



Universidad Autónoma de Tlaxcala

Posgrado del Centro Tlaxcala de Biología de la Conducta

“Elaboración de una bebida fermentada a base de suero de leche y la fracción soluble del cuerpo fructífero de *Pleurotus ostreatus*”

T E S I S

PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

P r e s e n t a
Ivette González Palma

Comité Tutorial

Director de Tesis
Dr. Gerardo Díaz Godínez

Tutores
Dra. Blanca Rosa Rodríguez Pastrana
Dra. Carmen Sánchez Hernández
Dr. Jorge Soriano Santos

Tlaxcala, Tlax.

Febrero, 2012



Universidad Autónoma de Tlaxcala
Posgrado del Centro Tlaxcala de Biología de la Conducta



COORDINACIÓN DE LA MAESTRÍA
CENTRO TLAXCALA DE BIOLOGÍA DE LA CONDUCTA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE TLAXCALA
P R E S E N T E

Los abajo firmantes, miembros del jurado evaluador del Proyecto de tesis que **Ivette González Palma** realiza para la obtención del grado de Maestro en Ciencias Biológicas, expresamos que, habiendo revisado la versión final del documento de tesis, damos la aprobación para que ésta sea impresa y defendida en el examen correspondiente. El título que llevará es **“Elaboración de una bebida fermentada a base de suero de leche y la fracción soluble del cuerpo fructífero de *Pleurotus ostreatus*”**.

Sin otro particular, aprovechamos para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
TLAXCALA, TLAX., ENERO 27 DE 2012



DR. GERARDO DÍAZ GODÍNEZ



DRA. BLANCA ROSA RODRÍGUEZ PASTRANA



DR. JORGE SORIANO SANTOS



DRA. MARÍA DEL CARMEN SÁNCHEZ HERNÁNDEZ



DRA. MAURA TÉLLEZ TÉLLEZ



Sistema Institucional de Gestión de la Calidad Certificado Bajo la Norma:
ISO 9001:2000-NMX-CC-9001-IMNC-2000



Km. 1.5 Carretera Tlaxcala-Puebla CP 90070 Tel/Fax: 01(246)462-15-57 e-mail: posgradoctbcuat@gmail.com
Tlaxcala, Tlax.

Agradecimientos

El presente proyecto se realizó bajo la dirección del Dr. Gerardo Díaz Godínez en el laboratorio de biotecnología del Centro de Investigación en Ciencias Biológicas (CICB) de la Universidad Autónoma de Tlaxcala.

La alumna Ivette González Palma recibió la beca número 230520 otorgada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

La tesis fue desarrollada en el programa de la Maestría en Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Tlaxcala, la cual está registrada en el Padrón Nacional de Posgrado (PNP).

Agradecimientos

Al Dr. Gerardo Díaz Godínez, por toda la paciencia que tuvo conmigo y el apoyo incondicional recibido en todo momento. Por los consejos brindados durante esta etapa de formación para ser mejor en lo personal y laboral. Pero sobre todo por su valiosa amistad.

A la Dra. Ma. del Carmen Sánchez Hernández, por las valiosas aportaciones al proyecto y consejos durante el tiempo de desarrollo de esta investigación.

Al Dr. Jorge Soriano Santos, por sus valiosas aportaciones al proyecto y sobre todo por recordarme que no debo olvidar mi formación como nutrióloga.

A la Dra. Blanca Rosa Rodríguez Pastrana, por la buena disponibilidad mostrada siempre y las aportaciones hechas al proyecto.

A la Dra. Maura Téllez Téllez, por sus comentarios acertados para el mejoramiento de la presentación de la investigación.

Agradecimientos

Agradezco a mis amigos de generación por todas las experiencias vividas durante todo este tiempo de aventuras, desvelos y sobre todo de triunfo. A ustedes Emmanuel, Raymundo, Nerit, Miriam, Reynaldo.

A Sandra, por la formación de esta gran amistad desde el inicio de esta gran aventura, la maestría.

A Guille y Paty, por los buenos tiempos. Sobre todo por el ánimo y apoyo recibido durante todo este tiempo de amistad.

A Víctor, César y Guillermo, por la bonita amistad que tenemos. Y que este proyecto les sirva de motivación para seguir adelante día con día.

A mis compañeras y amigas de laboratorio, Mayra y Susana. Gracias por brindarme su apoyo y sobre todo su amistad.

Sin excluir a nadie, gracias a todos por estar en mí vida.

Dedicatoria

A Dios:

Por darme vida y fortaleza para seguir adelante en todo momento de mi vida y culminar con otro logro en mi vida profesional.

A mis padres:

Antonio González Flores y Adela Gaudiosa Palma Sánchez, mi razón de felicidad de todos los días. A ustedes porque me han apoyado en todos los momentos felices y tristes de mi vida. Asimismo, por la confianza que me han brindado siempre y sobre todo por el gran amor que día a día me demuestran. Nuevamente sin su apoyo no lo hubiera logrado. Gracias por estar conmigo y hacer de mi vida cada día felicidad. Los amo con todo mi corazón.

A mi hermana:

Mi cómplice de siempre, Maribel González Palma. Por el apoyo y confianza que me haz brindado día con día. Te quiero y admiro mucho. Pero... ¿Adivina que? Que ya te gané. Recuerda, te sigo esperando y una vez más ¡Éxito!

RESUMEN

En el proceso de elaboración del queso, el suero de leche es uno de los subproductos más importantes. La mayor parte del suero es desechado a los mantos acuíferos por su alto contenido de lactosa y una rápida descomposición. Por tal motivo, el objetivo de esta investigación fue establecer un proceso de elaboración de una bebida fermentada a base de suero de leche y la fracción soluble del cuerpo fructífero de *Pleurotus ostreatus*. Con la finalidad de ofrecer una alternativa al uso de suero de leche mediante la transformación de lactosa a ácido láctico. El suero fue fermentado por 6 h. se utilizaron las cepas de *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbruekii ssp. bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus* y *Bifidobacterium*.

Durante la fermentación del suero, fueron realizados análisis de pH, determinación de azúcares residuales, así como la producción de ácido láctico. Las muestras obtenidas fueron tomadas cada hora, finalizando después de 6 h. de fermentación. Los resultados finales obtenidos del suero fermentado fueron de un pH de 3.84, una producción de ácido láctico de 6.06 g/L y un consumo de azúcares de 0.76 %.

Por otro lado, con la optimización de la extracción de la fracción soluble del cuerpo fructífero de *Pleurotus ostreatus* se obtuvo un rendimiento de 4.93 g. Finalmente, el proceso de la bebida fue establecido al solubilizar la fracción del cuerpo fructífero de *Pleurotus ostreatus* en el suero de leche fermentado, agregando pulpa de guayaba y azúcar para brindar sabor. La bebida fermentada terminada presentó un pH final de 4.54, asimismo un contenido de proteína de 16.3 g/L. Por último, se le realizó un análisis sensorial utilizando una escala hedónica con puntuación del 1 al 5. El resultado obtenido fue de una buena aceptación por parte de los panelistas otorgando en el sabor la opción de “Me gusta mucho” con el 98 %. Asimismo, presentó un agradable olor y color con porcentajes de 94 % y 90 % respectivamente.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MARCO TEÓRICO	2
2.1 Fermentación láctica.....	2
2.1.1 Fermentación homoláctica	2
2.1.2 Fermentación heteroláctica	4
2.1.3 Bacterias lácticas	5
2.1.4 Bebidas lácteas fermentadas.....	9
2.2 Suero de leche	11
2.3 <i>Pleurotus ostreatus</i>	15
2.3.1 Contenido nutricional.....	16
2.3.2 Propiedades medicinales	18
2.3.3 Valor Económico.....	19
2.4 Proteínas	19
2.4.1 Solubilidad	20
2.4.2 Desnaturalización proteica.....	21
3. ANTECEDENTES	23
4. JUSTIFICACIÓN	29
5. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	29
6. OBJETIVOS	30
6.1 Objetivo general	30
6.2 Objetivos específicos.....	30
7. METODOLOGÍA	31
7.1 Obtención de la fracción soluble del cuerpo fructífero de <i>Pleurotus ostreatus</i>	32
7.2 Análisis químico proximal.	32
7.2.1 Determinación de proteína cruda por el método de Kjeldahl.....	32
7.2.2 Determinación de humedad.....	33
7.2.3 Determinación de cenizas.....	33
7.2.4 Determinación de extracto etéreo.....	33
7.2.6 Determinación de extracto libre de nitrógeno	34
7.3 Obtención del suero de leche.....	34
7.4 Inóculo lácteo	34

7.5	Fermentación del suero de leche	35
7.5.1	Determinación de pH	35
7.5.2	Determinación de ácido láctico	35
7.5.3	Determinación de azúcares residuales.....	36
7.6	Evaluación sensorial.....	36
8	RESULTADOS.....	37
8.1	Obtención de harina integral y la fracción soluble del cuerpo fructífero de <i>Pleurotus ostreatus</i>	37
8.2	Obtención de suero de leche.....	38
8.3	Fermentación láctica.....	39
8.3.1	Determinación de pH	39
8.3.2	Determinación de ácido láctico	40
8.3.3	Determinación de azúcares residuales.....	41
8.3.4	Bebida fermentada natural terminada	41
8.4	Prueba sensorial.....	43
8.5	Proceso de elaboración de una bebida fermentada a base de suero de leche y la fracción soluble del cuerpo fructífero de <i>Pleurotus ostreatus</i>	44
8.5.1	Elaboración del suero de leche.....	44
8.5.2	Extracción de la fracción soluble del cuerpo fructífero de <i>Pleurotus ostreatus</i>	45
8.5.3	Preparación del inóculo.....	45
8.5.4	Fermentación del suero de leche	46
8.5.5	Preparación de la pulpa de guayaba	46
8.5.6	Elaboración de una bebida fermentada a base de suero de leche y la fracción soluble del cuerpo fructífero de <i>Pleurotus ostreatus</i>	46
9.	DISCUSIONES.....	47
10.	CONCLUSIONES.....	52
11.	PERSPECTIVAS	53
12.	BILIOGRAFÍA	54
13.	PUBLICACIONES	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Principales géneros de bacterias lácticas.....	7
Tabla 2. Concentraciones de proteínas más abundantes de la leche.	12
Tabla 3. Composición básica de dos tipos de suero.	13
Tabla 4. Contenido de aminoácidos en <i>Pleurotus ostreatus</i>	27
Tabla 5. Información del cultivo láctico liofilizado.	35
Tabla 6. Clasificación de la escala numérica para prueba hedónica.	36
Tabla 7. Composición química proximal de la fracción soluble del cuerpo fructífero de <i>Pleurotus ostreatus</i>	38
Tabla 8. Composición química proximal de la bebida fermentada a base de suero de leche y la fracción soluble del cuerpo fructífero de <i>Pleurotus ostreatus</i>	42
Tabla 9. Número de muestra durante la prueba sensorial de la bebida fermentada a base de suero de leche y la fracción soluble del cuerpo fructífero de <i>Pleurotus ostreatus</i>	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fermentación homoláctica	3
Figura 2. Fermentación heteroláctica.	5
Figura 3. Cuerpo fructífero fresco de <i>Pleurotus ostreatus</i>	37
Figura 4. Cuerpo fructífero de <i>Pleurotus ostreatus</i> deshidratado.	37
Figura 5. Harina integral del cuerpo fructífero de <i>Pleurotus ostreatus</i>	37
Figura 6. Fracción soluble del cuerpo fructífero de <i>Pleurotus ostreatus</i>	37
Figura 7. Suero de leche dulce	38
Figura 8. Perfil de pH durante la fermentación del suero de leche	39
Figura 9. Producción de ácido láctico durante la fermentación del suero.	40
Figura 10. Determinación del consumo de azúcares residuales durante la fermentación del suero de leche.	41
Figura 11. Bebida fermentada a base de suero de leche y la fracción soluble del cuerpo fructífero de <i>Pleurotus ostreatus</i>	42
Figura 12. Promedio de los puntajes de la evaluación sensorial de la bebida fermentada a base de suero de leche y la fracción soluble del cuerpo fructífero de <i>Pleurotus ostreatus</i> . .	44

1. INTRODUCCIÓN

La fermentación de los alimentos es una práctica muy antigua presente en todas las culturas del mundo. Algunos alimentos fermentados han trascendido sus fronteras de origen para convertirse en productos cotidianos en más de un continente. Sin embargo, aquellos que se producen en forma artesanal o semicomercial son denominados “tradicionales”. Asimismo, existe una gran variedad de este tipo de alimentos en el mundo. Algunos de ellos son la cerveza, vino, vinagre, quesos, pan y yogurt entre los más importantes, todos han sido extensamente estudiados (García y cols. 1993).

Para la elaboración de estos alimentos y el marcado interés surgido en la actualidad por alimentos con alto valor nutritivo, saludables y de poco aporte calórico ha hecho posible el desarrollo de una gama de productos fermentados. Éstos son obtenidos a partir de algunas cepas de microorganismos intestinales, como las bacterias ácido lácticas y las bifidobacterias (Londoño y cols. 2008). Los microorganismos utilizados producen cambios deseados en las materias primas y el producto elaborado es consumido en cualquier parte del mundo, formando una parte importante de la dieta (García y cols. 1993).

Los métodos tradicionales de producción de estos alimentos son sencillos, baratos, utilizan materias primas disponibles. Asimismo, éstos en muchas ocasiones son elaborados con malas condiciones higiénicas obteniendo productos de calidad variable. El estudio de estas fermentaciones permite mejorar su elaboración a nivel rural y producirlas a nivel industrial, el ejemplo más claro de esto es el yogurt. Las fermentaciones de los alimentos fermentados tienen una enorme complejidad, su estudio constante seguirá aportando una enorme riqueza al conocimiento biotecnológico (García y cols. 1993).

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Fermentación láctica

Desde la antigüedad el hombre empleó microorganismos en la producción y conservación de distintos alimentos. Los métodos más antiguos empleados antes de la introducción de la refrigeración y aditivos son: el salado, secado al aire o ahumado y fermentaciones ácidas. Así se conservaban frutas, hortalizas, pasturas y granos. Actualmente, la fermentación láctica es uno de los procesos microbianos más empleados a nivel mundial. Ésta involucra a la leche y sus derivados como el yogurt, leches ácidas y quesos (Frioni 1999).

El término de fermentación se le da a un conjunto de rutas metabólicas mediante las cuales los organismos obtienen energía por la oxidación incompleta de compuestos orgánicos (García y cols. 1993). En el proceso de fermentación los electrones pasan del dador (un intermediario formado durante la degradación del sustrato) hacia un aceptor constituido por algún otro intermediario orgánico también generado durante el catabolismo del sustrato inicial. Por lo tanto, este proceso de óxido reducción no requiere el aporte exógeno de un aceptor final de electrones (Grotiuz y Varela 2006). Los productos finales son los que caracterizan los diversos tipos de fermentaciones (Frioni 1999). Por último, la fermentación llega a una oxidación parcial de los átomos de carbono del sustrato inicial y liberan una pequeña parte de la energía potencial contenida (Grotiuz y Varela 2006).

Asimismo, se pueden distinguir dos vías de fermentación del azúcar entre las bacterias ácido lácticas. La fermentación homoláctica, tiene como producto final exclusivamente ácido láctico. Y la heteroláctica, además de ácido láctico contiene cantidades significativas en productos finales como el etanol, acetato y CO₂ (Zamora 2003).

2.1.1 Fermentación homoláctica

En la fermentación homoláctica, la vía glucolítica o ruta de Embden-Meyerhof-Parnas cumple con algunas funciones, entre ellas está la degradación de la glucosa. Ésto se divide en tres etapas principales. La primera es preparativa, con reacciones que no son de oxidación reducción, sin liberación de energía y con formación de dos intermediarios de tres átomos de carbono cada uno. En la segunda etapa, sí ocurren reacciones de oxidación reducción con liberación de energía, formación de ATP por fosforilación a nivel del

substrato (el ATP se genera en un paso enzimático específico) y producción de dos moléculas de piruvato. En la tercera etapa, nuevamente ocurren reacciones de oxidación reducción y se generan los productos finales de la fermentación, que varían según la bacteria en cuestión. Sólo una pequeña parte de la energía libre que potencialmente puede derivar de la degradación de una molécula de glucosa queda disponible por esta vía, dado que los productos finales son compuestos en los que el carbono se encuentra todavía en estado reducido (Grotiuz y Varela 2006). Por cada molécula de glucosa que entra a esta vía, se forman cuatro moléculas de ATP y como se consumen dos en la primera etapa, el balance neto es de dos moléculas. El destino final del metabolito clave, el piruvato, depende de los procesos empleados para la regeneración del dinucleótido de nicotinamida adenina (NAD) a partir del dinucleótido de nicotinamida adenina reducido (NADH) y así mantener el equilibrio de oxidación reducción (Grotiuz y Varela 2006). En esta reacción el piruvato se reduce a ácido láctico por acción de la enzima lactato deshidrogenasa, actuando el NADH como dador de electrones (figura 1) (Frioni 1999).



Figura 1. Fermentación homoláctica

2.1.2 Fermentación heteroláctica

Aunque la vía glucolítica es la más importante en las células eucariotas y procariotas, no es la única. La vía de las pentosas (Ruta de la Fosfocetolasa o de Warburg-Dickens WD) es una ruta multifuncional para la degradación de hexosas, pentosas y otros hidratos de carbono. Ésta vía cumple algunas funciones dentro de la fermentación heteroláctica, es la principal fuente productora de energía, aunque la mayoría de las bacterias usan esta vía como fuente de dinucleótido de nicotinamida adenina fosfato reducido (NADPH) y de pentosas para la síntesis de nucleótidos. En este tipo de fermentación solo la mitad de la glucosa se transforma en ácido láctico. El resto se transforma en una mezcla de anhídrido carbónico (CO_2), ácido fórmico y ácido acético (Figura 2) (Grotiuz y Varela 2006).

Las bacterias carecen de enzimas de la vía glicolítica (aldosa y triosafosfato isomerasa) llevándose a cabo la degradación de la glucosa se realiza por la vía de las pentosas. Se oxidan la glucosa-6P a 6-fosfogluconato que luego decarboxilan a pentosa-P. Ésta se transforma en triosa-P y acetyl-P por la enzima fosfocetolasa. La triosa da como resultado ácido láctico con la formación de un mol de ATP. Mientras que el acetyl-P acepta electrones a partir de los NADH generados en la producción de pentosa-P y se convierte en etanol sin producción de ATP. El rendimiento energético es menor con sólo un mol de ATP, en lugar de dos como en los homofermentadores que producen el doble de biomasa por mol de azúcar fermentativo. En esta fermentación no se genera un poder reductor, por lo cual el microorganismo debe oxidar gran cantidad de sustrato para lograr desarrollarse (Frioni 1999).

