONCLUSIONES

Como se mencionó en cuanto al cultivo, existen dos métodos principales: en troncos y en bolsas. El cultivo en bolsas presenta ventajas en eficiencia y rendimiento, pero requiere más conocimiento técnico y recursos. En cambio, el cultivo en troncos tiene la ventaja de ser de bajo costo, pero con ciclos más largos y estacionales. Por otra parte, la suplementación del sustrato es crucial para mejorar el rendimiento y la calidad del shiitake, y el uso de diferentes sustratos, incluidos residuos agrícolas como mazorcas de maíz, puede tener beneficios medioambientales al reciclar biomasa residual. Además, el control de contaminantes, como hongos, bacterias y plagas, es esencial para el éxito del cultivo, por lo que se deben seguir medidas específicas, como mantener parámetros ambientales adecuados y buenas prácticas de higiene. Como conclusión, la investigación sobre la suplementación y otros aspectos del cultivo del shiitake sigue siendo un área activa, con la necesidad de estudios adicionales para comprender mejor y optimizar el proceso.

En cuanto a su valor nutricional, el shiitake en base seca presenta un alto contenido de proteínas, bajo aporte de lípidos, alto contenido de carbohidratos y un buen aporte de fibra total. El shiitake es una fuente de proteína completa, ya que contiene todos los aminoácidos esenciales y su contenido de aminoácidos es variado, con leucina siendo la más abundante. El sombrero y el estípite (partes del shiitake) muestran diferencias en la composición nutricional, el sombrero tiende a tener más proteínas y cenizas, mientras que el estípite contiene más carbohidratos y fibra. El tipo de cultivo utilizado también afecta su composición nutricional, principalmente en el contenido de proteínas, fibra y minerales. Además, los diferentes métodos de cocción tienen un impacto en el contenido de nutrientes. Como conclusión este trabajo proporciona información detallada sobre el valor nutricional del shiitake.

El hongo shiitake se presenta como un alimento con propiedades funcionales debido a su contenido de compuestos bioactivos. Este posee un impacto positivo en la salud de las personas, las cuales van más allá de los efectos nutricionales habituales, ofreciendo beneficios específicos para la prevención de enfermedades. Se destaca la importancia de los  $\beta$ -glucanos en el shiitake, especialmente en la modulación del sistema inmune, con posibles beneficios en la prevención de ciertos tipos de cáncer. Se menciona que el componente

lentianan tiene propiedades terapéuticas y antitumorales comprobadas, aprobado para el tratamiento de diversas enfermedades, incluyendo el cáncer. Se discute el papel de la eritadenina en la reducción del colesterol, con estudios que sugieren su efectividad en la disminución de los niveles de colesterol en la sangre. Se señala que el ergosterol presente en el shiitake es un precursor de la vitamina D, crucial para el metabolismo del calcio y la mineralización de los huesos. Se aborda también la importancia de los compuestos fenólicos destacando principalmente sus propiedades antioxidantes. Como conclusión, se sugiere que el consumo de shiitake posee efectos beneficiosos en la salud, los cuales están respaldados por diversas investigaciones científicas.

En cuanto al análisis bibliométrico de los artículos publicados sobre el hongo shiitake, se puede concluir que las principales áreas de investigación son las categorías de ciencia y tecnología de los alimentos, microbiología aplicada a la biotecnología y bioquímica biología molecular. Respecto al desarrollo del tema, se observa un aumento significativo de las publicaciones a partir de 1995 que se mantiene de manera sostenida hasta el final del período analizado. Respecto a los países más influyentes, se encuentra China, Japón y Estados Unidos con los mayores números de publicaciones en el mundo en el periodo comprendido entre 1975 y 2021. Con respecto a los autores más influyentes, destaca Bian Y. con el mayor número de publicaciones, sin embargo es Xu X. quien presenta el mayor número de citas.