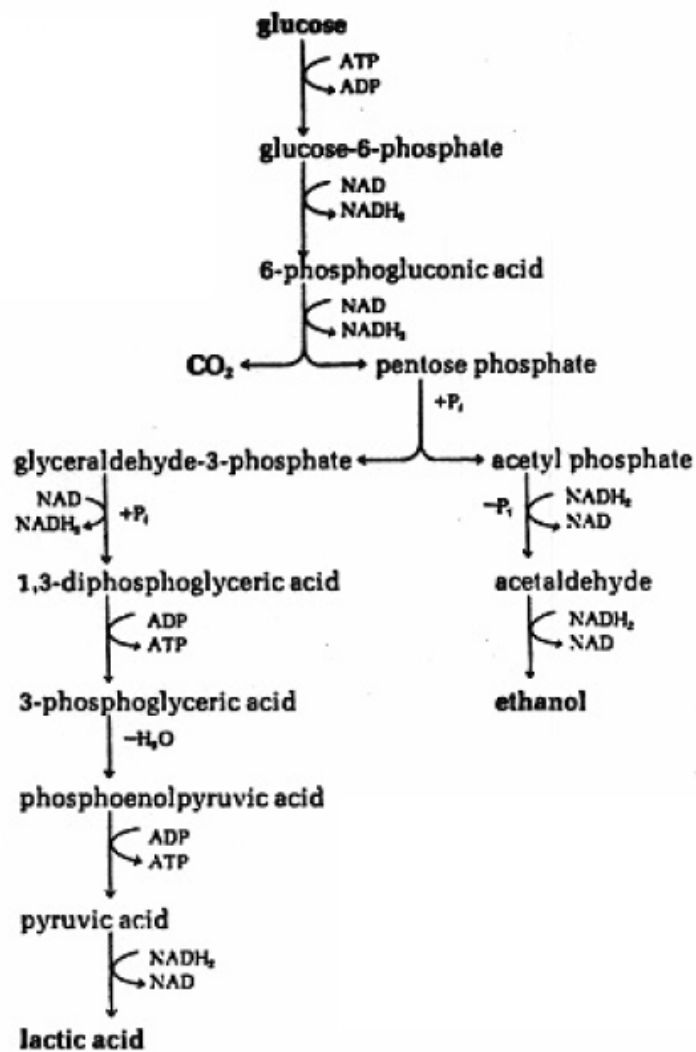


Figura 2. Fermentación heteroláctica.

2.1.3 Bacterias lácticas

El término de Bacterias Ácido Lácticas (BAL) designa un grupo heterogéneo de bacterias Gram positivas que presentan un metabolismo fermentativo de los azúcares, cuyo principal producto final es el ácido láctico. Además, comparten otros rasgos comunes como ser aerotolerantes de catalasa negativa, no forman esporas y no pigmentan ni reducen el nitrato. El grupo se subdivide en función de los productos de su metabolismo en bacterias homo y heterofermentativas (Hernández 2007).

La utilización de BAL en la industria láctea permite la obtención de un amplio número de productos lácteos fermentados de gran relevancia en la dieta diaria. Entre ellos se encuentran el yogur, leches fermentadas, queso fresco y madurado. El yogur es el producto de más aceptación y disponibilidad. El proceso de elaboración permite que el producto final que llega al consumidor contenga BAL vivas, suspendidas en leche acidificada. Las BAL se caracterizan por su inocuidad, tolerancia al medio ácido (resisten incluso valores de pH en torno a 3), la capacidad para fermentar la lactosa. Otros carbohidratos además de ser aromatizante mantienen un efecto bioconservante. La predigestión que las BAL realizan de la lactosa, las proteínas y los lípidos de la leche facilita que el organismo absorba los nutrientes más fácil (Tojo y cols. 2006).

La Federación Internacional de Lechería (FIL-IDF) clasifica los productos lácteos fermentados según el tipo de fermentación:

– Por microorganismos termófilos, fermentación entre 30 y 45°C. Es un fermento único, como la leche acidófila, obtenido con *Lactobacillus acidophilus*, o con fermentos mixtos, como el yogur, obtenido por la acción de *Lactobacillus bulgaricus* (en la actualidad *Lactobacillus delbrueckii* spp. *bulgaricus*) y *Streptococcus thermophilus*.

– Por microorganismos mesófilos, fermentación por debajo de 30°C. Es una fermentación láctica como la leche acidificada por acción de *Lactococcus lactis* spp. *Leuconostoc mesenteroides* o mediante fermentación láctica o alcohólica como el kéfir, con *Streptococcus casei*, *Streptococcus lactis*, *Streptococcus cremoris*, *Streptococcus diacetylactis*, *Lactobacillus delbrueckii* spp. *bulgaricus* y *Kluyveromyces marxianus*.

Las principales especies de BAL utilizadas en la producción de yogur y otros productos lácteos fermentados son:

– *Lactobacillus delbrueckii* spp. *bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*, que son responsables de la producción del yogur. *Lactobacillus delbrueckii* spp. *bulgaricus* es mesófila (requiere temperaturas en torno a 30 °C para su crecimiento) y aromatizante. Mientras que *Streptococcus thermophilus* es termofílica. Ambas especies crecen a temperaturas de 45°C y producen únicamente ácido láctico por fermentación de la glucosa.

– *Lactococcus lactis* spp. *lactis* y *Lactococcus lactis* spp. *cremoris* participan en la producción de quesos madurados.

– *Lactococcus lactis* spp. *cremoris* y *Lactococcus lactis* spp. *diacetylactis*, participan en la producción de mantequilla acidificada (Tojo y cols. 2006).

La mayoría de las BAL obtienen energía sólo del metabolismo de los carbohidratos, su distribución está restringida en ambientes con azúcares. Exigen además ambientes con aminoácidos, vitaminas, purinas y pirimidinas. La Tabla 1. muestra los géneros que han sido definidos en base a la morfología y al tipo de metabolismo fermentativo (Frioni 1999).

Tabla 1. Principales géneros de bacterias lácticas.

Género	Forma y agrupaciones	Fermentación
<i>Streptococcus</i>	Cocos en cadena	Homofermentativo
<i>Leuconostoc</i>	Cocos en cadena	Heterofermentativo
<i>Pediococcus</i>	Cocos en tétrada	Homofermentativo
<i>Lactobacillus</i>	Bacilos en cadena	Homofermentativo
	Bacilos en cadena	Heterofermentativo
<i>Enterococcus</i>	Cocos en cadena	Homofermentativo
<i>Lactococcus</i>	Cocos en cadena	Homofermentativo

Fuente: Frioni 1999.

Los géneros más utilizados habitualmente para la obtención de alimentos y bebidas fermentadas son *Lactococcus*, *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Oenococcus* y dentro del género *Streptococcus* la especie *Streptococcus thermophilus*. El género *Lactococcus* incluye las especies: *Lactococcus garviae*, *Lactococcus plantarum*, *Lactococcus piscium*, *Lactococcus raffinolactis* y *Lactococcus lactis*. Las bacterias pertenecientes a este género se aíslan principalmente de vegetales, piel de animales, leche y de productos lácteos (Hernández 2007).

Lactococcus lactis forma parte de la mayoría de los cultivos iniciadores mesófilos, que se utilizan en la industria láctea, y contribuye al desarrollo de la textura, del gusto, del aroma y de la conservación del producto final. *Lactococcus lactis* se divide a su vez en tres subespecies: *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* (con la variedad *diacetylactis*, que es importante por su capacidad de producir diacetilo a partir de citrato). *Lactococcus lactis*

subsp. *cremoris* y *Lactococcus lactis* subsp. *Hordniae*. Son bacterias cocoides dispuestas en cadenas de longitud variable. Tienen una temperatura mínima de crecimiento de alrededor de 10°C y una temperatura óptima en torno a 30°C (Williams y cols. 1990, Schleifer y cols. 1995).

El género *Lactobacillus* es uno de los más utilizados en fermentaciones alimentarias, aunque también constituye un porcentaje elevado de la microbiota intestinal (Salminen 1996). El género *Lactobacillus* es muy heterogéneo, comprende cerca de 50 especies. Entre éstas se encuentra *Lactobacillus delbrueckii*, que está formado a su vez por tres subespecies: *delbrueckii*, *bulgaricus* y *lactis* (Axelsson 1998). *Lactobacillus delbrueckii* es utilizado principalmente en la industria láctea para la producción de quesos tipo suizo (subsp. *lactis*) y de yogur (subsp. *bulgaricus*) (Mäyrä y Bigret 1998).

Asimismo, el género *Lactobacillus* tienen forma de bastones que varían de largos y delgados, cortos y curvos. La mayoría son homofermentativos, pero algunas especies son heterofermentativas. Se encuentran en la leche, frutas, hortalizas conservadas, en la saliva, en el intestino humano y en animales. Producen grandes cantidades de ácido láctico, resisten altas temperaturas, son termodúricos. Un ejemplo es el *Lactobacillus delbrueckii* se emplea en la producción del yogurt. Otro ejemplo es *Lactobacillus acidophilus* utilizado para la elaboración de leche ácida. Resisten los pH bajos por lo que continúan creciendo cuando éste ha descendido e inhibieron otras bacterias lácticas. Son por lo tanto las responsables de las etapas finales de las fermentaciones acidolácticas. Este tipo de bacterias raramente son patógenos (Frioni 1999).

El género *Streptococcus thermophilus* está emparentado con los estreptococos orales, y su genoma es uno de los más pequeños de todas las BAL (1.8 Mb). Morfológicamente, son esféricos o elípticos, con un diámetro comprendido entre 0.7–1 µm y pueden crecer formando desde parejas hasta largas cadenas. Son moderadamente termofílicos, creciendo en un rango de temperaturas de 15–45° C y son muy exigentes nutricionalmente siendo la leche el único hábitat en el que se encuentran (Hernández 2007).

Streptococcus thermophilus es una de las BAL más importante económicamente, ya que además de utilizarse ampliamente en la producción de queso Cheddar y de distintas

variedades de quesos tipo italiano (Mozzarella, Parmesano y Provolone), constituye junto con *Lactobacillus bulgaricus* el cultivo iniciador empleado en la producción de yogur (Hernández 2007). El calentamiento los destruye con facilidad, son homofermentativos y presentan una amplia variedad de especies con hábitats muy diversos (Frioni 1999).

Otro de los géneros es *Leuconostoc* son diplococos o en cadenas, heterofermentativos, por lo que son poco acidificantes. Su hábitat natural lo constituyen los vegetales y también se encuentran en la leche. Se emplean mucho como cultivo inicial en la industria láctica por sus propiedades aromatizantes (diacetil y acetoina al descomponer el citrato) aun que han sido reemplazados por el *Streptococcus diacetylactis*. Algunas cepas producen grandes cantidades de polisacárido dextrano (alfa 1,6-glucano), de uso médico (Frioni 1999).

2.1.4 Bebidas lácteas fermentadas

El origen de las bebidas fermentadas se asocia con la región de los Balcanes y los países de Europa Oriental, aunque también se mencionan ejemplos de ellas en Asia, África y Sudamérica (Tamime 2002). Las bebidas fermentadas son el resultado de la acción fermentativa microbiana sobre las materias primas. El consumo desde tiempo inmemorial de estos productos determina una relación especial con la alimentación y la salud humana. Actualmente, existe una gran variedad de productos lácteos fermentados entre el más conocido es el yogur (leche fermentada por la acción de bacterias *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*) (Salazar y cols. 2005).

Sin embargo, el desarrollo tecnológico ha dado origen a la aparición de las bebidas lácteas fermentadas las cuales también se venden bajo las denominaciones de “alimento lácteo fermentado” o “producto lácteo fermentado”. Además, éstas ofrecen mejorar el equilibrio de las poblaciones bacterianas de la flora intestinal (PROFECO 2010) y aportan nuevos procedimientos para establecer la relación bebidas-salud, desde el punto de vista biomédico (Londoño y cols. 2008).

Las bebidas lácteas fermentadas con bacterias o combinaciones de éstas son una línea de producción creciente, las cuales generalmente se mezclan con jugos u otros saborizantes (García y cols. 1993, Condor y cols. 2000). La tecnología de selección y

mejora de cultivos lácticos permite ofrecer al consumidor una gran variedad de este tipo de productos. Asimismo, se optimizan las características metabólicas de las Bacterias Ácido Lácticas (BAL) utilizadas en la fermentación, lo que garantiza una mayor garantía de calidad y seguridad en el producto. La inoculación de la leche con BAL seleccionadas permite la obtención de productos lácteos fermentados con características organolépticas óptimas (Tojo y cols. 2006).

Los métodos de producción de estos alimentos pueden convertir materiales desagradables al gusto en alimentos atractivos, proporcionando sabor y variedad a la dieta. Se conservan productos animales y vegetales, se mejora el valor nutritivo (durante la fermentación los microorganismos provocan cambios en el sustrato o producen otros compuestos) y en muchos casos se reduce el tiempo de cocción. La fermentación de estos alimentos representan varias ventajas la más evidente es la conservación, éstos productos tienen una vida de anaquel más larga. Además, tienen menor riesgo de contagio de toxiinfecciones, debido a distintos compuestos antimicrobianos producidos las cuales inhiben el desarrollo de microorganismos patógenos y productores de toxinas (García y cols. 1993).

Desde el punto de vista nutricional y de salud las bebidas fermentadas aportan nutrimentos adicionales a los del producto fresco, como lo son las vitaminas del complejo B. Además, una mayor cantidad de proteínas, éstas tienen un mayor valor biológico debido a la prehidrólisis que sufren por las proteasas producidas por las bacterias lácticas. También, la grasa y la lactosa resultan más digeribles, por acción de las enzimas microbianas (García y cols. 1993).

Asimismo, el consumo de bebidas lácteas a partir de suero está siendo bastante difundida por su gran valor nutritivo en Europa Occidental. El suero es uno de los ingredientes en la elaboración del kefir, además, es conocido como materia prima principal para la elaboración de bebidas lácteas (Condor y cols. 2000). Sin embargo, en México no existe este tipo de bebidas fermentadas a base de suero de leche ni la tecnología necesaria para el proceso de aislamiento de proteína y asimismo hacer diferentes productos para el aprovechamiento del suero.

2.2 Suero de leche

El suero es la fracción acuosa de la leche originado como subproducto de la fabricación de queso. Es obtenido de la separación de la caseína y de la grasa, constituyendo el 90 % del volumen de la leche. Además contiene la mayor parte de los compuestos hidrosolubles (García y cols. 1993). Éste se produce en grandes cantidades generando 9 litros por kilogramo de queso (Speer 1998, Endara 2002).

La lactosa, disacárido formado por glucosa y galactosa, es prácticamente el único carbohidrato presente en el suero de leche en cantidad importante (Alais 1991). Se encuentra en una concentración de 4.7 a 5.2 % en la leche de vaca, 6.5 % en la leche humana y alrededor de 4.5 % en las leches de cabra y oveja (García y cols. 1993). También se encuentran en pequeñas cantidades glúcidos libres, dializables y combinados con glicoproteínas, no dializables. Desde el punto de vista químico se distinguen:

- 1.- Glúcidos neutros. Lactosa y poliósidos que contienen lactosa y fucosa, pueden encontrarse libres ó combinados.
- 2.- Glúcidos nitrogenados. Glucosamina N-acetilada y galactosamina N-acetilada, se encuentran siempre ligados a glúcidos neutros ó nitrogenados.
- 3.- Glúcidos ácidos. Ácidos siálicos, ligados a glúcidos neutros o nitrogenados (Alais 1991).

La lactosa tiene una estructura química simple, es soluble y menos dulce que la sacarosa. En algunos casos no puede ser absorbido por el tracto gastrointestinal humano. La lactosa es muy escasa en la naturaleza en consecuencia es para los seres humanos la única fuente de galactosa. Ésta es un monosacárido energético de los glucolípidos y glucoproteínas (Alais 1991). Asimismo, la ruptura de la lactosa en glucosa y galactosa tiene especial importancia para la nutrición humana, dada la alta proporción de intolerancia a la lactosa en algunos segmentos de la población (Barnes 1994). Así como, su poder endulzante de los azúcares obtenidos de la lactosa, combinado es de aproximadamente 80 % de la sacarosa. La lactosa hidrolizada es de 3-4 veces más soluble y los monosacáridos son absorbidos fácilmente por la membrana de la mucosa (Zadow 1984).

La composición del suero varía dependiendo de las características de la leche y de las condiciones de elaboración del queso (García y cols. 1993, Onwulata y cols. 2003,). Otros componentes son las proteínas, éstas tienen un aproximado del 70 % del nitrógeno total (proteína cruda), corresponde a proteína verdadera, la cual tiene un valor superior al de la caseína (García y cols. 1993). Las proteínas de la leche son divididas en caseínas y proteínas del suero (Tabla 2) . Las caseínas están constituidas por cuatro familias de moléculas (α_1 , α_2 , κ , γ y β) que muestran polimorfismo genético con fosforilación y glicosilación. Por otro lado, las proteínas del suero más abundantes son β - lactoglobulina, α - lactoalbúmina, Proteasas- peptonas, de las cuales también se conocen variantes genéticas (Fennema 2000).

Tabla 2. Concentraciones de proteínas más abundantes de la leche.

Proteína	Concentración (g/L)	Porcentaje aproximado de la proteína total
Caseínas		
α_s -caseínas	24 a 28	42
B-caseínas	15 a 19	25
κ - caseínas	9 a 11	9
γ - caseínas	3 a 4	4
Proteínas de suero		
β -lactoglobulina	1 a 2	9
α - Lactoalbúmina	5 a 7	4
Proteasas- peptonas	2 a 4	4
Proteínas de la sangre	1 a 1.5	3
TOTAL		100

Fuente: Fennema 2000.

La fracción de suero también contiene cantidades considerables de inmunoglobulinas y seroalbúminas. La lactoferrina y la lactoperoxidasa son las proteínas mejor caracterizadas de la creciente lista de componentes protéicos menores del suero (Steijns 2001). Además, el suero contiene las vitaminas como la A (retinol), C (ácido ascórbico), D (calciferol), E (tocoferol), B (riboflavina), B1 (tiamina o aneurina), B5 (ácido pantoténico), B6 (piridoxina), B12 (cobalamina) (Alais 1991, García y cols. 1993).

De la gran variedad de quesos elaborados se dividen en dos tipos de suero. El primero es el suero dulce, resultado de la elaboración del queso cheddar. El segundo es el suero ácido ó también conocido como suero agrio, obtenido durante el procesamiento del queso ácido como el cottage (Ferrat 1980, Ghaly y cols. 1989, Ben y cols. 1994). También el suero es dividido por su acidez, en la Tabla 3 se muestra la composición básica. El suero dulce tiene un pH mayor a 5.8. Por el contrario el suero ácido presenta un pH menor a 5.0 (Rubio 1990, Miranda y cols. 2009). A partir del suero líquido se puede obtener suero en polvo ácido, dulce y deslactosado, como producto primario, proteína y lactosa, como producto secundario (Ferrat 1980, Ghaly y cols. 1989, Ben y cols. 1994).

Tabla 3. Composición básica de dos tipos de suero.

Componente	Suero dulce	Suero ácido
Agua	93-94 %	94-95 %
Extracto seco	6-7 %	5-6 %
Lactosa	4.5 %	3.8-4.2 %
Ácido láctico	-	0.8 %
Proteína	0.8-1.0 %	0.8-1.0 %
Ácido cítrico	0.1 %	0.1 %
Cenizas	0.5-0.7 %	0.5-0.7 %

Fuente: Cuellas 2008, Miranda 2009.

La producción mundial de leche en el año de 2006 fue de 420 mil millones de toneladas métricas, representando un incremento de 1.9 % respecto al año 2005. La Unión Europea aporta el 31 % de la producción. Le siguen los Estados Unidos con casi 83 millones de toneladas, con un 19 % del total. Asia registra uno de los cambios más importantes destacándose China con un incremento del 19 % en producción mientras que conjuntamente con la india tienen una participación creciente en el mundo, aportando el 17% del total. Los países de Oceanía en conjunto presentan el 3 %, con relación a América, Brasil es el mayor productor con 25 millones de toneladas. Finalmente, en México la producción es de 10, 676, 691 litros. En el estado de Puebla se tiene registrado una producción mensual de 1, 221, 449 litros y anual de 372.5 millones de litros, ocupando el décimo lugar de producción en nuestro país hasta diciembre del 2007 (Valencia y cols.

2009). En el 2010, el estado de Tlaxcala tiene una producción en de 115 mil 223 litros de leche anuales (SAGARPA 2011).

Los países productores de queso y por ende de suero de leche más importantes son Estados Unidos, Francia, Alemania e Italia. La producción mundial anual de suero lácteo es de aproximadamente 145 millones de toneladas, de las cuales 6 millones son de lactosa. El suero producido en México es de cerca de 1 millón de toneladas y contiene 50 mil toneladas de lactosa y 5 mil toneladas de proteína verdadera. A pesar de esta riqueza nutricional, el 47 % de suero de leche es descargado al drenaje y llega a ríos y suelos, causando un problema serio de contaminación debido a sus componentes (Valencia y cols. 2009).

El suero genera una demanda biológica de oxígeno (DBO) muy alta, de 40000 a 60000 ppm, y una demanda química de oxígeno (DQO), de 50000 a 80000 ppm (Cristiani y cols. 2000, Revillion y cols. 2003, Londoño 2006). Cuando un compuesto con una alta DBO, tal como el suero de leche, se vierte a un sistema ecológico acuático los microorganismos que lo degradan demandan una gran cantidad de oxígeno creándose condiciones anóxicas. Tomando en cuenta que la concentración del oxígeno disuelto es de 7 a 8 ppm para la mayoría de los cursos de agua se necesita todo el oxígeno presente en 6000 litros de agua para oxidar los sólidos de sólo medio litro de suero de leche (Revillion y cols. 2003, Cristiani y cols. 2000).

Más del 90 % de esas demandas se deben a la lactosa (Revillion y cols. 2003). La lactosa y las proteínas se transforman en contaminantes cuando el líquido es arrojado al ambiente sin ningún tipo de tratamiento. Esto es ocasionado debido a la carga de materia orgánica contenida, ésta permite la reproducción de microorganismos produciendo cambios significativos en la DBO del agua contaminada (Valencia y cols. 2009).

El uso de suero de leche es limitado por los costos de transporte y su carácter perecedero. En consecuencia, es casi imposible su almacenamiento sin tratamiento previo por períodos largos (Salazar 2005, Zumbado 2006). Debido a su capacidad contaminante y al valor nutritivo de los componentes del suero de leche se han realizado considerables esfuerzos dirigidos a su aprovechamiento (García y cols. 1993).

En América Latina el suero de leche se ha usado poco en la alimentación animal, principalmente para cerdos y bovinos. Por el contrario, en Estados Unidos y los mercados de Europa tienen una gran variedad de productos a base de suero de leche como bebidas, productos farmacéuticos, proteínas en polvo y quesos. Todo lo anterior apareció gracias a la tecnología que estos países poseen para aprovechar sus propiedades y tratar de darle un uso por los problemas ambientales asociados a la misma disposición (Miranda 2007).

Sin embargo, con la ayuda de la biotecnología la transformación de la lactosa resulta ser más fácil. Utilizándola como sustrato (fuente principal de carbono) para la obtención de productos obtenidos a través de fermentación. En este proceso existen microorganismos capaces de utilizar este disacárido transformando la lactosa en ácido láctico (García y cols. 1993).

2.3 *Pleurotus ostreatus*

Los hongos setas son cosmopolitas y de diferentes tamaños. De este tipo de hongos existen aproximadamente 1.5 millones de especies silvestres de las cuales 80 mil han sido documentadas, y de ellas sólo algunas son susceptibles a ser cultivadas. Entre ellas se encuentra *Pleurotus ostreatus*, comúnmente llamado gírgola o champiñón ostra (Ciappini y cols. 2004). En México es también llamado oreja, hongo oreja, oreja de cazahuate, oreja de judas, pero los cultivadores de hongos y en el mercado lo llaman seta (Michel y cols. 2010). La palabra *Pleurotus* viene del griego “pleuro”, que significa formado lateralmente o en posición lateral, refiriéndose a la posición del estípite respecto al píleo. La palabra *ostreatus* en latín quiere decir en forma de ostra y en este caso se refiere a la apariencia y al color del cuerpo fructífero (Cardona 2001).

Pleurotus ostreatus es un hongo saprofítico o parásito débil, descomponedor de madera. Crece abundantemente sobre aliso, balso y arce, principalmente en los valles de los ríos. También es cultivado en troncos de árboles muertos y en una variedad de desperdicios agrícolas ligninocelulósicos como rastrojo de maíz o de sorgo, olotes de maíz, bagazo de caña de azúcar o de café. Éstos contienen aproximadamente 60-70 % de celulosa y 15 % de lignina. Este hongo tiene la capacidad de desdoblar a la lignina y celulosa sin que sea necesario efectuar una fermentación previa u otro tipo complicado de preparación química

o biológica. Esta característica ubica a *Pleurotus* como un hongo de pudrición blanca (Herrera y Ulloa 1998).

En cuanto a la forma de este hongo depende de la edad, primero es abombada y finalmente llega a ser plana (Sierra 2002). Éste posee regularmente de 4 a 13 cm de diámetro, aunque ocasionalmente puede presentar tamaños mayores de acuerdo a las condiciones de fructificación. La superficie superior presenta color variable según la intensidad de la luz, con tonos entre blanquecinos, grises (Cardona 2001) desde gris claro a gris pizarra oscuro, violáceo, café con leche a pardo y azulados. El margen del píleo es suave, delgado, ondulado y ocasionalmente enrollado (Sierra 2002).

Pleurotus ostreatus presenta pie corto de 2 a 3 cm de longitud por 1 a 2 cm de grueso, y fibras de color crema claro (Cardona 2001). Crece de forma cespitosa formando racimos sobre troncos y otras especies arbóreas. Ésta varía tanto en sus dimensiones como en su aspecto. Asimismo, en función de su edad y de la cantidad de sustrato que la alimenta se han encontrado ejemplares con 20 o 30 cm de diámetro (Sierra 2002).

Este tipo de hongo es un alimento muy completo, han sido usados en la dieta humana por cientos de años y recientemente su consumo ha ido incrementando (Mínguez 2009). La carne del sombrero es blanca bastante sabrosa, elástica, tierna en los bordes y más correosa a medida que se aproxima al pie. La carne del pie es muy fibrosa y consistente. En México representa el segundo hongo con mayor producción (Sierra 2002, Sales 2009).

2.3.1 Contenido nutricional

Las setas son una excelente fuente de proteína debido a que contienen a todos los aminoácidos esenciales, entre los que se puede mencionar a la isoleucina, leucina, lisina, metionina, valina (López-Rodríguez y cols. 2008). Se considera que cerca del 40 % de los aminoácidos totales de *Pleurotus ostreatus* corresponde a aminoácidos esenciales (Cardona 2001), predominando la alanina, ácido glutámico y la glutamina (Romero y cols. 2010). La composición química de *Pleurotus ostreatus* es muy variable y depende de la edad y la especie. La variabilidad es ocasionada por diferencias en el contenido de humedad, la temperatura y la presencia de nutrientes (Cardona 2001).

Además, constituye una fuente rica de vitaminas como la D (Romero y cols. 2010), ácido ascórbico (C), tocoferol (E), tiamina (B1), riboflavina (B2), ácido nicotínico (B3), ácido pantoténico (B5), pirodoxina (B6), ácido fólico (B9), cobalamina (B12) y provitaminas como ergosterol y carotenos (Cardona 2001). Así mismo, minerales como el fósforo, sodio, magnesio, calcio, hierro, manganeso, zinc y cobre. Además, su buen sabor proveen de un valor nutritivo igual al de algunos alimentos ricos en proteínas, fibras, y bajo en grasas (Romero y cols. 2010).

En general, las setas comestibles contienen todas las clases de compuestos lipídicos, entre los cuales se encuentran ácidos grasos libres, ésteres de esterol y fosfolípidos. La grasa neta se puede presentar en los hongos desde menos de 1 hasta 15 % y se considera que un rango promedio puede ser de 2-8 %. Asimismo, se estima que *Pleurotus* spp. contiene 1,0-7,2 % de lípidos del peso seco y para *Pleurotus ostreatus* 2,2 % de grasa cruda. Se destaca que la relación de ácidos grasos saturados a insaturados es baja, cerca de 2,0-4,5:1, lo que evidentemente es deseable para la salud. *Pleurotus ostreatus* presenta 3-5 % de lípidos totales en base seca, predominando un mayor contenido en el píleo. Del total de lípidos, el 70-80 % corresponde al ácido linoleico (18:2). Los principales fosfolípidos de son fosfatidilcolina y fosfatidiletanolamina (Cardona 2001). Asimismo, se ha determinado el contenido de ergosterol en cuerpos fructíferos de *Pleurotus ostreatus* encontrando un 0,214 % (Trigos y cols. 1996).

Las setas son caracterizadas por su alto contenido proteico, 30 a 40 % en base seca, la cual supera muchos alimentos (Mandee y cols. 2005). En setas frescas contienen entre el 3 y el 28 % de carbohidratos. Presenta el 3 y 32 % de fibra cruda en base seca. Además, contiene 57,6 % de carbohidratos totales, 47,5 % de carbohidrato libre de nitrógeno, 11,5 % de fibra cruda, 10,1 % de ceniza, y 345 kilocalorías/100 g de peso seco (Cardona 2001). Asimismo, en algunas investigaciones realizadas, los hongos tienen una posición superior a la de los vegetales y legumbres, a excepción de la soja, en cuanto a su contenido y calidad de proteína. Lo mismo ocurre con las fibras presentes en cantidades superiores a comparación del resto de los vegetales (Ciappini y cols. 2004).

2.3.2 Propiedades medicinales

Pleurotus ostreatus se encuentra en la lista de 37 especies de hongos utilizadas en la medicina tradicional de Mesoamérica y México (Guzmán 1994). Se describe como uno de los hongos que producen retardo en el crecimiento de tumores, posiblemente por la acción de un compuesto polisacárido. Éste actúa como potenciador de la defensa del huésped. Su ventaja sobre las sustancias que matan las células cancerosas radica en no presentar efectos colaterales, como lo hacen los compuestos quimioterapéuticos usados contra el cáncer. Éstos suprimen las defensas del huésped contra las células cancerosas y contra algunos agentes infecciosos (Miles y Shu 1997).

Algunos compuestos funcionales como la quitina (polímero estructural de la célula) y los beta glucanos (homo y hetero-glucanos con enlaces glucosídicos) son considerados responsables de ciertas propiedades medicinales. Éstas son la disminución del colesterol, los niveles de glucosa en sangre y el incremento de la resistencia del sistema inmunológico. Los beta glucanos están presentes en la fracción de fibra dietética de los hongos, en particular en la fracción insoluble (Ciappini y cols. 2004).

Okuda y cols (1972) afirman que se han aislado polisacáridos antitumorales de *Pleurotus ostreatus*. El componente antitumoral activo de un extracto hidrosoluble consiste en un esqueleto formado por un polímero 1,3 β -glucano, probablemente con ramificaciones de residuos de galactosa y manosa, de los que posteriormente Yoshioka y cols. (1975) aislaron componentes polisacáridos ácidos.

En los cuerpos fructíferos de *Pleurotus ostreatus* se encontró un inhibidor competitivo de la enzima 3- hidroximetilglutaril Coenzima A reductasa, que disminuye el colesterol en la sangre. Se usó como extractor una mezcla de N_2 , más metanol en agua. La sustancia denominada lovastatín se encontró principalmente en las lamelas de esporocarpos de 10 cm de diámetro, a razón de 5991 mg/g (Gunde y Cimerman 1995).

Los hongos de la pudrición blanca, entre los que se encuentra *Pleurotus ostreatus*, poseen en su micelio sustancias con propiedades antioxidantes, por lo que pueden constituir una fuente potencial de bio-antioxidantes o de preparaciones complejas con propiedades antioxidantes. *Pleurotus ssp.* es una buena fuente de beta-1,3/1,6-glucanos. Estas moléculas

(llamadas pleuran) estimulan es sistema contra los efectos perjudiciales de las terapias químicas y de radiación usadas para destruir las células tumorales (Kapich y Shishkina 1992).

2.3.3 Valor Económico

Los hongos tienen una extraordinaria capacidad para adaptarse y desarrollarse en diferentes sustratos y condiciones agroclimáticas. Su producción es una fuente generadora de ingresos y empleos (Alcona y cols. 2009). Es una alternativa de subsistencia alimentaria en las áreas rurales en la cual puede participar la familia. Esto permite mejorar la nutrición en virtud de ser un sustituto de la carne, rico en proteínas con la simple conversión de residuos agroindustriales (Romero y cols. 2010). En España actualmente muchos cultivadores de champiñón han modificado sus instalaciones para cultivar *Pleurotus*, es fácil y resulta más rentable (Herrera y Ulloa 1998).

2.4 Proteínas

Las proteínas son macromoléculas constituidas a partir de aminoácidos que desempeñan diferentes funciones biológicas en el organismo humano. Principalmente se encuentra la regeneración y formación de tejidos, síntesis de enzimas, anticuerpos y hormonas (Mataix 2002, Badui 2006). Todas ellas de extraordinaria importancia en los seres vivos. Su nombre alude a esta característica “proteos: primera clase” lo que pretende manifestar su enorme importancia biológica (Mataix 2002).

Los aminoácidos son moléculas de bajo peso molecular con una parte común, la agrupación alfa-amino-carboxilo. Además del carbono, hidrógeno y oxígeno, los aminoácidos contienen nitrógeno en su grupo amino. Aparte de su contribución a la estructura y función de los aminoácidos, este nitrógeno es la fuente de todos los grupos nitrogenados del resto de las moléculas biológicas en el organismo humano. Algunos aminoácidos también contienen azufre en su molécula. A nivel elemental, las proteínas contienen 50-55 % de carbono, 6-7 % de hidrógeno, 20-23 % de oxígeno, 12-19 % de nitrógeno y 0.2-3.0 % de azufre. La síntesis de las proteínas tiene lugar en los ribosomas (Mataix 2002).

Los aminoácidos pueden tener funciones importantes, lo más frecuente es la unión entre sí formando un enlace amida entre un grupo carboxilo y un grupo amino. Éste recibe el nombre de enlace peptídico (-CO-NH-), denominándose péptidos los compuestos resultantes. Se emplea el nombre de oligopéptidos para los péptidos constituidos por pocos aminoácidos (generalmente menos de diez). Y polipéptidos a los constituidos por más aminoácidos. El nombre de proteínas se reserva para los polipéptidos de gran peso molecular y que tienen una conformación espacial determinada (Mataix 2002). Existen diversos métodos para clasificar las proteínas, pero las principales se basan en cuatro criterios fundamentales: composición, forma, solubilidad y función biológica.

Estas macromoléculas pueden ser simples (homoproteínas) y conjugadas (heteroproteínas). Las primeras sólo tienen material polipeptídico es decir no tienen ningún grupo prostético. Las segundas tienen un componente polipeptídico asociado a un componente no peptídico o una fracción no proteínica llamada grupo prostético. En esta categoría están la metaloproteínas, las glucoproteínas, las fosfoproteínas, las lipoproteínas y las nucleoproteínas (Bohinski 1991, Badui 2006, Lehninger 2006).

Se pueden clasificar por su forma, en globulares y fibrosas. Las primeras presentan una estructura compacta de forma esférica por el doblamiento de su cadena. Las proteínas globulares en general son más solubles y delicadas en comparación con las fibrosas (Bohinski 1991, Badui 2006).

Las segundas son las proteínas fibrosas, aquellas que le proporcionan rigidez a los tejidos. Éstas se caracterizan por estar constituidas por varias cadenas de polímeros unidas a lo largo de un eje recto común (formas moleculares muy alargadas). Ésta integración de fibras inertes producen una gran estabilidad a agentes físicos, químicos y enzimáticos (Badui 2006).

2.4.1 Solubilidad

En general, la solubilidad depende del tipo de aminoácidos contenidos. Es decir, el polipéptido con muchos residuos hidrófobos tenderá a ser menos soluble a comparación del que contenga un elevado número de grupos hidrofílicos. Así, el proceso de la solubilización implica la separación y dispersión de las moléculas de proteína en el

disolvente. Además, existe una máxima interacción con el líquido que las rodea (Badui 2006, Bohinski 1991).

Las albúminas son solubles en soluciones salinas diluidas y en agua, pueden precipitarse en sulfato de amonio al 50 %. De este grupo existen algunos ejemplos como la alfa-lactoalbúmina de la leche, las albúminas del suero sanguíneo, la ovoalbúmina de la clara de huevo. En general, las albúminas corresponden a la clasificación de proteínas simples. Observando lo contrario con las globulinas. Éstas son insolubles en agua, pero solubles en soluciones salinas. En esta categoría están la miosina del tejido muscular, la beta-lactoglobulina de la leche, la glicina de la soya, la araquinina y la conaraquinina del cacahuate, además de muchas enzimas (Badui 2006).