Como conclusión general, este trabajo ayudará a difundir las características en cuanto al cultivo, propiedades nutricionales, componentes bioactivos y propiedades funcionales del hongo shiitake y de esta manera, ser un aporte de conocimiento tanto para los consumidores como para la industria e investigadores de la comunidad científica, creando así mayor interés en este alimento y potenciando su consumo.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

Ahmad, I., Arif, M., Xu, M., Zhang, J., Ding, Y. y Lyu, F. 2023. Therapeutic values and nutraceutical properties of shiitake mushroom (*Lentinula edodes*): A review. [en línea] Trends in Food Science & Technology. Abril 2023. Vol. 134 <<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.03.007>> [consulta: 20 septiembre 2023]

Almendros, A. 2012. Estudio de la implantación de una granja de producción de Shiitakes (*Lentinula edodes*) en Costa Rica “Las Mellizas”. [en línea] Universitat Politècnica de Catalunya. <<https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/17770>> [consulta: 04 septiembre 2023]

Bach, F., Vieira, C., Alves, E., Barba, M., Windsnon, C. y Haminiuk, I. 2018. Influence of cultivation methods on the chemical and nutritional characteristics of *Lentinula edodes*. [en línea] Emirates Journal of Food and Agriculture. 12 Diciembre 2018. Vol. 30 <<https://doi.org/10.9755/ejfa.2018.v30.i12.1879>> [consulta: 14 noviembre 2022]

Bisen, P., Baghel, R., Sanodiya, B., Thakur, G. y Prasad, G. 2010. *Lentinus edodes*: A Macrofungus with Pharmacological Activities. [en línea] Current Medicinal Chemistry. 2010. Vol. 17 <<https://dx.doi.org/10.2174/092986710791698495>> [consulta: 25 septiembre 2023]

Breene, W. 1990. Nutritional and medicinal value of specialty mushrooms. [en línea] Journal of Food Protection. Octubre 1990. Vol. 53 <<https://doi.org/10.4315/0362-028X-53.10.883>> [consulta: 28 octubre 2022]

Briceño, E. y Morales, R. 2019. Producción de hongos comestibles: Una alternativa novedosa de negocio para el agro en el sur de Chile. [en línea] Revista Campo & Tecnología. Octubre 2019. <<https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/38922>> [consulta: 03 septiembre 2022]

Carneiro, A., Ferreira, I., Dueñas, M., Barros, L., Da Silva, R., Gomes, E. y Santos-Buelga, C. 2013. Chemical composition and antioxidant activity of dried powder formulations of

*Agaricus blazei* and *Lentinus edodes*. Food Chemistry. 15 Junio 2013. Vol. 138 <<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.12.036>> [consulta: 22 septiembre 2023]

Casaretto, F., Cruz, R., Falconi, F., Yumi, R. y Zapata, A. 2007. Plan de negocio para la producción, exportación a través del IQF del Perú S.A. y comercialización en el mercado local del hongo Shiitake. [en línea] Universidad Esan, Lima, Perú. <<https://cendoc.esan.edu.pe/fulltext/tesis/ma2007/matp3920079.pdf>> [consulta: 02 septiembre 2022]

Cisterna, C. 2023. Cultivo del shiitake en troncos. [en línea] Biomicelios. <<https://biomicelios.com/cultivo-del-shiitake-en-troncos/>> [consulta: 05 septiembre 2023]

Díaz, B. 2015. Composición química y antioxidantes en setas comestibles. [en línea] <<https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/14239/TFG-M-N374.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> [consulta: 26 septiembre 2023]

Díaz, D. 2017. Manual de laboratorio de bromatología. [en línea] Universidad Veracruzana, Veracruz, México. <<https://www.uv.mx/pozarica/cba/files/2017/09/MANUAL-DE-BROMATOLOGIA-2017.pdf>> [consulta: 26 octubre 2022]

Escorcia-Otálora, T. y Poutou-Piñales, R. 2009. Análisis bibliométrico de los artículos originales publicados en la revista Universitas Scientiarum (1987-2007). [en línea] Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá. D.C., Colombia. <<https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/scientarium/article/view/1432>> [consulta: 25 septiembre 2022]

Gründemann, C., Garcia-Käufer, M., Sauer, B., Scheer, R., Merdivan, S., Bettin, P., Huber, R. y Lindequist, U. 2015. Comparative chemical and biological investigations of  $\beta$ -glucan-containing products from shiitake mushrooms. [en línea] Journal of Functional Foods. Octubre 2015. Vol. 18 <<https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.08.022>> [consulta: 21 septiembre 2023]

Heleno, S., Ferreira, R., Antonio, A., Queiroz, M., Barros, L. y Ferreira, I. 2015. Nutritional value, bioactive compounds and antioxidant properties of three edible mushrooms from