Por su parte, las histonas se caracterizan por su elevado contenido de aminoácidos básicos. Además, tienen una solubilidad en ácidos y agua. Las histonas tienen poca importancia en la tecnología de alimentos ya que son muy escasas. En cambio, las glutelinas, insolubles en agua, etanol y soluciones salinas, suele tener una solubilización en ácidos (pH 2) o en álcalis (pH 12). Las glutelinas junto con las prolaminas constituyen la mayoría de las proteínas que se encuentran en el maíz y trigo (Badui 2006).

Por último, las prolaminas sólo se solubilizan en etanol al 50-80 %. Un ejemplo principal es la zeína del maíz y la gliadina del trigo. Por el contrario, las proteínas fibrosas son insolubles en todos los disolventes, debido a la presencia de cierta cristalinidad. Éstas son muy resistentes a la acción de la mayoría de los agentes químicos y enzimáticos. Las proteínas consideradas como fibrosas pertenecen a las escleroproteínas (Badui 2006).

2.4.2 Desnaturalización proteica

En términos generales, desnaturalización es alejarse de la forma natural. Desde el punto de vista termodinámico se refiere al cambio de un estado ordenado de las moléculas a otro desordenado, es decir más estable con la mínima energía libre posible en las condiciones fisiológicas. Cualquier cambio de este ambiente como modificación en pH, fuerza iónica, la temperatura y la composición del disolvente forzarán a la molécula a asumir una nueva estructura. Los cambios sutiles en la estructura que no se altera drásticamente en la arquitectura molecular de una proteína se considera como “adaptabilidad conformacional”.

En cambio, las modificaciones más importantes de las estructuras secundarias, terciarias y cuaternarias se considera una “desnaturalización” (Fennema 2000). En este proceso los enlaces principalmente afectados son los de hidrogeno, hidrófobos, iónicos y en ocasiones los disulfuro (Fennema 2000).

3. ANTECEDENTES

Actualmente, existen investigaciones acerca de la elaboración de diversas bebidas fermentadas a base de suero de leche. Krasnikova y cols. (1993) muestra el logro de una patente para una bebida elaborada con suero llamada “Avitsenna”. Para su elaboración utilizaron un cultivo formado por *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei* y *bifidobacterias*. Ésta bebida presentó bondades nutricionales y propiedades beneficiosas para la salud, tales como la habilidad de regular el equilibrio intestinal y ayudar en el control de diarreas.

Asimismo, Londoño y cols. (2008), elaboraron una bebida fermentada de suero de queso fresco inoculada con *Lactobacillus casei*. A esta bebida se le evaluó la viabilidad del microorganismo, utilizando medios de cultivo selectivos. Después, se procedió a verificar su resistencia a los ácidos gástricos y sales biliares, para verificar la sobrevivencia durante el período de almacenamiento. Adicionalmente, se llevó a cabo la prueba de aceptabilidad, análisis físico-químicos, microbiológicos y sensoriales. La bebida fue saborizada con pulpa de maracuyá (*Passiflora edulis*). En cuanto al microorganismo, éste fue evaluado bajo condiciones de pH estomacal e intestinal identificándolo como microorganismo probiótico. La bebida tuvo una aceptación de “me gusta” y presentó una vida de anaquel de 21 días. Todo lo anterior con el fin de dar una utilización óptima al suero producido en queserías e incrementar los efectos benéficos de éste producto para el consumidor.

Miranda y cols. (2007), elaboraron una bebida fermentada a partir del suero de queso con *Lactobacillus acidophilus* y *Streptococcus thermophilus*. Se determinaron características físicas, químicas, sensoriales y nutricionales así como la estabilidad del producto terminado. El contenido de lactosa disminuyó con valores similares a la fermentación de un yogur, se obtuvo una acidez titulable del 0.70 % a las 24 h. de inoculación. La bebida fue avalada como un producto ligeramente ácido, agradable al paladar con un coágulo viscoso, catalogándola así como “muy buena”. Los estudios microbiológicos arrojaron un bajo número de coliformes totales, levaduras y hongo filamentoso afirmando que está realizada en condiciones higiénicas - sanitarias adecuadas. La estabilidad del producto fue de 7 días.

Una bebida a base de suero de suero ácido y leche fue elaborada por Itara (2007). El propósito de ésta fue determinar si presentaría características organolépticas al kéfir. Se realizaron estudios de análisis proximal, análisis de ácidos orgánicos y compuestos volátiles sensoriales. El resultado fue un 75 % de leche, 25 % de suero. Mostró características similares al kéfir, ésta contenía 90.4 % de agua, 9.6 % de sólidos totales, 2.54 % de grasa, 2.20 % de proteína, 4.38 de pH, 0.84 % de ácido láctico, 24.89 % de etanol, 0.84 % de ácido acético y 1.10 % de 2,3-butanediol. Además de realizar un análisis sensorial donde los panelistas no encontraron diferencias significativas entre las muestras evaluadas. El estudio representa una posible alternativa al problema de disposición de suero ácido.

Salazar y cols. (2006), trabajaron con un aislado nativo de *Lactobacillus brevis* al cual se le midió la viabilidad en dos bebidas lácteas fermentadas. Éstas se diferenciaban por la presencia de harina de avena al 0.5 % p/v como ingrediente prebiótico, con el fin de observar su efecto en la viabilidad del probiótico. Después de elaboradas se les realizó un seguimiento de pH y porcentaje de acidez (expresada como ácido láctico), durante los días 2, 7, 14 y 21 y la prueba de viabilidad en los días 7, 14 y 21. El *Lactobacillus brevis* presentó viabilidad en ambas bebidas al obtenerse recuentos mayores de 10^6 UFC/ml hasta el día 21. Se encontró un aumento en la velocidad de crecimiento del día 7 al 14 en la bebida con avena, aunque estadísticamente no hubo diferencia significativa.

Gutiérrez (2006), elaboró una bebida de suero fermentada con los cultivos *Lactobacillus helveticus* y *Streptococcus salivarius*, adicionada con cultivos probióticos *lactobacillus paracasei* subsp. *Paracasei* LC-01. El sondeo sensorial mostró una aceptación de 6 % de sacarosa como lo ideal para la bebida. Además, los consumidores consideraron ideal la textura, color y sabor a piña. Se demostró estadísticamente el promedio de la población bacteriana, el cual no mostró ninguna diferencia significativa en la disminución del recuento del microorganismo. Debido al promedio de la población determinado superior a 10^6 UFC/ml. Esto aseguró superar el nivel mínimo requerido para considerar la bebida como probiótica, si se consumen al menos 100 ml del producto. En cuanto a la lactosa, ésta disminuye en un 0.6 % m/m en el proceso de fermentación y almacenamiento. Finalmente, el suero dulce resultó ser un vehículo adecuado para llevar al consumidor los beneficios de *Lactobacillus paracasei* subs. *paracasei*, ya que la bacteria

puede sobrevivir en cantidades idóneas para considerársele un alimento funcional durante una vida útil de 27 días.

Kempka y cols. (2007), desarrollaron una bebida láctea fermentada con características probióticas. Para la bebida láctea sabor durazno fue utilizado suero de leche, leche de vaca y leche de soya. La formulación tuvo un 30 % de extracto de soya hidrosoluble, el 36,6 % de leche de vaca y el 33,3 % de suero de leche. Ésta tuvo pruebas de análisis sensorial, evaluación del crecimiento celular, organolépticas, físico-químicos, microbiológicos y análisis para determinación de vida útil del producto. En el período de almacenamiento, la leche con sabor a durazno presentó células viables de acuerdo con la Legislación (1×10^6 UFC/ml⁻¹) durante 22 días. La calidad fisicoquímica cambió ligeramente desde la acidez presentando valores altos después de los 22 días. La calidad sensorial da como resultado una vida útil de 14 días sin conservadores debido al elevado valor del grado de acidez de la leche fermentada.

Además, Benavides y Quicazán (2009) con el propósito de aprovechar los beneficios de la soya y de los cultivos lácticos probióticos desarrollaron bebidas funcionales. Éstas se realizaron tomando como referencia el comportamiento de la leche de vaca bajo condiciones similares de fermentación. Se emplearon tres cultivos de diferente proporción de la cepa *Bifidobacterium lactis* (uno simple y dos cultivos mixtos con los microorganismos *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus* y *Bifidobacterium lactis*).

La fermentación se realizó a 42°C con un seguimiento durante 8 h. a las propiedades de las bebidas empleadas como indicadores del proceso (contenido de ácido láctico, acidez titulable, pH y comportamiento reológico). De acuerdo con los resultados obtenidos, la composición y el medio de cultivo influyen significativamente en la obtención de bebidas fermentadas con propiedades funcionales. Esto se debe a que los microorganismos presentan diferentes rutas metabólicas de acuerdo con el sustrato disponible. La influencia de la composición de los cultivos demuestra su importancia en la formación del gel de la bebida, en la dinámica de fermentación y en la calidad del producto.

Otra bebida fue elaborada por Alejo en el 2009, Él desarrolló una bebida de suero fermentada dietética con la adición de *Lactobacillus casei* y *Lactobacillus acidophilus*, aspartame y avena tradicional molida con buena estabilidad y aceptabilidad. Fue evaluado el comportamiento de las dosis de goma guar (0,25; 0,30; 0,35 %) y avena (3, 5 y 7 g/L) incorporadas, siendo la estabilidad y la viscosidad cinemática promedio las variables respuestas. Finalmente, las dosis más adecuadas de goma guar y avena son 0,35 % y 7 g/L para la elaboración de una bebida saborizada con emulsión de naranja y una aceptabilidad de “Me gusta”. Se logró una bebida de suero fermentado hipocalórica (31,95 kcal/100 g).

Un caso muy exitoso es el de una bebida elaborada en Suiza y comercializada en Europa Occidental con el nombre comercial de “Rivella”. Éste producto fue elaborado con suero y lactosa hidrolizada concentrada, fermentado con bacterias lácticas, saborizado y con una mezcla de hierbas alpinas y carbonatado. También, la compañía Finlandesa Valio recientemente puso en el mercado una bebida con el nombre de “Gefilus” elaborada con suero, lactosa hidrolizada y fermentada con “*Lactobacillus GG*”. Éstas tienen propiedades probióticas (Condor y cols. 2000).

Por otro lado, los hongos tienen cantidades significativas de nutrientes importantes para la dieta humana como las proteínas. Un estudio hecho por el Instituto Nacional de la Nutrición, dichas proteínas poseen un valor biológico debido a los aminoácidos presentes en mayor proporción. Es así como Ciappini y cols. (2004), reportan la composición y las características nutricionales del hongo *Pleurotus ostreatus* cultivado en tronco de álamo. El hongo contiene un porcentaje mayor de fibras solubles y de proteínas. Se sugiere que el contenido de proteína se relaciona significativamente con el contenido de nitrógeno del sustrato. Fueron identificados 16 aminoácidos de los 20 presentes en las proteínas. Los aminoácidos glutamina, asparagina, cisteína y triptófano no se identificaron debido a las transformaciones que sufren al emplear en la metodología una hidrólisis ácida. La luz no influyó en la composición aminoacídica de *Pleurotus ostreatus*.

Asimismo, Bautista y cols. (1999), evaluaron la calidad proteínica de los cuerpos fructíferos de tres cepas mexicanas de *Pleurotus ostreatus* (INIREB-8, CDBB-H-896 Y CDBB-H-897). El contenido de proteína Nx4.38 en las cepas INIREB-8, CDBB-H-896 Y CDBB-H-897 fue de 19.97 ± 0.18 , 17.26 ± 0.14 y 19.26 ± 0.12 respectivamente. El contenido

de aminoácidos en estas tres cepas superan los contenidos marcados por el patrón de la FAO (Tabla 4). En cuanto a los aminoácidos no se puede generalizar con respecto a deficiencias de alguno de éstos en las setas ya que su contenido puede variar aun entre las mismas especies y depende también de otros factores como la cepa, las condiciones de cultivo y el substrato. Los resultados obtenidos indican que la mejor de las cepas fue la INIREB-8 con un puntaje de 93% con lisina disponible como único aminoácido limitante.

Tabla 4. Contenido de aminoácidos en *Pleurotus ostreatus*.

mg/g de proteína (Nx4.38)*	INIREB-8 Media±D.E.**	CDBB-H-896 Media±D.E.	CDBB-H-897 Media±D.E.	Patrón FAO 1985
Aspártico	120.50±7.91	112.00±0.37	126.78±2.10	
Serina	48.36±0.25	50.06±0.80	47.39±0.79	
Glutámico	211.33±5.00	187.31±2.27	235.10±1.52	
Glicina	47.45±1.23	44.25±0.99	43.65±0.68	
Histidina	28.60±0.68	26.79±0.12	26.59±0.42	19
Arginina	70.70±1.20	85.95±0.75	68.08±0.86	
Treonina	51.25±1.24	51.74±1.18	51.54±0.53	34
Alanina	64.15±0.63	61.77±1.66	64.04±0.22	
Prolina	30.55±0.63	31.18±0.01	30.65±0.21	
Tirosina	35.96±0.00	36.02±0.03	34.63±0.000	63
Valina	51.28±0.68	49.40±0.25	47.11±0.15	35
Metionina	21.16±0.30	19.26±0.02	19.30±0.12	25
Cistina	16.40±0.00	17.50±0.00	15.37±0.00	
Lisina total	72.09±1.26	72.22±0.14	69.04±1.64	58
Lisina disponible	53.36±0.02	42.62±0.05	54.93±1.22	
Isoleucina	43.32±0.44	40.86±0.19	38.45±0.66	28
Leucina	71.57±0.84	70.17±0.41	61.16±5.01	66
Fenilalanina	51.10±0.88	40.88±0.55	36.39±1.35	
Triptófano	19.61±0.50	17.92±0.50	22.80±0.50	11

*Media de dos determinaciones

** Desviación estándar.

Fuente: Bautista y cols. 1999.

La caracterización química de las proteínas comienza tradicionalmente en su aislado y fraccionado por extracciones secuenciales utilizando diferentes solventes (Myers 1988). Es así como, la extracción de fracciones proteicas provienen de diferentes alimentos como los cereales. La principal proteína de almacenamiento de los cereales, como el trigo, la cebada y el centeno, es la prolamina con un 40-50 %. Siguiendo con las glutelinas, contienen alrededor del 30-40 %. En el maíz maíz (*Zea mais*), sorgo (*Sorghum bicolor*) y mijo (*Pennisetum americanum*) las prolaminas se encuentran entre un 50-60 % en tanto que las glutelinas son de un 35-40 % de las proteínas totales. La avena y el arroz presentan globulinas y glutelinas respectivamente, como principales proteínas, aunque también presentan bajas cantidades de prolaminas (Goristein y cols. 1991).

La evaluación de la pureza de las fracciones proteínicas de la chíá realizada por Olivos (2005), demuestra que la clase de proteínas más abundantes son las glutelinas (86 %) y las prolaminas representan un menor porcentaje (38 %). La composición química y su valor nutrimental le confieren a esta semilla un gran potencial para usarla dentro de los mercados alimenticios e industriales (Hernández-Jardon 2007).

Un alimento importante por su contenido de proteína es la semilla de *Amaranthus* spp está dada por globulinas y albúminas principalmente. Las glutelinas conforman aproximadamente 30 % de los cuerpos proteínicos, en tanto las prolaminas a diferencia de los cereales sólo se presentan en pequeñas cantidades (Barba de la Rosa y cols. 1992). Asimismo, Martínez y Añón (1996) aislaron proteína del amaranto. La primera extracción fue con valores de pH alcalino y precipitados a un pH de 5. La segunda, fue extraída a pH de 9 y precipitadas a diferentes pH. Por último, se obtuvo una fracción de albúmina y globulina-1 a pH de 8, y albúmina-2 en pH de 9, 10 y 11.

En el caso particular del hongo *Pleurotus ostreatus*, López-Sánchez (2010) reportó en el cuerpo fructífero de *Pleurotus ostreatus* cuatro fracciones proteicas albúminas (solubles en agua), globulinas (solubles en soluciones salinas), glutelinas (solubles en soluciones alcalinas) y prolaminas (solubles en soluciones alcohólicas). Las albúminas tuvieron una mayor eficiencia en cuanto a la absorción de aceite. Las globulinas mostraron una elevada capacidad de retención de agua. También, presenta actividad de emulsificación y estabilidad a pHs alcalinos de 6, 8 y 10. Asimismo se observó la capacidad de espumado sólo en las fracciones de globulinas y glutelinas aumentando su valor conforme aumentó el pH. Finalmente la mayor concentración de proteína soluble se presentó en la fracción de prolaminas a un pH 10.

Posteriormente, Mendoza-Xochipa (2011) reportó que no existen diferencias significativas de la digestibilidad *in vitro* de la proteína de la harina desgrasada de *Pleurotus ostreatus* y cada una de sus fracciones determinado por los métodos de AOAC y Torry modificado (Mendoza-Xochipa 2011). Asimismo, no existieron diferencias significativas entre la digestibilidad entre las muestras analizadas y la caseína (proteína de referencia). Finalmente, al existir una alta digestibilidad de las fracciones proteicas, éstas pueden ser adicionadas a distintos alimentos.

4. JUSTIFICACIÓN

Actualmente, existen mínimos usos del suero de leche. Una parte del suero se ha utilizado para la alimentación de animales de granja. Sin embargo, es utilizado en pequeñas cantidades. En consecuencia, la otra parte del suero de leche es desechado en grandes cantidades a través del alcantarillado generando serios problemas de contaminación, generando condiciones anóxicas en los cursos de agua (Cristiani y col. 2000, Revillion y cols. 2003)

También, existen investigaciones acerca de la presencia del contenido de proteína de alto valor biológico en el hongo *Pleurotus ostreatus*, es decir la presencia de todos los aminoácidos esenciales que el organismo humano necesita (Soto y cols. 2005). Asimismo, *Pleurotus ostreatus* presenta una fracción soluble, ésta por su principal característica puede ser adicionada a distintos alimentos, aumentando el contenido de proteína.

Por todo lo anterior, cabe afirmar que hasta ahora no existe una bebida fermentada a base de suero de leche adicionada con una fracción soluble del cuerpo fructífero de *Pleurotus ostreatus*. En consecuencia, el presente estudio pretende utilizar este compuesto altamente contaminante como materia prima para la elaboración de la bebida, fermentada con bacterias lácticas. Además, adicionada con la fracción soluble del cuerpo fructífero de *Pleurotus ostreatus*. Para finalmente obtener una bebida fermentada alta en proteína.

5. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es el proceso para la elaboración de una bebida fermentada a base de suero de leche y la fracción soluble del cuerpo fructífero de *Pleurotus ostreatus*?

6. OBJETIVOS

6.1 Objetivo general

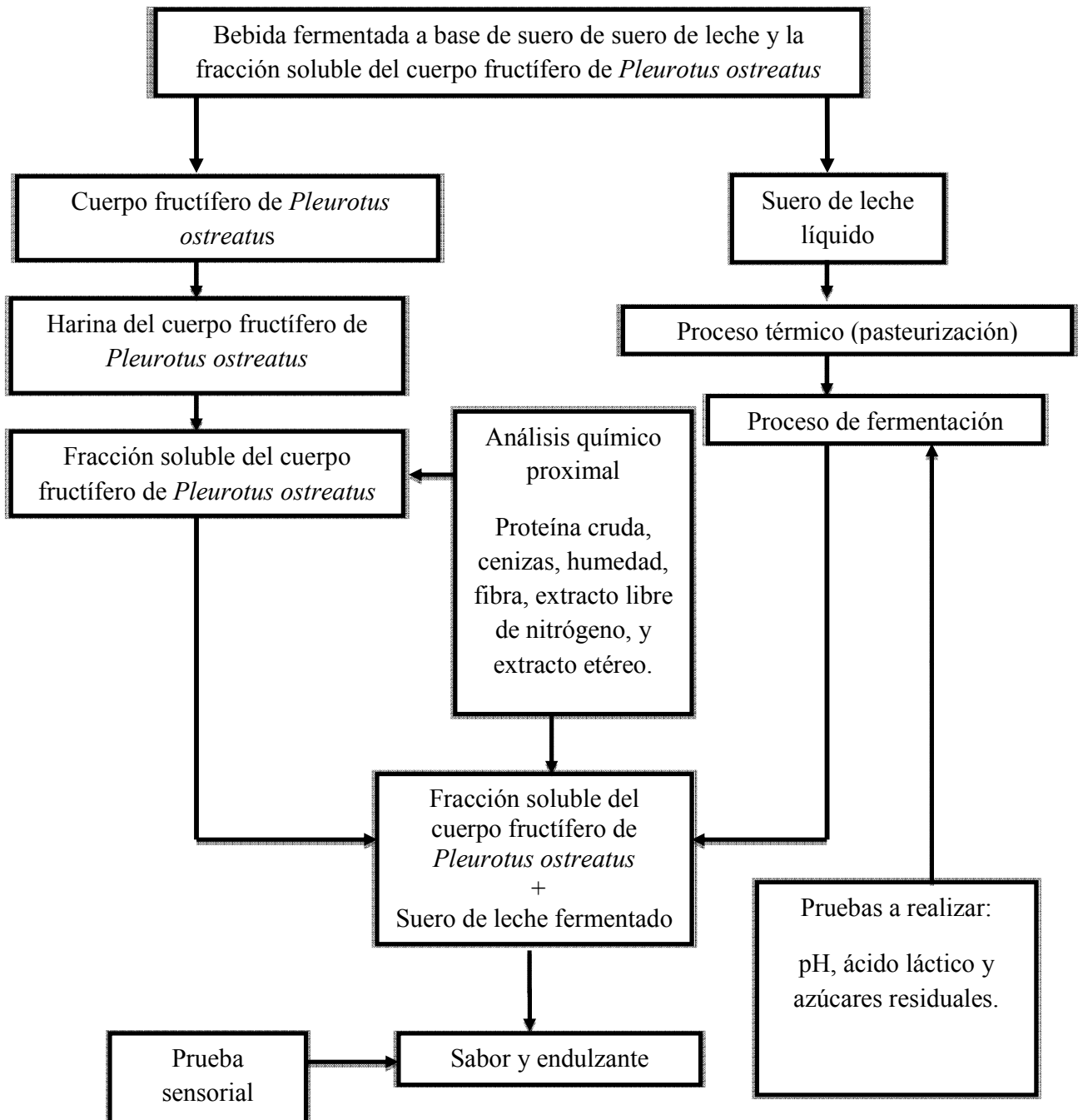
Establecer un proceso de elaboración para una bebida fermentada a base de suero de leche y la fracción soluble del cuerpo fructífero de *Pleurotus ostreatus*.

6.2 Objetivos específicos

1. Optimizar la extracción de la fracción soluble del cuerpo fructífero de *Pleurotus ostreatus*.
2. Realizar el análisis químico proximal de la fracción soluble del cuerpo fructífero de *Pleurotus ostreatus*.
3. Establecer las condiciones de fermentación del suero de leche con un cultivo láctico (*Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbruekii ssp. bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus* y *Bifidobacterium*).
4. Establecer el proceso de elaboración de la bebida fermentada.
5. Realizar el análisis químico proximal y sensorial de la bebida fermentada.

7. METODOLOGÍA

Se presenta un diagrama general que muestra la elaboración de la bebida fermentada a base de suero de leche y la fracción soluble del cuerpo fructífero de *Pleurotus ostreatus*.



7.1 Obtención de la fracción soluble del cuerpo fructífero de *Pleurotus ostreatus*

El cuerpo fructífero de *Pleurotus ostreatus* se deshidrató en un horno a 58 °C hasta obtener un peso constante, posteriormente se pulverizó (López-Sánchez 2010). Para la optimización de la extracción de la fracción soluble, fue preparada una suspensión al 4 % de agua, se mantuvo en agitación constante durante 30 min. Al término, la suspensión se mantuvo en ebullición por 1 min. Enseguida, se agregaron 60 U/mL de amilasa incubados por 30 min a 55 °C. Posteriormente, la suspensión se centrifugó a 10 000 rpm durante 15 min. para recuperar el sobrenadante. Las proteínas del sobrenadante se precipitaron con acetona y se recuperaron por centrifugación a 10 000 rpm durante 10 min, obteniendo así la fracción soluble del cuerpo fructífero de *Pleurotus ostreatus*. Esta fracción se deshidrató, pulverizó y almacenó en refrigeración hasta su uso. A la fracción soluble del cuerpo fructífero de *Pleurotus ostreatus* obtenida se le realizó un análisis químico proximal.

7.2 Análisis químico proximal.

7.2.1 Determinación de proteína cruda por el método de Kjeldahl

Para la fracción y bebida fermentada natural fue determinada el contenido de proteína por el método de Kjeldahl. En matraces para digestión Kjeldahl se utilizó 0.8 g de catalizador (CuSO_4 y K_2SO_4 1:9), 2 mL de ácido sulfúrico concentrado y 0.2 g de muestra de la fracción soluble y 1 mL de bebida natural fermentada. La digestión se llevó a cabo a 350 °C. Al finalizar, a la muestra digerida le fueron agregados 15 mL de NaOH al 40 % y el amoníaco liberado fue destilado con 10 mL de ácido bórico al 2 %. A éste se le agregaron cuatro gotas de indicador (solución alcohólica de rojo de metilo 0.2 % y azul de metileno 0.1 %). Finalmente, la cantidad de amoníaco destilado fue titulado con HCl 0.1N (AOAC 1980).

7.2.2 Determinación de humedad

Se utilizó el método indirecto de secado en horno. En una charola a peso constante se colocaron 0.2g de muestra. Y para la muestra de la bebida fueron colocados .5 mL de bebida fermentada natural. Posteriormente la muestra se deshidrató a 60 °C por 24 h, hasta obtener un peso constante. El contenido de humedad fue reportado por diferencia de peso en porcentaje (AOAC 1980).

7.2.3 Determinación de cenizas

En un crisol de porcelana a peso constante se colocó para la fracción soluble 0.2 g y para la bebida .5 mL de la bebida fermentada natural terminada. Después, la muestra fue carbonizada hasta no haber más desprendimiento de humo. Enseguida, fue calcinada en una mufla a 550 °C hasta obtener una muestra de color blanco o gris. Para ser pesada a peso constante. Finalmente, se calculó la cantidad de ceniza en porcentaje (AOAC 1980).

7.2.4 Determinación de extracto etéreo

Para la fracción soluble el método realizado fue por el método de extracción intermitente (AOAC 1980). En algodón bien envuelto fue colocado 0.2 g de muestra, Después, fue colocada en un cartucho de celulosa y posteriormente dentro de un extractor. Asimismo, en un matraz a peso constante se colocó acetona y se armó el sistema (matraz, extractor y un refrigerante) aplicando calor a través de resistencia eléctrica en el matraz. Se realizó la extracción durante aproximadamente 3 h. Se recuperó el disolvente en el extractor sin el cartucho hasta que el contenido del matraz fue consumido. El contenido de grasa se calculó por diferencia de peso del matraz, reportándolo en porcentaje.

Para la bebida fermentada natural fue utilizado el método de Gerber (1982). En un butirómetro se viertieron 10 mL de ácido sulfúrico enfriado de 15.5 a 21 °C. Después, se adiciona 11 mL de muestra a no más de 23.9 °C (lentamente para evitar la mezcla) y 1 mL de alcohol isoamilico. Posteriormente se inserta el tapón y se agita lentamente hasta obtener la mezcla completa. El butirómetro se centrifuga a 1000 rpm por 5 min. a una temperatura de 55 °C. Una vez centrifugado, se lee el porcentaje de grasa (AOAC 1980).

7.2.5 Determinación de fibra soluble

Para la determinación de fibra soluble de la fracción soluble y la bebida fermentada natural se realizó por el Método de la AOAC (1980). En 40 mL de buffer (pH 8.2) se mezcla con 1 g de muestra. Después es agregada α amilasa termoresistente. La mezcla se incuba por 15 min. a 95 °C. Al término de la incubación se enfría a 60 °C, se agrega proteasa, para ser incubada nuevamente por 30 min. a 30 °C. Esta última mezcla es filtrada. El residuo filtrado se lava con 10 mL de agua. El filtrado más los lavados con agua se utilizan para la determinación de la fibra soluble.

7.2.6 Determinación de extracto libre de nitrógeno

Para la fracción soluble y la bebida fermentada natural, el extracto libre de nitrógeno se obtuvo por diferencia del porcentaje de los demás constituyentes.

7.3 Obtención del suero de leche

La leche de vaca llevó un proceso de calentamiento de 27 °C. En seguida se agregaron 0.3 mL de cuajo (CUAMEX) en 2 L de leche bronca de vaca. Tuvo un reposo de 30 min. Finalmente, la cuajada fue separada para obtener el suero de leche.

7.4 Inóculo lácteo

Se utilizó un cultivo láctico liofilizado de la industria Lactoingredientes Raff, llamado Lyofast YAB 472 EC, cuyas características principales se muestran en la Tabla 5, que contiene cepas específicas de *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbruekii* ssp. *bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus* y *Bifidobacterium*. Las dos primeras son las encargadas de la producción controlada de ácido láctico para yogurt bebible. Las últimas dos son cepas de probióticos en una proporción 50/50, y por cada mililitro de la materia prima fermentada se obtendrán 1 millón de bacterias probióticas.

El inóculo recomendado es de 0.1 unidades de coagulación (UC) por litro de leche, en este caso fue de suero de leche. Un sobre de 10 UC está diseñado para la inoculación de 100 L de materia prima.

Tabla 5. Información del cultivo láctico liofilizado.

Actividad	Información
Nombre	Lyofast YAB 472 EC
Temperatura óptima de crecimiento	43°C
Capacidad de acidificación	pH 3.8
Producción urea	+
Aroma para yogurt	++
Formación de textura	3.5 ± 1 sec/g
Actividad proteolítica para queso	++

7.5 Fermentación del suero de leche

La fermentación se realizó en matraces Erlenmeyer de 125 mL con 50 mL de suero de leche, pasteurizado a 60 °C por 30 min. Se inoculó y se incubó a 43 °C por 6 horas.

Durante la fermentación se hicieron las siguientes pruebas:

7.5.1 Determinación de pH

Durante la fermentación del suero de leche se hizo la medición de forma precisa con un potenciómetro, previamente calibrado. El electrodo fue sumergido en la muestra obteniendo un número con escala del 1 al 14. Los valores fueron obtenidos mediante el promedio por duplicado.

7.5.2 Determinación de ácido láctico

Los gramos de ácido láctico se calcularon bajo los regímenes de la Norma Oficial Mexicana NOM-091-SSA1-1994. Bienes y Servicios. Leche Pasteurizada de Vaca. Disposiciones y Especificaciones Sanitarias. En 10 mL de suero fermentado fueron adicionadas 4 gotas del indicador fenolftaleína. La titulación se llevó a cabo con hidróxido de sodio 0.1N hasta la aparición de un color rosa tenue permanente. Una vez que se obtuvieron los mililitros utilizados en la titulación. El resultado fue expresado como g/L de ácido láctico en suero de leche. Los valores fueron obtenidos mediante el promedio por duplicado. Por último se realizó el siguiente cálculo.

$$\text{Acidez (g/L)} = \frac{V \times N \times 90}{M}$$

Donde:

V = ml de solución de NaOH 0,1 N, gastados en la titulación

N = normalidad de la solución de NaOH

M = volumen de la muestra en ml

7.5.3 Determinación de azúcares residuales

Se realizó por refractometría.

7.6 Evaluación sensorial

La evaluación sensorial de la bebida fermentada le fue realizado a un panel no entrenado de 50 personas. Se realizó una evaluación para determinar el grado de preferencia por parte de los panelistas. Los atributos evaluados fueron color, sabor y olor. Se empleó una escala hedónica del 1 al 5 que va desde me disgusta mucho a me gusta mucho (Tabla 6).

Tabla 6. Clasificación de la escala numérica para prueba hedónica.

Escala	Valor
Me gusta mucho	5
Me gusta poco	4
No me gusta ni me disgusta	3
Me disgusta poco	2
Me disgusta mucho	1

8 RESULTADOS

8.1 Obtención de harina integral y la fracción soluble del cuerpo fructífero de *Pleurotus ostreatus*

El rendimiento obtenido de 1 kg del cuerpo fructífero de *Pleurotus ostreatus* fresco es de 68.84 ± 1.75 g de harina integral deshidratada. En las Figuras 3, 4 y 5 se muestra el seguimiento que lleva el proceso de deshidratación del cuerpo fructífero de *Pleurotus ostreatus* para posteriormente extraer la fracción soluble. Asimismo, por cada 100 g de harina integral se obtuvo, en la metodología de López-Sánchez (2010), un rendimiento de 1.74 ± 0.09 g de la fracción soluble del cuerpo fructífero de *Pleurotus ostreatus* (Figura 6). Y con la optimización de la extracción de la fracción soluble de esta investigación se obtuvo 4.93 ± 0.04 g.

Una vez obtenida la fracción soluble del cuerpo fructífero de *Pleurotus ostreatus* le fue realizado un análisis químico proximal mostrado en la Tabla 7.



Figura 3. Cuerpo fructífero fresco de *Pleurotus ostreatus*. Figura 4. Cuerpo fructífero de *Pleurotus ostreatus* deshidratado. Figura 5. Harina integral del cuerpo fructífero de *Pleurotus ostreatus*.



Figura 6. Fracción soluble del cuerpo fructífero de *Pleurotus ostreatus*.

Tabla 7. Composición química proximal de la fracción soluble del cuerpo fructífero de *Pleurotus ostreatus*.

Componente	g en 100 g base húmeda	g en 100 g base seca
Humedad	3.6 ± 0.55	0
Proteína cruda	15.85 ± 3.33	16.44
Extracto libre de nitrógeno	60.03 *	62.27
Extracto etéreo	0.97 ± 0.17	1
Cenizas	1.29 ± 0.03	1.34
Fibra soluble	18.26± 0.02	18.95

*Obtenido por diferencia

Los valores fueron obtenidos mediante el promedio por duplicado

8.2 Obtención de suero de leche

Por cada litro de leche bronca de vaca se obtuvieron rendimientos del 85 % para el suero de leche y el 25 % para el queso. El suero de leche elaborado presentó un pH inicial de 6.60 ± 0.316 , definiéndolo como dulce (Figura 7). Además, una acidez titulable de 1.5 g/L y un 6.8 % del contenido de azúcares totales.



Figura 7. Suero de leche dulce

8.3 Fermentación láctica

8.3.1 Determinación de pH

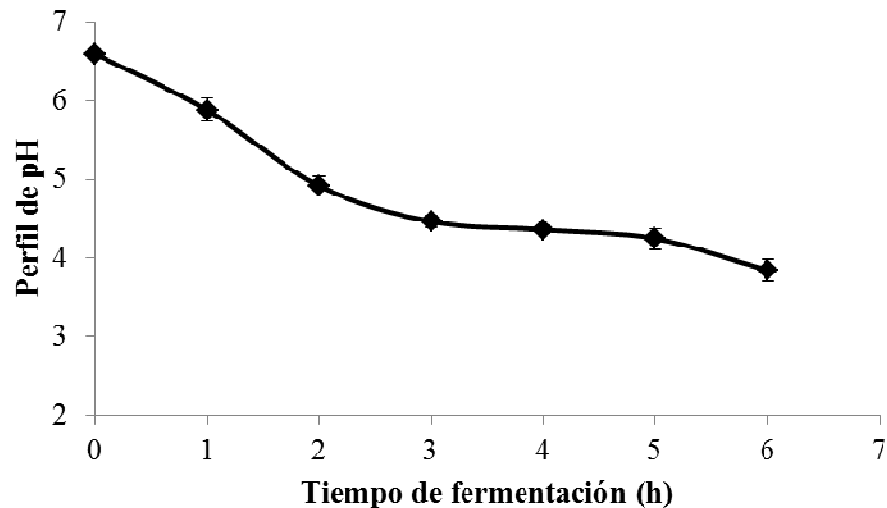


Figura 8. Perfil de pH durante la fermentación del suero de leche

El pH inicial del suero de leche pasteurizado para la realización de la fermentación fue de 6.60. Inmediatamente de la inoculación, el suero llevó un proceso de incubación, éste mostró un descenso desde los primeros 60 min. llegando a un pH de 5.8. Durante la segunda hora siguió una disminución constante obteniendo un valor de 4.91. El pH empezó a mantener una estabilidad alrededor de las 3, 4 y 5 horas, con un rango de 4.3, 4.3 y 4.2 respectivamente. Una hora más tarde, se registró un valor mínimo de 3.84, este valor reflejó la disminución de pH durante las 6 h. de fermentación del suero de leche a 43 °C. En la Figura 8 se muestra el perfil de pH durante 6 h. de fermentación del suero de leche.