Poland. [en línea] Food Bioscience. 01 septiembre 2015. Vol. 11. <<https://doi.org/10.1016/j.fbio.2015.04.006>> [consulta: 01 noviembre 2022]

Herrera, F., Betancur, D. y Segura, M. 2014. Compuestos bioactivos de la dieta con potencial en la prevención de patologías relacionadas con sobrepeso y obesidad; péptidos biológicamente activos. [en línea] Nutrición Hospitalaria. Enero 2014. Vol. 29 <<https://dx.doi.org/10.3305/nh.2014.29.1.6990>> [consulta: 05 septiembre 2023]

Jacinto-Azevedo, B., Valderrama N., Henríquez, K., Aranda, M. y Aqueveque, P. 2021. Nutritional value and biological properties of Chilean wild and commercial edible mushrooms. [en línea] Food Chemistry. 15 septiembre 2021. Vol. 356 <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814621006579>> [consulta: 01 noviembre 2022]

Jasinghe, V. y Perera, C. 2005. Distribution of ergosterol in different tissues of mushrooms and its effect on the conversion of ergosterol to vitamin D2 by UV irradiation. [en línea]. Food Chemistry. Septiembre 2005. Vol. 92 <<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.08.022>> [consulta: 23 septiembre 2023]

Lee, M., Hou, J., Begum, S., Xue, J., Wang, Y. y Sung, C. 2013. Comparison of constituents, antioxidant potency, and acetylcholinesterase inhibition in *Lentinus edodes*, *Sparassis crispa*, and *Mycoleptodonoides aitchisonii*. [en línea] Food Science and Biotechnology. 31 Diciembre 2013. Vol. 22 <<https://doi.org/10.1007/s10068-013-0276-5>> [consulta: 07 noviembre 2022]

Lee, K., Lee, H., Choi, Y., Kim, Y., Jeong, H. y Lee, J. 2019. Effect of different cooking methods on the true retention of vitamins, minerals, and bioactive compounds in shiitake mushrooms (*Lentinula edodes*). [en línea] Japanese Society for Food Science and Technology. 2019. Vol. 25 <<https://doi.org/10.3136/fstr.25.115>> [consulta: 21 noviembre 2022]

Li, S., Wang, A., Liu, L., Tian, G., Wei, S. y Xu, F. 2018. Evaluation of nutritional values of shiitake mushroom (*Lentinus edodes*) stipes. [en línea] Journal of Food Measurement and

Characterization. 25 Abril 2018. Vol. 12 <<https://doi.org/10.1007/s11694-018-9816-2>> [consulta: 07 noviembre 2022]

Liu, Q., Bau, T., Jin, R., Cui, X., Zhang, Y. y Kong, W. 2022. Comparison of different drying techniques for shiitake mushroom (*Lentinus edodes*): Changes in volatile compounds, taste properties, and texture qualities. [en línea] LWT. 15 julio 2022. Vol. 164 <<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129651>> [consulta: 25 septiembre 2022]

Manzi, P., Gambelli, L., Marconi, S., Vivanti, V. y Pizzoferrato, L. 1999. Nutrients in edible mushrooms: an inter-species comparative study. [en línea] Food Chemistry. Junio 1999. Vol. 65 <[https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(98\)00212-X](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00212-X)> [consulta 01 noviembre 2022]

Mata, G., Gaitán-Hernández, R. y Salmones, D. 2020. El cultivo del shiitake: tecnología e innovación en la producción de un alimento y medicina ancestral. [en línea] Instituto de Ecología, A.C., Xalapa, México. Páginas 13-17. <[https://www.inecol.mx/inecol/images/pdf/El\\_cultivo\\_del\\_shiitake.pdf](https://www.inecol.mx/inecol/images/pdf/El_cultivo_del_shiitake.pdf)> [consulta: 20 septiembre 2022]

Mattila, P., Konko, K., Eurola, M., Pihlava J., Astola, J., Vahteristo, L., Hietaniemi, V., Kumpulainen, J., Valtonen, M. y Piironen, V. 2001. Contents of vitamins, mineral elements, and some phenolic compounds in cultivated mushrooms. [en línea] Journal of Agricultural and Food Chemistry. 26 Abril 2001. Vol. 49 <<https://doi.org/10.1021/jf001525d>> [consulta: 11 noviembre 2022]