8.3.2 Determinación de ácido láctico

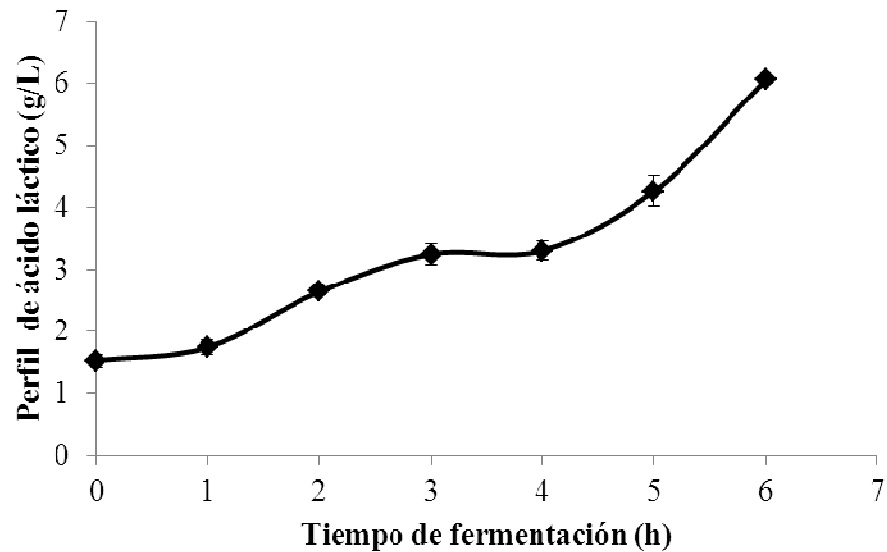


Figura 9. Producción de ácido láctico durante la fermentación del suero.

En la figura 9, se muestra un incremento notable de ácido láctico durante las 6 h. del proceso de fermentación. El ácido láctico inicial fue de 1.53 g/L. Sin embargo, durante los primeros 60 min. se obtuvo un incremento a 1.74 g/L. En el seguimiento de la fermentación, durante la segunda hora, se mostró un valor de 2.64 g/L incrementando el valor de su producción. A la tercera y cuarta hora reflejó un valor de 3.2 y 3.3 respectivamente, este valor se mantuvo durante una hora. Posteriormente, se siguió un registro de la producción de ácido láctico de 4.26 g/L durante 5 h. Así, el máximo valor registrado del incremento de ácido láctico fue a las 6 h. de la fermentación con 6.06 g/L.

8.3.3 Determinación de azúcares residuales

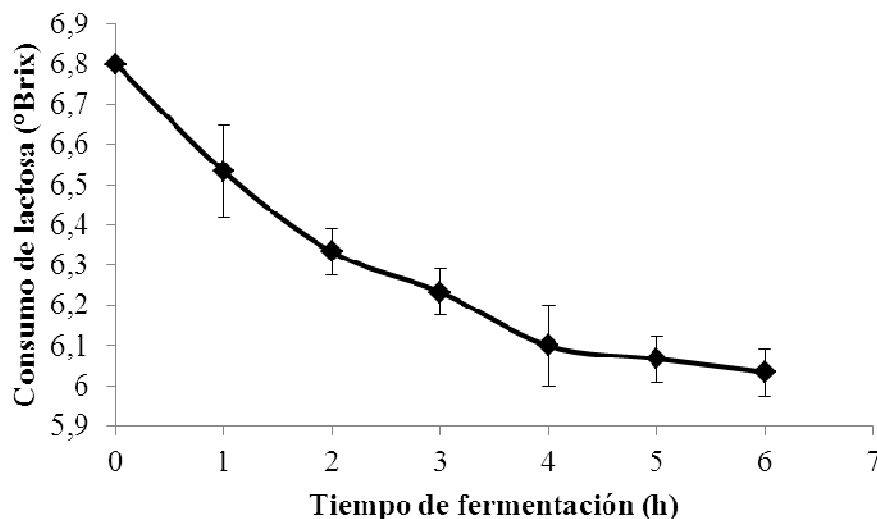


Figura 10. Determinación del consumo de azúcares residuales durante la fermentación del suero de leche.

La Figura 11 muestra el consumo de lactosa contenida en el suero de leche durante 6 h. de fermentación. El contenido de lactosa inicial de la fermentación fue de 6.8 %. En el transcurso de los primeros 60 min. de fermentación hubo una disminución a 6.5 %. Durante la segunda hora la disminución continua llegó a un 6.3 %. Asimismo, el seguimiento de la tercera hora tuvo un desenso a 6.2 %. Dentro de la cuarta y quinta hora se mantuvo con 6.1 %. La fermentación finalizó en un 6.0 % en 6 h. de fermentación a 43 °C.

8.3.4 Bebida fermentada natural terminada

Una vez elaborada la bebida fermentada obtuvo un pH de 4.54 (Figura 12). La bebida fermentada natural no contiene ningún sabor, es decir, solamente fue hecha de suero fermentado con la fracción soluble del cuerpo fructífero de *Pleurotus ostreatus*. A ésta, se le realizó un análisis químico proximal (Tabla 8). Sin embargo, para la prueba sensorial realizada le fue agregado sabor y un endulzante (azúcar). La bebida presentada para la evaluación sensorial fue de sabor guayaba. Asimismo considerando los costos de elaboración de la misma, se da un costo aproximado de \$ 7.00 pesos m.n para la bebida fermentada con sabor, en la presentación de 250ml.



Figura 11. Bebida fermentada a base de suero de leche y la fracción soluble del cuerpo fructífero de *Pleurotus ostreatus*.

Tabla 8. Composición química proximal de la bebida fermentada a base de suero de leche y la fracción soluble del cuerpo fructífero de *Pleurotus ostreatus*.

Componente	g en 100g base húmeda	g en 100g base seca
Humedad	91.21± 0.02	0
Proteína cruda	1.63 ± 0.10	18.54
Extracto libre de nitrógeno	5.79±0.05	65.88
Extracto etéreo	0.06± 0.04	0.68
Cenizas	0.91 ± 0.08	10.35
Fibra soluble	0.40± 0.02	4.55

Los valores fueron obtenidos mediante el promedio por duplicado

8.4 Prueba sensorial

A la bebida fermentada se le realizó una prueba sensorial para conocer su grado de aceptabilidad. Al 98 % de los panelistas les gustó el sabor de la bebida, puntuación de 5 en la escala hedónica, considerando un sentir de “Me gusta mucho”. Y sólo el 2 % reflejó un sentir de “No me gusta ni me disgusta”, con puntuación de 3. Asimismo, el atributo del color en la bebida obtuvo un 90 %, con una puntuación máxima de 5 en la escala, considerándolo en “Me gusta mucho”.

Un 4 % dijo “Me gusta poco”, con un valor de 4 en la escala hedónica. Y el 6 % de la muestra de panelistas, con un valor de 3 en la escala, la considero en “No me gusta ni me disgusta”. El olor, otra característica importante de la bebida, obtuvo un 94 % en “Me gusta mucho”, 2 % en “Me gusta poco” y el 4 % en “No me gusta ni me disgusta” con valores en la escala de 5, 4 y 3 respectivamente. Datos mostrados en la Tabla 9.

Tabla 9. Número de muestra durante la prueba sensorial de la bebida fermentada a base de suero de leche y la fracción soluble del cuerpo fructífero de *Pleurotus ostreatus*.

Valor	Escala	Sabor		Color		Olor	
		Núm de panelistas	%	Núm de panelistas	%	Núm de panelistas	%
5	Me gusta mucho	49	98	45	90	47	94
4	Me gusta poco	-	-	2	4	1	2
3	No me gusta ni e disgusta	1	2	3	6	2	4
2	Me disgusta poco	-	-	-	-	-	-
1	Me disgusta mucho	-	-	-	-	-	-

Asimismo, se realizó un promedio de los puntajes establecidos en la escala hedónica del sentir de los panelistas sobre los atributos de sabor olor y color de la bebida fermentada. Los promedios reflejan las diferencias existentes entre cada uno de ellos (Figura 13). El atributo del sabor obtuvo un promedio de 4.96, el atributo del olor fue de 4.9, finalizando con un 4.84 del color de la bebida fermentada. Todo lo anterior se basa en un puntaje máximo de 5 en la escala hedónica.

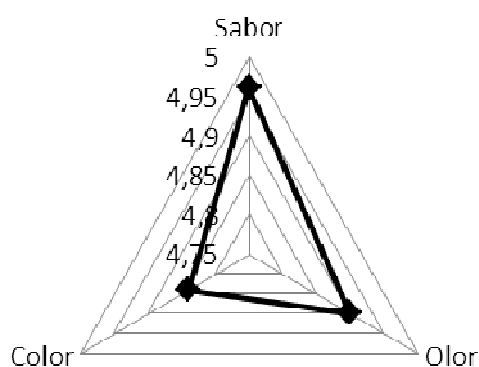


Figura 12. Promedio de los puntajes de la evaluación sensorial de la bebida fermentada a base de suero de leche y la fracción soluble del cuerpo fructífero de *Pleurotus ostreatus*.

8.5 Proceso de elaboración de una bebida fermentada a base de suero de leche y la fracción soluble del cuerpo fructífero de *Pleurotus ostreatus*.

8.5.1 Elaboración del suero de leche

1. 1 L de leche bronca de vaca se calienta a 27 °C.
2. Se agrega 0.150 mL de cuajo (CUAMEX) y se deja en reposo por 30 min.
3. En los primeros 15 min. la cuajada se corta en cuadros con una espátula.
4. A los 30 min, es separado el cuajo del suero de leche.
5. Finalmente se obtiene el suero de leche

8.5.2 Extracción de la fracción soluble del cuerpo fructífero de *Pleurotus ostreatus*

1. Deshidratar 2 kg del cuerpo fructífero de *Pleurotus ostreatus* a 58 °C, durante 24 h.
2. El cuerpo fructífero se pulveriza finamente.
3. Se pone en agitación una suspensión al 4 % de harina integral de *Pleurotus ostreatus* por 30 min.
4. La suspensión se pone a ebullición por 1 min.
5. A una temperatura de 55 °C se agrega 60 U/mL de amilasa, manteniendo la temperatura por 30 min. en baño maría.
6. La suspensión es centrifugada a 10 000 rpm, recuperando el sobrenadante.
7. Se agrega acetona hasta precipitar las proteínas del sobrenadante
8. El sobrenadante con acetona se centrifuga a 10 000 rpm por 5 min. recuperando el precipitado
9. El precipitado se deshidrata, pulveriza finamente y se almacena en refrigeración.

8.5.3 Preparación del inóculo

1. Se adquiere un sobre de cultivos lácticos Lyofast YAB 472 EC para fermentar 100 L de leche.
2. Se hace una proporción para fermentar .500 L de suero de leche.
3. La proporción a utilizar del cultivo láctico se deposita en un recipiente esteril con tapa.
4. Se agrega agua purificada en el recipiente y se deja hidratar por 30 min. para su posterior utilización.

8.5.4 Fermentación del suero de leche

1. Se pasteurizan 500 mL de suero de leche a 60 °C por 30 min.
2. Se deja enfriar hasta 43 °C para llevar a cabo la inoculación
3. El suero de leche es inoculado con el cultivo láctico previamente hidratado y se homogeniza.
4. Se deposita en un matraz para ser fermentado por 6 horas a 43 °C.
5. La fermentación se monitorea hasta obtener un pH de 3.8.

8.5.5 Preparación de la pulpa de guayaba

1. Se lavan y desinfectan 2 guayabas medianas.
2. Las 2 guayabas son cortadas en cuartos.
3. En agua en ebullición se escaldan de 3 a 5 min. (depende del grado de madurez de la fruta).
4. Después del tiempo de escaldado se pasa la fruta en agua fría
5. La pulpa es obtenida mediante un extractor.

8.5.6 Elaboración de una bebida fermentada a base de suero de leche y la fracción soluble del cuerpo fructífero de *Pleurotus ostreatus*.

1. A 250 mL de suero fermentado a pH aproximado de 3.8 se agregan 6.5 g de la fracción soluble del cuerpo fructífero de *Pleurotus ostreatus* y se homogeniza
2. Se agregan 10 g de azúcar
3. Se agregan la pulpa de dos guayabas
4. Se homogeniza hasta quedar una mezcla homogénea.

9. DISCUSIONES

La extracción de la fracción soluble del cuerpo fructífero de *Pleurotus ostreatus* mediante la metodología de López-Sánchez (2010) reflejó un rendimiento de 1.74 ± 0.09 g por cada 100 g de harina integral. Sin embargo en esta investigación, se llevó a cabo un proceso de optimización de extracción de la fracción soluble de la cual se obtuvo un rendimiento mayor con 4.93 ± 0.04 g de fracción soluble por cada 100 g de harina integral. Estos resultados son debido a la acción enzimática de la amilasa sobre el glucógeno (contenido en hongos) unido con otras sustancias en particular proteínas y lípidos. Así, la amilasa actúa sobre el glucógeno convirtiéndolo en moléculas diferentes como carbohidratos simples y liberando las proteínas asociadas.

El suero de leche empleado en la elaboración de la bebida fermentada fue de un pH de 6.60. Éste suero es considerado dulce, resultado de la elaboración del queso cheddar o panela (Ferrat 1980, Ghaly y cols. 1989 y Ben y cols. 1994). El suero dulce se reporta con un valor mayor a 5.8 (Inda 2000, Cuellas 2008). Esto es evidencia de la composición de la leche obtenida, así como el tratamiento al que fue sometida la cuajada para la obtención de algún tipo de queso (Alejo 2009).

En el análisis de pH, el suero utilizado en la elaboración de la bebida fermentada a base de suero de leche y la fracción soluble de *Pleurotus ostreatus* tuvo un 6.60 al inicio de la fermentación. Itara (2007) reportó en su bebida fermentada un pH similar de 6.6 a 6.8, al inicio de su fermentación. Además, Peña y Flórez (2001) registraron inicialmente un pH de 6.7, éste estuvo por arriba del utilizado en este estudio. Londoño y Marciales (1999) reportaron un pH de 6.47. Gómez y cols. (1999) obtuvieron datos entre 6.10 y 6.50 al inicio de su fermentación, éstos últimos tuvieron un valor menor a 6.6. La variación de estos pHs es por el tipo de proceso llevado a cabo para la elaboración de diferentes quesos. Asimismo, el pH presentado al final de la fermentación de esta investigación (después de 6 horas) fue de 3.84. Este resultado sugiere una producción de ácido por parte de las bacterias lácticas durante el tiempo de fermentación. Así, Itara (2007) reportó después de 24 h. de fermentación un pH entre 4.38 y 4.48. Un valor más alto del reportado en este estudio. El valor de Itara representa una menor producción de ácido láctico en comparación con el resultado obtenido en esta investigación. Es así como el pH es un factor importante que

puede afectar grandemente la calidad de un producto fermentado durante el proceso de fermentación (Athanasiadis y cols. 2004)

Asimismo, la acidez titulable es una medida de la cantidad de ácido láctico producido durante la fermentación. La acidez y el pH exhiben una correlación débil. Pero al iniciar la producción de ácido, la acidez aumenta proporcionalmente mientras que el pH disminuye (Walstra 1999). Esto se debe a la fermentación láctica propiciada por las bacterias lácticas presentes. La acidez titulable (después de 6 h. de fermentación) para esta investigación fue de 0.06 %. Klupsch (1984), reportó una acidez de 1.01 %, después de 18 h. de fermentación del kéfir. Itara (2007) en su bebida fermentada obtuvo una acidez de 0.33 % en 24 horas. Peña y Flórez (2001) registró 0.09 %. Así, Londoño y Marciales (1999) reportó un 0.1 % de acidez. Con todos los valores de las investigaciones anteriores indican un contenido mayor de ácido láctico producido durante su fermentación en comparación con la de esta investigación. Lo que ocurre durante esta fermentación es la transformación de la lactosa en ácido láctico, acción hecha por bacterias lácticas. El ácido láctico confiere ese sabor ligeramente ácido. Por tal razón, éste es un componente esencial en la mayoría de los productos lácteos fermentados. Según, Rasic y Kurmann (1978), la acidez de una bebida fermentada debe estar entre 0.85 y 0.95 % de ácido láctico. Sin embargo, Sepúlveda y cols. (2002) mencionan valores de 0.9 a 1.2 % de ácido láctico en el proceso de la elaboración del yogurt. No obstante se debe tener en cuenta que la acidez obtenida en el suero de leche tiende a ser menor, debido a que las proteínas de éste contienen menos aminoácidos que la caseína. Gran parte de la acidez desarrollada en la bebida se debe a la fermentación de la lactosa (Sepúlveda y cols. 2002).

También, cabe mencionar que el pH y acidez de una bebida fermentada están en función de las características del pH y a la acidez inicial de la materia prima, temperatura y el tiempo de incubación, así como de la cantidad y calidad del inóculo utilizado (Sepúlveda y cols. 2002). Si el pH inicial del suero de leche no es controlado se retrasa el crecimiento del microorganismo (Morales 1992). Abd y cols. (1991) reiteran este efecto y lo hace extensivo al *Lactobacillus bulgaricus*, responsable directo del desarrollo de acidez (Tamine y Robinson 1991).

Asimismo, existen ya varios modelos que permiten una descripción adecuada de procesos de fermentación con lactosa como sustrato, como una vía sencilla de conversión en ácido láctico. Esto se asocia parcialmente con el crecimiento microbiano (Jakymec y cols. 2001). Durante la fermentación del suero de leche, el crecimiento de los microorganismos es notable en el aumento de la producción de ácido láctico y la disminución del pH. Ésta disminución de pH afecta a los microorganismos, deteniendo su crecimiento. Asimismo, el contenido inicial de lactosa no afecta la duración de la fermentación ni el crecimiento de los microorganismos (Jakymec y cols. 2001).

Por otro lado, los azúcares totales del suero de leche utilizado en esta investigación fuer de 6.8 %. Sepúlveda y cols. (2002) reportan un valor un poco más bajo de 6.63 % en las características generales del suero de queso fresco utilizado. Sin embargo, Arango y Restrepo (1994) superan el valor medio obtenidos en este estudio con 7 %. Estos resultados refejan finalmente los diferentes procesos por los que se ha obtenido el suero de leche durante la elaboración de diferentes quesos.

Además, Gutierrez (2006) reporta una disminución de azúcares de 0.6 % durante toda su fermentación. En esta investigación se reporta una disminución de azúcares de 0.76 % de la fermentación realizada. Los valores antes mencionados sugieren un mayor consumo de lactosa por la fermentación de esta investigación. Sin embargo, la disminución de azúcares también depende de los microorganismos utilizados en ambas investigaciones.