Mattila, P., Lampi, A., Ronkainen, R., Toivo, J. y Piironen, V. 2002. Sterol and vitamin D2 contents in some wild and cultivated mushrooms. [en línea] Food Chemistry. Marzo 2002. Vol. 76 <[https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(01\)00275-8](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(01)00275-8)> [consulta: 22 septiembre 2023]

Martínez-Valverde, I., Periago, M. y Ros, G. 2000. Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. [en línea] Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 2000. Vol. 50 <[http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0004-06222000000100001&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222000000100001&lng=es&tlng=es)> [consulta: 25 septiembre 2023]

Mau, J., Tseng, J., Wu, C., Chen, C. y Lin, S. 2021. Chemical, nutritional, and bioactive compositions of fresh, washed, and blanched shiitake. [en línea] Czech Journal of Food Sciences. Octubre 2021. Vol. 39 <<https://doi.org/10.17221/214/2020-CJFS>> [consulta: 07 noviembre 2022]

Moonmoon, M., Shelly, N., Khan, A., Udin, N., Hossain, K., Tania, M. y Ahmed, S. 2011. Effects of different levels of wheat bran, rice bran and maize powder supplementation with saw dust on the production of shiitake mushroom (*Lentinus edodes* (Berk.) Singer). [en línea] Saudi Journal of Biological Sciences. Octubre 2011. Vol. 30 <<https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2010.12.008>> [consulta: 05 septiembre 2023]

OPIA-FIA. 2017. Más del 53% de los Chilenos prefieren alimentos naturales, libres de azúcar y colorantes. [en línea] <<https://opia.fia.cl/601/w3-article-84717.html>> [consulta 29 agosto 2023]

Pérez-Bassart, Z., Fabra, M., Martínez-Abad, A. y López-Rubio, A. 2023. Compositional differences of  $\beta$ -glucan-rich extracts from three relevant mushrooms obtained through a sequential extraction protocol. [en línea] Food Chemistry. 15 February 2023. Vol. 402 <<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134207>> [consulta: 21 septiembre 2023]

Pizarro, S., Ronco, A. y Gotteland, M.R. 2014.  $\beta$ -glucanos: ¿qué tipos existen y cuáles son sus beneficios en la salud? [en línea] Revista chilena de nutrición. Diciembre 2014. Vol. 41 <<http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182014000400014>> [consulta: 23 septiembre 2023]

Regula, J. y Gramza-Michalowska, A. 2010. New cereal food products with dried shiitake mushroom (*lentinula edodes*) added as a source of selected nutrients. [en línea] Italian Journal of Food Science. Enero 2010. Vol. 22. <[https://www.researchgate.net/publication/262262457\\_New\\_cereal\\_food\\_products\\_with\\_dried\\_shiitake\\_mushroom\\_lentinula\\_edodes\\_added\\_as\\_a\\_source\\_of\\_selected\\_nutrients](https://www.researchgate.net/publication/262262457_New_cereal_food_products_with_dried_shiitake_mushroom_lentinula_edodes_added_as_a_source_of_selected_nutrients)> [consulta: 01 noviembre 2022]

Rivera, O. 2010. Estudio del efecto de la adición del estípite de shiitake (*lentinula edodes* berk. pegler) y de un extracto rico en sus polisacáridos sobre las cualidades nutricionales del

antipasto. [en línea] Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. <<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/6724/107401.2010.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=La%20morfolog%C3%ADa%20del%20Shiitake%20corresponde,y%20%C3%A1spero%20en%20su%20textura.>> [consulta: 05 septiembre 2022]

Rivera, O., Albarracín, W. y Lares, M. 2017. Componentes Bioactivos del Shiitake (*Lentinula edodes* Berk. Pegler) y su impacto en la salud. [en línea] AVFT. Junio 2017. Vol. 36 <[http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-02642017000300003](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-02642017000300003)> [consulta: 27 septiembre 2022]

Saiqa, S., Haq, N., Muhammad, A., Ali, M. y Rehman, A. 2008. Studies on Chemical Composition and Nutritive Evaluation of Wild Edible Mushrooms. [en línea] Iranian Journal of Chemistry & Chemical Engineering-International English Edition. 01 Septiembre 2008. Vol. 27 <[https://www.sid.ir/EN/VEWSSID/J\\_pdf/84320080315.pdf](https://www.sid.ir/EN/VEWSSID/J_pdf/84320080315.pdf)> [consulta: 30 agosto 2023]