Las bebidas fermentadas poseen una gran aceptación social basada en su tradicional consumo como alimento saludable y en sus excelentes características sensoriales. Lo que junto a su riqueza nutricional convierte a estos alimentos en componentes ideales de una alimentación saludable y así candidatos por excelencia a la incorporación de microorganismos probióticos fundamentalmente de los géneros *Lactobacillus* y *Bifidobacterium*. El término leche fermentada incluye los productos lácteos obtenidos a partir de una tecnología equivalente a la fabricación del yogurt, pero que emplea para su elaboración microorganismos diferentes a *Lactobacillus delbruekii* ssp. *bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*. Éstos son los únicos aceptados para la elaboración del yogur (RD 179/2003).

En ésta investigación, fueron utilizados cuatro cepas de microorganismos dos aseguradores de una producción de ácido láctico y el olor, éstos fueron *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbruekii* ssp. *bulgaricus*. Además de las cepas de probióticos *Lactobacillus acidophilus* y *Bifidobacterium*. Comparada con otras investigaciones, Miranda y cols. (2007) reportó la utilización de *Lactobacillus acidophilus* y *Streptococcus thermophilus*. Ellos utilizaron estas dos cepas para la fermentación de su bebida y mantener un efecto probiótico en ésta. Asimismo, Krasnikova y cols. (1993) reportó en la elaboración de su bebida con *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei* y *bifidobacterias*. Ellos utilizaron sólo una de las cepas utilizadas en ésta investigación. La otra cepa fue *Lactobacillus casei*, ésta fue utilizada también por Londoño y cols. (2008). Sin embargo, no mencionan la disponibilidad existente para su utilización de la cepa o si se necesitó de algún permiso para utilizarla. Asimismo, Gutiérrez (2006), elaboró una bebida de suero. La bebida fue fermentada con los cultivos *Lactobacillus helveticus* y *Streptococcus salivarius*, cepas diferentes a las utilizadas en esta investigación. Además, la bebida fue adicionada con cultivos probióticos *Lactobacillus paracasei* subsp. *Paracasei*.

El contenido de proteína en el suero de leche es de 5-7 g/L. Sin embargo, el contenido de proteína de la bebida fermentada a base de suero elaborada en esta investigación presenta un contenido mayor. Obteniendo valores a más del doble. Esto es consecuencia de la adición de la fracción soluble del cuerpo fructífero de *Pleurotus ostreatus*. El contenido de proteína en la bebida fermentada final se obtuvo 16.3 g/L.

Miranda (2007), reporta un contenido de proteína de 1.27 % en su bebida, considerándolo como un muy buen porcentaje para su producto. Asimismo, Mónico y cols. (2006), obtiene un 1.43 % de proteína. Pero finalmente, el contenido de proteína de la bebida fermentada de esta investigación fue de 1.63 %, superando el valor de proteína de estas bebidas mencionadas anteriormente.

La bebida fermentada elaborada en esta investigación cuenta con un apartado muy importante e innovador de la adición de una fracción soluble obtenida del cuerpo fructífero *Pleurotus ostreatus*. Por ello finalmente, la evaluación sensorial de la bebida fue importante para conocer el grado de aceptabilidad por los panelistas. Un 98 % evaluó el sabor de la bebida fermentada en esta investigación como “Me gusta mucho”. Éste fue el punto mayor

en la escala con un puntaje de 5. Alejo (2009) reporta la misma escala para su bebida de “Me gusta mucho”. Ésto pone en claro el grado de aceptación de las bebidas elaboradas por los panelistas encuestados. Miranda y cols. (2007) después de la evaluación de las características de su bebida fermentada avala un producto de buena calidad e inocuo, aceptado por los consumidores.

El análisis de la bebida reportada por Londoño y cols. (2008) arrojó un nivel de aceptación bueno, obteniendo el calificativo de “Me gusta” y mantuvo esa aceptación durante el periodo de conservación de 21 días. La evaluación sensorial de la bebida realizada en esta investigación fue realizada únicamente al término de las 6 h. de fermentación. Miranda y cols. (2007) obtuvieron buenos resultados de la evaluación de las características organolépticas de la bebida fermentada permitiendo avalarla como un producto de sabor ligeramente ácido agradable al paladar con un coagulo viscoso. Además de tener características muy similares al yogur aromatizado. La puntuación otorgada por los jueces fue catalogada de “Muy buena”. Esta misma bebida tuvo una aceptación masiva en la población encuestada reportando una categoría de “Me gusta mucho”. Este último dato coincide con el reportado en esta investigación, agradando completamente a los panelistas encuestados. Los resultados encontrados después de las evaluaciones realizadas de las características de las bebidas todas coinciden en avalar un producto de excelente calidad nutricional y sensorial.

Finalmente, el costo de la bebida elaborada en esta investigación es de aproximadamente \$ 7.00 pesos m.n. Sin embargo, Albar y cols. (1993) ofrece su bebida elaborada base de suero y proteínas de amaranto a \$ 1.30 m.n. en presentación de 250ml. Y en presentación de un litro su costo es de \$ 2.80 m.n. El costo de la bebida fermentada a base de suero y la fracción soluble del cuerpo fructífero de *Pleurotus ostreatus* eleva su costo por el contenido de la fracción que le es adicionada. Esto es consecuencia de la baja cantidad en rendimiento obtenido de la extracción de la fracción soluble. Sin embargo, se pudo considerar la opción de disminuir más el costo de la bebida fermentada elaborándola a nivel industrial. A pesar de esto, el costo se considera accesible en comparación con las bebidas encontradas en el mercado actualmente.

10. CONCLUSIONES

- 1 En este estudio se cumplió con el objetivo principal el cual fue establecer el proceso de elaboración de una bebida fermentada a base de suero de leche y la fracción soluble del cuerpo fructífero de *Pleurotus ostreatus*.
- 2 Fue establecido el proceso para optimizar la extracción de la fracción soluble del cuerpo fructífero de *Pleurotus ostreatus*.
- 3 También, fue establecido proceso y tiempo de la fermentación del suero de leche con el cultivo láctico liofilizado con las cepas *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbruekii* ssp. *bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus* y *Bifidobacterium*.
- 4 Se logró incrementar el contenido de proteína en el suero de leche fermentado con la adición de la fracción soluble del cuerpo fructífero de *Pleurotus ostreatus*.
- 5 El 98 % de los panelistas catalogó en “Me gusta mucho” el sabor de la bebida fermentada a base de suero de leche y la fracción soluble del cuerpo fructífero de *Pleurotus ostreatus*.
- 6 El 90 % de los panelistas catalogó en “Me gusta mucho” el color de la bebida fermentada fermentada a base de suero de leche y la fracción soluble del cuerpo fructífero de *Pleurotus ostreatus*.
- 7 El 94 % de los panelistas catalogó en “Me gusta mucho” el olor de la bebida a base de suero de leche y la fracción soluble del cuerpo fructífero de *Pleurotus ostreatus*.

11. PERSPECTIVAS

- 1 Implementar el sistema de análisis de peligros y de puntos críticos de control (HACCP) durante el proceso de elaboración de la bebida fermentada para elaborarla a nivel industrial.
- 2 Comparar esta bebida fermentada con otras similares disponibles en el mercado para evaluar su aceptabilidad en el mercado.
- 3 Realizar un análisis microbiológico de la bebida fermentada para saber la vida de anaquel.
- 4 Proponer esta bebida fermentada como una opción para los desayunos escolares fríos brindados por el Desarrollo Integral de la Familia (DIF).

12. BILIOGRAFÍA

- A.O.A.C, 1980. Official Methods of Analysis, 13 th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington D.C. pp376-384.
- AOAC. 1998. CUNNIFF P. Official methods of analysis of AOAC International. Método Refractométrico según el Método 983. 16 ed. Gaithersburg.
- Abd-el salam et al. Preparation of whey protein concentrated from salted whey and its use in yoghurt. Journal of Dairy Research. No 1001(1991) pp503-510.
- Alais C. 1991. Principios de técnica lechera. Ciencia de la leche. Composición y propiedades de la leche. Modificaciones que experimentan sus componentes principales. Editorial continental. pp39-52.
- Albar Nava FJ, Calderon Berruecos Z, Linares Mejía L, Pérez Sánchez R, Resendia González N, Robles López Z y Salazar Reyes R. 1993. Estudios de la prefactibilidad para la elaboración de una bebida proteica a base de suero de leche y aislado proteico de maranto. Proyecto de selección de tecnología. Universidad Autonoma Metropolitana.
- Alcona MK, Flores NA, Pech MV y Rejon AM. 2009. Caracterización de los agentes comerciales: Supermercados y restaurantes, en la dinámica del mercado de las setas *Pleurotus ostreatus* en Mérida, Yucatán, México. Revista Mexicana de Agronegocios 25:68-79.
- Alejo Batista Y. 2009. Desarrollo de una bebida de lactosuero fermentada dietética con la adición de aspartame y avena. Tesis de licenciatura en Ciencias Ambientales. Universidad de la Habana Instituto de farmacia y alimentos.
- Athanasiadis I, Paraskevopoulou A, Blekas G. and Kiosseoglu V. 2004. Development of novel whey beverage by fermentation with kefir granules. Effect of various treatments. Biotech. Prog. 20:1091-1095.

- Axelsson L. 1998. Lactic acid bacteria: Classification and Physiology. In *Lactic acid bacteria*. Microbiology and functional aspects. Wright, S. S. a. A. v. ed. Marcel Dekker Inc. New York. pp1-72.
- Arango J y Restrepo A. 1994. Elaboración de una bebida refrescante a partir de suero lácteo y extractos cítricos. Medellín. Trabajo de grado (Ingenieros de Alimentos). Corporación Universitaria La Sallista. Facultad de Alimentos.
- Barnes L. 1994. Manual en nutrición en pediatría. 3ª Edición- Comité de Nutrición de la Academia Americana en Pediatría. Editorial Médica Panamericana. Buenos Aires, argentina.
- Barba de la Rosa A, Paredes-López O y Gueguen J. 1992. Characterization of Amaranth globulins. *Journal of Agricultural Research* 8 (3):256-259.
- Badui-Dergal S. 2006. Química de los alimentos. Editorial Alhambra Mexicana. México.
- Bautista M, Alanís G, González E, L Carlos, Martínez G y Barboza E. 1999. Calidad proteínica de tres cepas mexicanas de setas (*Pleurotus ostreatus*). *Sociedad Latinoamericana de Nutrición*. 49:(1).
- Ben-Hassan RM y Ghaly AE. 1994. Continuous Propagation of *Kluyveromyces fragilis* Cheese Whey for Pollution Potential Reduction. *Appl Biochem Biotechnol*. 47:89-105.
- Benavides MA y Quicazán de Cuenca MC. 2009. Valoración de diferentes indicadores de la fermentación de bebida de soya y de leche de vaca utilizando cultivos probióticos. *Brazilian Journal of Food Technology*. pp1-7.
- Bermúdez Savón RC, Morris Quevedo H, Donoso Fernández C, Martínez Manrique CE y Ramos Sevilla EI. 2003. Influencia de la luz en la calidad proteica de *Pleurotus ostreatus* Var. Florida. *Rev. Cubana Invest Biomed*. 22(4):226-31.
- Bohinski CR. 1991. Bioquímica. Quinta Edición. Ed. Addison-Wesley. Pearson.
- Ciappini MC, Gatti B y López Zamora ML. 2004. *Pleurotus ostreatus*, una opción en el menú. Estudio sobre las Gírgolas en la dieta diaria. *Invenio*. 7: (012) pp127-132.

- Cisterna Lagos CD. 2002. Cultivo del champiñón ostra en Chile. Micotec, Ltda Editores.
www.micotec.cl
- Condor GR, Meza CV y Ludueña UF. 2000. Obtención de una bebida fermentada a partir de suero de queso utilizando células inmovilizadas de *Kluyveromyces fragilis*. Anales científicos UNALM. Enero-Marzo. Vol XLII
- Cristiani-Urbina E, Netzahuatl-Muñoz AR, Manriquez-Rojas FJ, Juárez-Ramírez C, Ruiz-Ordaz N y Galindez-Mayer J. 2000. Batch and fed-batch cultures for the treatment of whey with mixed yeast cultures. Process Biochemistry 35 (7):649-657.
- Cardona Urrea LF. 2001. Anotaciones acerca de la bromatología y el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*. Crónica forestal y del medio ambiente. Núm 16.
- Cuellas A. 2008. Aprovechamiento industrial del suero de quesería. Obtención de una bebida energizante a partir del efluente. Tecnología Láctea Latinoamericana. 49: pp56-58.
- Endara Figueroa F.A. 2002. Elaboración de una bebida a partir del suero de queso y leche descremada con sabor a mango. Tesis de licenciatura. Honduras.
- Fennema Owen R. 2000. Química de los alimentos. Capítulo de aminoácidos, péptidos y proteínas. 2da Edición.
- Ferrat A. 1980. Como valorizar el subproducto de fábricas de quesos, o "Lactosuero" *Boletín de leite* 618:32-38.
- Frioni L. 1999. Procesos microbianos. Tomo I y II. Edición de la fundación de la Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba. pp282 y 286.
- García Garibay M, Quintero Ramírez R y López Munguía A. 1993. Biotecnología alimentaria. Em: Transformación y producción de alimentos: Productos lácteos. Editorial Limusa S.A de C.V. México DF. pp196-198.

- Garzón Gómez JP y Cuervo Andrade JL. 2008. Producción de *Pleurotus ostreatus* sobre residuos sólidos lignocelulósicos de diferente procedencia. NOVA Publicación Científica en Ciencias Biomedicas. 6:(10).
- Ghaly AE, Singh RK. 1989. Pollution potencial reduction of cheese whey through yeast fermentation. *Appl Biochem Biotechnol* 22:181-203.
- Gómez R, González GH, Mejía AI y Ramírez A. 1999. Proceso biotecnológico para la obtención de una bebida refrescante y nutritiva. *Interciencia* 24(2):205-210.
- Gorinstein S, de Nue I and Arruda P. 1991. Alcohol soluble and total proteins from Amaranth seed and their comparison with others cereals. *Journal of Agriculture and food chemistry*. 39:851-854.
- Guzmán G, Mata G, Salmones D, Soto-Velasco C y Guzmán-Dávalos L. 1993. El cultivo de hongos comestibles. México D.F: IPN, pp1-13.
- Guzmán G. 1994. Fungi in tradicional medicine in Mesoamerica and México. *Revista Iberoamericana de Micología* 11(3):81-85.
- Grotiuz G y Varela G. 2006. Capítulo de libro publicado: Temas de bacteriología y virología. Capítulo 3 Fisiología y Metabolismo Bacteriano. Oficina del libro FEFMUR, Montevideo. Vol. 1,2 pp43-57.
- Gunde N y Cimerman A. 1995. *Pleurotus* fruiting bodies contain the inhibitor of 3 hidroxy - 3 methyl – glutaryl - coenzima a reductasa-lovastatin. *Experimental Mycology* 1:1-6.
- Gutiérrez Front E. 2006. Desarrollo de una bebida de suero dulce derivado de la fabricación de queso fresco, fermentada con cultivos *Lactobacillus helveticus* y *Streptococcus salivarius* var *thermophilus* (TCC-20), adicionada con cultivos probióticos *Lactobacillus paracasei* subsp. *paracasei* LC-01. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Agroalimentarias. Universidad de Costa Rica.
- Hernández-Jardon G. 2007. Proteínas de chíá (*Salvia hispánica*): Estudio para valorar sus propiedades como formadoras de películas. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México.

- Hernández Magadan A. 2007. Aislamiento, caracterización y detección precoz de bacteriófagos de *Streptococcus thermophilus* en la industria láctea. Tesis de doctorado en el departamento de biología funcional. Universidad de Oviedo.
- Herrera T y Ulloa M. 1998. El Reino de los Hongos. México: UNAM, Fondo de Cultura Económica. pp426-430.
- Inda A. 2001. Manejo y usos del lactosuero de quesería. Zamorano. p35.
- Inda Cuningham AE. 2000. Optimización del rendimiento y aprovechamiento en la industria de quesería. Capítulo IV: Opciones para darle valor agregado al suero de quesería. OEA, México.
- Itara Rodríguez LO. 2007. Elaboración de una bebida fermentada a partir de un suero ácido y leche. Tesis de maestría, Universidad de Puerto Rico Recinto Universitario de Mayagüez.
- Kapich AN y Shishkina LN. 1992. Antioxidants properties of wood destroying basidiomycetes. Mikologiya Fitopatologiya, 26(6):486-492.
- Kempka AP, Krüger RL, Valduga E y Di Luccio M. 2007. Formulación de una bebida sabor durazno usando sustratos alternativos con cultivos probióticos. Ciencia y Tecnología alimentaria, Campinas 28(Supl.):170-177.
- Krasnikova L, Salakova I, Vasilinko G y Litvinova I. 1993. Composition and production method of the beverages. Avitsenna. USSR. Patent. U.1787414.
- Klupsch HJ. 1984. Product improvement exemplified by kefir. Dtsch. Molkerei Zeitung 105:446.
- Lehninger A. (2006). Principles of Biochemistry. 4^a Edition. Worth Publishers
- Londoño Uribe M.M y Sepúlveda Valencia J.U. 2008. Bebida fermentada de suero de queso fresco inoculada con *Lactobacillus casei*. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias de Medellín 61(1):4409-4421.

- Londoño Ospina M. 2006. Aprovechamiento del suero ácido de queso doble crema para la elaboración de quesillo utilizando tres métodos de complementación de acidez con tres ácidos orgánicos. Perspectiva en nutrición humana. Universidad de Antioquia. pp11-20.
- Londoño MM. y Marciales BN. 1999. Viabilidad del cultivo láctico en la elaboración de una bebida fermentada utilizando suero de queso fresco. Tesis Especialización en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia. Medellín.
- López-Sánchez J. 2010. Evaluación de las propiedades funcionales de las fracciones proteicas del cuerpo fructífero de *Pleurotus ostratus*. Tesis Maestría en Ciencias Biológicas, UAT.
- López-Rodríguez C, Hernandez-Corredor R, Suárez-Franco C y BorreroM. 2008. Evaluación del crecimiento y producción de *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales del departamento de Cundinamarca. Iniversitas scientiarum. Pontificia Universidad Javeriana Bogotá. 13 (2) pp128-137.
- Mandeel Q, Al-Lath A y Mohamed S. 2005. Cultivation of oyster mushroom (*Pleurotus* spp.) on various lignocellulosic wastes. World Journal of Microbiology & Biotechnology 21:601-607.
- Martínez N y Añón C. 1996. Composition and structural characterization of Amaranth Protein isolates. An electrophoretic and calorimetric study. Journal of agricultural and food chemistry. 44(9) pp2523-2530.
- Mataix Verdú J. 2002. Nutrición y alimentación humana. 1^{ra} edición. Editorial Oceano Ergon
- Mäyrä-Mäkinen A and Bigret M. 1998. Industrial use and production of lactic acid bacteria. In: *Lactic acid bacteria. Microbiology and functional aspects*. A. Von Wright, S. Salminen (eds.) 2nd edition, revised and expanded, Marcel Dekker Inc. New York. pp73–102.