Sánchez-Minutti, L., López-Valdez, F., Rosales-Pérez, M. y Luna-Suárez, S. 2019. Effect of heat treatments of *Lentinula edodes* mushroom on eritadenine concentration. [en línea] LWT. Marzo 2019. Vol. 102 <<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.12.054>> [consulta: 22 septiembre 2023]

Silva, R., Fritz, C., Cubillos, J. y Díaz, M. 2010. Manual para la producción de hongos comestibles (shiitake). [en línea] Santiago, Chile. Página 4. <[https://www.researchgate.net/publication/353808137\\_Manual\\_para\\_la\\_produccion\\_de\\_hongos\\_comestibles\\_SHIITAKE\\_PROYECTO\\_CONAMA-FPA\\_RM-027-2010](https://www.researchgate.net/publication/353808137_Manual_para_la_produccion_de_hongos_comestibles_SHIITAKE_PROYECTO_CONAMA-FPA_RM-027-2010)> [consulta: 21 septiembre 2022]

Sissons, J., Davila, M. y Du, X. 2022. Sautéing and roasting effect on free amino acid profiles in portobello and shiitake mushrooms, and the effect of mushroom- and cooking-related volatile aroma compounds on meaty flavor enhancement. [en línea] International Journal of Gastronomy and Food Science. Junio 2022. Vol. 28 <<https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2022.100550>> [consulta: 01 noviembre 2022]

Vetter, J. 1995. Mineral and amino acid contents of edible, cultivated shii-take mushrooms (*Lentinus edodes*). [en línea] Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung. Enero 1995. Vol. 201 <<https://doi.org/10.1007/BF01193193>> [consulta: 08 noviembre 2022]

Wunjuntuk, K., Ahmad, M., Techakriengkrai, T., Chunhom, R., Jaraspermsuk, E. Chaisri, A., Kiwongngam, R., Wuttimongkolkul, S. y Charoenkiatkul, S. 2022. Proximate composition, dietary fibre, beta-glucan content, and inhibition of key enzymes linked to diabetes and obesity in cultivated and wild mushrooms. [en línea] Journal of Food Composition and Analysis. Enero 2022. Vol. 105. <<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104226>> [consulta: 01 noviembre 2022]

Yang, B., Kim, D., Jeong, S., Das, S., Choi, Y., Shin, J., Lee, S. y Song, C. 2002. Hypoglycemic Effect of a *Lentinus edodes* Exo-polymer Produced from a Submerged Mycelial Culture. [en línea] Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry. 01 Enero 2002. Vol. 66 <<https://doi.org/10.1271/bbb.66.937>> [consulta: 24 septiembre 2023]

Yoon, K., Alam, N., Lee, J., Cho, H., Kim, H., Shim, M., Lee, M. y Lee, T. 2011. Antihyperlipidemic effect of dietary *Lentinus edodes* on plasma, feces and hepatic tissues in hypercholesterolemic rats. Mycobiology. 14 Abril 2011. Vol. 39 <[DOI:10.4489/MYCO.2011.39.2.096](https://doi.org/10.4489/MYCO.2011.39.2.096)> [consulta: 24 septiembre 2023]

Yu, H., Zhang, D., Zhang, L., Li, Q., Song, C., Shang, X., Bao, D., Tan, Q., Chen, H. y Lv, B. 2021. Corn cob as a Substrate for the Cultivation of *Lentinula edodes*. [en línea] Waste and Biomass Valorization. 06 Septiembre 2021. Vol. 13 <[https://doi-org.uchile.idm.oclc.org/10.1007/s12649-021-01575-y](https://doi.org/10.1007/s12649-021-01575-y)> [consulta: 06 septiembre 2023]

Zhang, M., Zhang, Y., Zhang, L. y Tian, Q. 2019. Mushroom polysaccharide lentinan for treating different types of cancers: A review of 12 years clinical studies in China. [en línea] Progress in Molecular Biology and Translational Science. 2019. Vol. 163 <<https://doi.org/10.1016/bs.pmbts.2019.02.013>> [consulta: 24 septiembre 2023]

## 8. ANEXOS

### Anexo N°1. Especies de árboles para el cultivo del hongo shiitake.

Familia	Género	Especie	Nombre común
Fagaceae	<i>Quercus</i>	<i>alba, bicolor, candicans*, dentata*, fabri, glauca, laurifolia*, macrocarpa*, nigra, rubra, salicifolia*, semiserrata, serrata, spinosa, velutina, virginiana</i>	Encino
	<i>Fagus</i>	<i>grandifolia</i> subsp. <i>mexicana*</i> , <i>sylvestris</i>	Haya
	<i>Castanopsis</i>	<i>argentea, chrysophylla, cuspidata, indica</i>	Chincapin
	<i>Lithocarpus</i>	<i>auriculatus, densiflorus, glaber</i>	
	<i>Castanea</i>	<i>crenata, dentata</i>	Castaño
Betulaceae	<i>Carpinus</i>	<i>caroliniana*, japonica, laxiflora</i>	Pipinque
	<i>Alnus</i>	<i>glutinosa, firma japonica, rubra, serrulata, tinctoria</i>	Aliso, Ilite
	<i>Betula</i>	<i>lutea, nigra, papyrifera, populifolia</i>	Abedul
Salicaceae	<i>Populus</i> <i>Salix</i>	<i>balsamifera, grandidentata, tremuloides, trichocarpa, nigra</i>	Álamo o Chopo Sauce
Sapindaceae	<i>Acer</i>	<i>nigrum*, pictum, platanoides, rubrum*, saccharum*</i>	Arce, Maple
Hamamelidaceae	<i>Liquidambar</i>	<i>styraciflua*</i>	Liquidámbar, Vito pijte o Copalme

\*Especies silvestres o introducidas en México

### Anexo N°2. Plagas y enfermedades más comunes en el hongo shiitake.

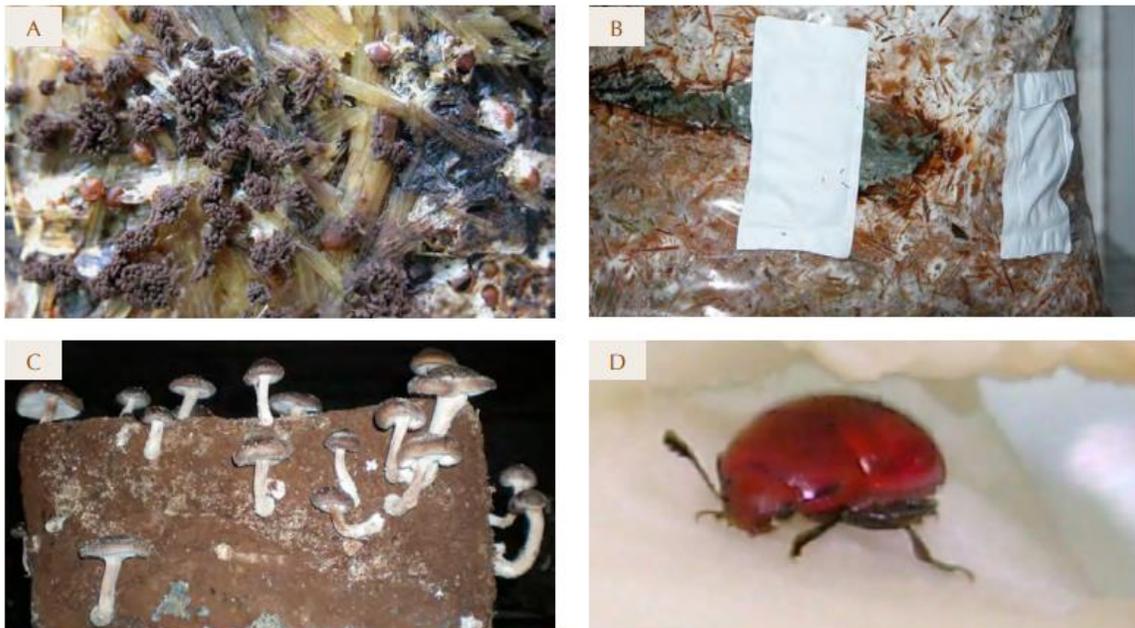


FIGURA 23. Plagas y enfermedades más comunes en el shiitake. A: *Stemonitis* en desarrollo sobre muestras de shiitake cultivado en paja. B: *Trichoderma* sp. en muestras de shiitake cultivado en paja, durante la fase de incubación. C: *Trichoderma* sp. sobre muestras de shiitake cultivado en aserrín de madera. D: Catarina (*Mycotretus* sp.) sobre hongos en pleno desarrollo.

**Anexo N°3.** Mecanismo de acción antitumoral del Lentinan.