- Mendoza Xochipa J. 2011. Evaluación de la digestibilidad *in vitro* de las fracciones proteicas del cuerpo fructífero de *Pleurotus ostreatus*. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Tlaxcala.
- Mínguez González A. 2009. Setas medicinales. Comestibilidad de las setas medicinales y efectos de las no comestibles. Ellago ediciones. p14.
- Michel Aceves AC, Otero Sánchez MA, Díaz Castro E, Aríza Flores R y Barrios Ayala A. 2010. Producción de hongos comestibles *Pleurotus spp.* Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero e Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Campo Experimental Iguala.
- Miles PG y Shu-Ting CH. 1997. Biología de las setas. Fundamentos básicos y acontecimientos actuales. Hong Kong. World Scientific. p133.
- Miranda Miranda O, Fonseca PL, Ponce I, Cedeño C, Sam Rivero L y Vázquez M. 2007. Elaboración de una bebida fermentada a partir del suero de queso, características distintivas y control de calidad. Revista Cubana de Alimentación y Nutrición. 17 (2):103-108
- Miranda Miranda O, Ponce Palma I, Fonseca Palma PL, Cutiño M, Díaz Lara RM y Cedeño Agramonte C. 2009. Características físico-químicas de sueros de queso dulce y ácido producido en el combinado de quesos de bayamo. Revista Cubana de Alimentación y Nutrición. 19 (1):21-25.
- Mónico Pifarré A, Martín O, Portela ML, Langini S, Weisstaub A, Greco C y Ronayne de Ferrer P. 2006. Aceptabilidad y calidad nutricional de una bebida a base de zumo de naranja y suero de leche conservado con calor o campos eléctricos pulsados de alta intensidad. Archivos latinoamericanos de nutrición. 56 (4) pp356-360.
- Morales Nava. 1992. El suero de quesería en la industria alimentaria. *En*: Alimentación: Equipos y Tecnología. Vol.28.
- Myers C. 1988. Functional attributes of protein isolates In: Characterization of proteins. The human Press Inc. Clifton, New Jersey. pp491-546.

- Norma Oficial Mexicana NOM-091-SSA1-1994. Bienes y Servicios. Leche Pasteurizada de Vaca. Disposiciones y Especificaciones Sanitarias.
- Onwulata CI, Konstance RP, Tomasula PM. 2003. Minimizing variations in functionality of whey protein concentrates from different sources. *American Dairy Science Association*. 87:749-756.
- Okuda T, Yoshioka Y, Ikekawa T, Chiara G y Nishioka K. 1972. Anticomplementary activity of antitumor polysaccharides. *Nature* 238 (80):59-60.
- Olivos B. 2005. Estudio de las propiedades térmicas, funcionales y nutritivas de la fracción proteínica de la semilla de Chía (*Salvia hispanica*) Tesis de licenciatura, UNAM. México D.F.
- PROFECO. Revista del consumidor en línea. www.profeco.com.mx.
www.profeco.gob.mx/revista/pdf/estudios/htm.
- Peña CM. y Flórez IE. 2001. Utilización del lactosuero de queso fresco en la elaboración de una bebida fermentada, con adición de pulpa de maracuyá (*Passifloras edulis*) y diferentes mezclas de carboximetilcelulosa (CMC), enriquecida con vitaminas A y D. Trabajo de grado. Ingeniería Agrícola y de Alimentos. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia, Medellín.
- Rasic Jeremija Lj. and Kurmann JA. 1978. *Yoghurt*. Staempfli, Belgrado. p427.
- RD 179/2003. Real Decreto de 14 de febrero de 2003 por el que se aprueba la Norma de Calidad para el yogur o yoghourt. *BOE* 42(18/2/03):6448-6450.
- Revillion JP, Brandelli A, Zachia Ayub MA. 2003. Production of yeast extract from whey using *Kluyveromyces marxianus*. *Brazil. Arch. Biol. Technol* 46 (1),1-12.
- Romero AM, Rodríguez GA y Pérez MR. 2010. *Pleurotus ostreatus*. Importancia y tecnología de cultivo. <http://www.bibliociencias.cu/gsd/collect/revistas/index/assoc/HASH9944/72cca056.dir/doc.pdf>.

- Rubio L. 1990. La industria alimentaria en la economía de hoy. Cuadernos de nutrición. 13(6).
- Salazar-Alzate BC, Montoya Campuzano OI y Sepúlveda Valencia JU. 2005. Viabilidad de un aislado nativo de *Lactobacillus brevis* en una bebida láctea Fermentada. 55(4).
- Salazar Alzate BC, Montoya Campuzano OI, Sepúlveda Valencia JU. 2006. Variabilidad de un aislado nativo de *Lactobacillus brevis* en una bebida láctea fermentada. Laboratorio de Microbiología y la Planta de lácteos de la Universidad Nacional de Colombia. pp1-6.
- Sales-Campos FA, Teixeira M y Nogueira C. 2009. Mineral composition of raw material, substrate and fruiting bodies of *Pleurotus ostreatus*. *Interciencia* 36:432-436.
- Salminen S. 1996. Functional dairy foods with *Lactobacillus* strain GG. *Nutr. Rev.*54:99–101.
- Schleifer KH, Ehrmann M, Beimfohr C, Brockmann E, Ludwig W y Amann R. 1995. Application of molecular methods for the classification and identification of lactic acid bacteria. *Int. J. Dairy Res* 5:1081–94.
- SAGARPA. 2011. Boletín de leche. Servicio de alimentación agroalimentaria y pesquera.
- Sepúlveda Valencia JU, Flórez Flórez LE y Peña Álvarez CM. 2002. Utilización de lactosuero de queso fresco en la elaboración de una bebida fermentada con adición de pulpa maracuyá (*Passiflora edulis*) variedad púrpura y carbóximetil celulosa (CMC), enriquecida con vitaminas A y D. *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín.* 55:(2) pp1633-1674.
- Sierra-Fernández JL, López Díaz MT y García-Garabal AEJ. 2002. Setas Cultivadas. Sociedad Micológica Leonesa “San Jorge”.
- Soriano-Santos J y Córdoba-Salgado MA. 1994. Influencia de parámetros fisico-químicos en la solubilidad del nitrógeno de semilla de amaranto. *Tecnol. Aliment. (Méx.)*. 29 (3-4), pp17-27.

- Soto-Velazco C, Serratos JC, Ruiz López M y García P. 2005. Análisis proximal de aminoácidos de los residuos de cosecha del hongo *Pleurotus ssp.* Revista Mexicana de Micología. 021 pp49-53.
- Speer, E. 1998. Milk and dairy product technology. New York: Marcel Dekker.
- Steijns J. 2001. Milk ingredients as nutraceuticals. International Journal of dairy technology 54(3).
- Tamime AY. 2002. Fermented milks: a historical food with modern applications- a review. Eur. J. Clin. Nutr. 56 Suppl 4:S2-S15.
- Tamine A. y Robinson RK. 1991. Yogur ciencia y tecnología. Zaragoza España: Acribia pp22-34.
- Trigos A, Hernández R, Sobal M, Morales P y Robinson V. 1996. Ergosterol content in fruit bodies from *Pleurotus ostreatus* cultivated in the presence of sodium acetate. México. Micología Neotropical Aplicada 9:129-132.
- Tojo Sierra R, Leis Trabazo R, Barros Velázquez J y Prado Rodríguez M. 2006. Productos lácteos fermentados. An Pediatr, Monogr. 4 (1):54-56.
- Valencia Denicia E y Ramírez Castillo ML. 2009. La industria de la leche y la contaminación del agua. Elementos. 73:27-31.
- Walstra P, Geurts TJ, Noomen A, Jellema A and Van Boekel MAJS. 1999. Dairy Technology: Principles of Milk Properties and Processes. Marcell Dekker. Inc. New York.
- Williams AM, Fryer JL y Collins MD. 1990. *Lactococcus piscium* sp. nov. a new *Lactococcus* species from salmonid fish. FEMS Microbiol. Lett. 68:109-14.
- Jakymec M, Morán H, Páez G, Ferrer JR, Mármol Z y Ramones E. 2001. Cinética de la producción de ácido láctico por fermentación sumergida con lactosuero como sustrato. Revista científica FCV-LUZ. Vol XI Núm 1. pp 53-59.

- Yoshioka YM, Emori T, Ikekawa y Fakuoka F. 1975. Isolation, purification, and structure of components from acidic polysaccharides of *Pleurotus ostreatus* (Fr.) Qhel. Carbohydrate Press 43: 305-320.
- Zadow J. 1984. Lactose: Properties and uses. J. Dairy Science. 67:2655-2679.
- Zamora Rodríguez L.M. 2003. Aislamiento, Identificación y conservación de cultivos de bacterias lácticas antagonistas de microbiota contaminante de sangre de matadero. Tesis de doctorado. Universitat de Girona.
- Zumbado-Rivera. 2006. Selección de una levadura para la producción de biomasa: Crecimiento en suero de queso. Agronomía Mesoamericana 17(2):151-160.

13. PUBLICACIONES

COLEGIO MEXICANO DE INGENIEROS BIOQUÍMICOS, A.C.
 EXTIENDE LA PRESENTE

BTN11515VE20091211



Constancia

A:

Ivette González Palma; Gerardo Díaz Godínez; Carmen Sánchez Hernández; Rubén Díaz Godínez; Blanca Rosa Rodríguez Pastrana; Jorge Soriano Santos

POR SU VALIOSA PARTICIPACIÓN EN LA EXPOSICIÓN DEL TRABAJO LIBRE

ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA A BASE DE SUERO DE LECHE Y PROTEÍNAS DEL CUERPO FRUCTÍFERO DE *Pleurotus ostreatus*

VI CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA BIOQUÍMICA
 INTERNATIONAL CONGRESS OF BIOCHEMICAL ENGINEERING

VIII JORNADAS CIENTÍFICAS DE BIOMEDICINA Y BIOTECNOLOGÍA MOLECULAR
 BIOMEDICINE AND MOLECULAR BIOTECHNOLOGY SCIENTIFIC MEETING

Acapulco, Gro. / México
 Del 24 al 26 de Marzo del 2010

Raúl Chávez Alvircio
 Presidente del C.M.I.B.Q., A.C.

Mario Alberto Rodríguez Casas
 Presidente Honorario



XVII Congreso Nacional de Ingeniería Bioquímica
VI Congreso Internacional de Ingeniería Bioquímica
VIII Jornadas Científicas de Biomedicina y Biotecnología Molecular

ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA A BASE DE SUERO DE LECHE Y PROTEÍNAS DEL CUERPO FRUCTÍFERO DE *Pleurotus ostreatus*

Ivette González Palma^{1,2}, Jorge Soriano³, Blanca R. Rodríguez⁴, Rubén Díaz¹, Carmen Sánchez¹, Gerardo Díaz Godínez¹. Centro de Investigación en Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Tlaxcala, Km 10. 5 Aut. Tlaxcala-Textmelucan, Ixtacuixtla Tlaxcala. México. Tel/Fax +52 2484815482, email: diazgd@hotmail.com
²Maestría en Ciencias Biológicas, ³Departamento de Biotecnología, UAMI, D.F., ⁴ICAP Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

INTRODUCCIÓN

El suero es un subproducto de la industria lechera que se obtiene en grandes cantidades mediante la precipitación y remoción de la caseína de la leche durante la elaboración del queso (Siso, 1996). El suero representa un problema ambiental muy importante, esto se debe a su alto contenido de materia orgánica y su alta demanda de oxígeno biológico (Ben-Hassan and Ghaly, 1994). Por otro lado Bautista y cols. (1999), determinaron la composición química de tres cepas mexicanas de *Pleurotus ostreatus* teniendo por cada 100g en peso seco valores de proteína de 24.64 - 28.50 %. Un estudio reciente de López - Sánchez (2009), dio a conocer un aislado de cuatro fracciones proteicas lo que sugiere que estas sustancias pueden ser utilizadas en elaboración de alimentos, explotando sus propiedades funcionales como son: espumado, retención de agua, emulsificación. (Soriano-Santos 1993). Por todo lo anterior nuestro objetivo es elaborar una bebida tipo leche con proteínas de origen fúngico.

MATERIALES Y MÉTODOS

La obtención de las fracciones proteicas del cuerpo fructífero de *Pleurotus ostreatus* se llevó a cabo con base a la metodología descrita por López - Sánchez (2009). Asimismo la bebida se elaboró con la fracción proteica más soluble llamada prolamina. Ésta fracción proteica fue mezclada en suero de leche líquido con grasa vegetal, hasta observar una mezcla de una sola fase, se hizo uso de otros aditivos como saborizantes y edulcorantes.

RESULTADOS

Al finalizar el proceso se obtuvo una bebida estable a base de suero de leche y proteína de *Pleurotus ostreatus*, La concentración de proteína contenida en la bebida es similar a la de la leche, considerándose de buena calidad para este tipo de producto. La bebida es de sabor ligeramente dulce agradable al paladar, ésta mantiene un pH de 6.5 después de la elaboración.

DISCUSIÓN

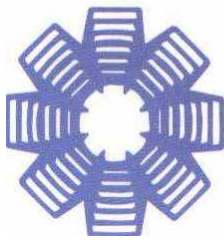
Los resultados obtenidos en éste trabajo demuestran que es factible la elaboración de una bebida teniendo como materia prima el suero, subproducto de la elaboración de queso que además es desechado por las industrias queseras. Por otro lado el aprovechamiento del cuerpo fructífero de *Pleurotus ostreatus*, un alimento de origen fúngico que demanda gran cantidad de proteína de buena calidad. La bebida elaborada se distingue por las características intrínsecas y de estabilidad. Se sugiere realizar un estudio de seguridad alimentaria.

CONCLUSIONES

En este estudio se cumplió con el objetivo principal el cual era elaborar una bebida a base de suero líquido y proteína de *Pleurotus ostreatus* con el propósito de determinar la evaluación de las características de la bebida.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1.-Siso, M. I. G. (1996): The biotechnological utilization of cheese whey. *Bioresour Technol.* 57, 1- 11.
- 2.-Ben - Hassan, R. M.; Ghaly, A. E. (1994): Continuous propagation of *Kluyveromyces fragilis* I cheese whey for pollution potential production. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 47,89 - 105.
- 3.- Soriano-Santos J. (1993): Caracterización parcial de un concentrado proteínico del grano de Amaranto. *Ciencia.* Vol. 44 Núm. 4.
- 4.-Bautista M, Alanís G, González E., L. Carlos., Martínez G., Barboza E. (1999): Calidad proteínica de tres cepas mexicanas de setas (*Pleurotus ostratus*). *Sociedad Latinoamericana de Nutrición.* Volumen 49, Número 1.
- 5.- López - Sánchez J. (2009): Evaluación de las propiedades funcionales del cuerpo fructífero de *Pleurotus ostreatus*. Universidad Autónoma de Tlaxcala. Tesis maestría.



SMBB

LA SOCIEDAD MEXICANA DE BIOTECNOLOGÍA
Y BIOINGENIERÍA, A.C. DELEGACION YUCATÁN

Otorga el presente

Reconocimiento



SMBB
DELEGACIÓN
YUCATÁN

Por la presentación del trabajo libre en modalidad ORAL

ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA FERMENTADA A BASE DE SUERO DE LECHE Y LA FRACCIÓN SOLUBLE DEL CUERPO FRUCTÍFERO DE *Pleurotus ostreatus*. *Ivette González-Palma, Jorge Soriano, Blanca R. Rodríguez, Rubén Díaz, Carmen Sánchez, Gerardo Díaz-Godínez.

V Congreso Regional de Biotecnología y Bioingeniería del Sureste
del 27 al 29 de octubre de 2010
Mérida Yucatán, a 29 de octubre de 2010.

PRESIDENTE SMBB Yucatán
Dr. Víctor M. Toledo López

SECRETARIO SMBB Nacional
Dr. Octavio Loera Corral



V CONGRESO REGIONAL DE BIOTECNOLOGÍA Y BIOINGENIERÍA DEL SURESTE MÉRIDA, YUCATÁN DEL 27 AL 29 DE OCTUBRE DEL 2010

ALI-10

ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA FERMENTADA A BASE DE SUERO DE LECHE Y LA FRACCIÓN SOLUBLE DEL CUERPO FRUCTÍFERO DE *Pleurotus ostreatus*

Ivette González-Palma^{1,2}, Jorge Soriano³, Blanca R. Rodríguez⁴, Rubén Díaz¹, Carmen Sánchez¹, Gerardo Díaz-Godínez¹.

¹Centro de Investigación en Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Tlaxcala, Km 10. 5 Aut. Tlaxcala-Texmelucan, Ixtacuixtla Tlaxcala. México. Tel/Fax +52 2484815482, email: diazgd@hotmail.com ²Maestría en Ciencias Biológicas, ³Departamento de Biotecnología, UAMI, D.F., ⁴ICAP Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

Palabras clave: Fermentación láctica, bacteria láctica, suero de leche.

Introducción

El suero es la fracción acuosa de la leche generado como subproducto de la fabricación de queso¹. Debido a sus componentes, éste representa un serio problema de contaminación cuando se vierte a los cursos de agua, generando condiciones anóxicas². Por otro lado, existen bacterias empleadas en los cultivos de las bebidas fermentadas son especialmente bacterias ácido láctica siendo la más común *Lactobacillus bulgaricus*². Los métodos tradicionales de producción de estos alimentos son sencillos, baratos, no requieren equipo complicado y utilizan materias primas disponibles y de bajo costo². Un estudio acerca de la composición química de tres cepas mexicanas de *Pleurotus ostreatus* determinó que por cada 100g en peso seco tiene un valor de proteína de 24.64 - 28.50 %³. En esta investigación se pretende establecer la técnica de elaboración de una bebida fermentada a base de suero de leche y la fracción soluble del cuerpo fructífero de *Pleurotus ostreatus*.

Metodología

Se hizo la elaboración de dos sueros con leche bronca de vaca, pasteurizado y no pasteurizado. El segundo fue utilizado para la elaboración de la fermentación teniendo un pH de 6. A estos dos sueros se hicieron pruebas de contenido de proteína por el método de Bradford. Se deshidrató el cuerpo fructífero de *Pleurotus ostreatus* a 45°C por 24 horas. Se hicieron diferentes mezclas de suero de leche y harina del cuerpo fructífero del hongo. Se aisló una cepa de bacterias lácticas en un medio diferencial. El agar utilizado fue agar MRS (Man, Rogossa y Sharpe). La temperatura de incubación fue de 30°C. Una vez obtenida la cepa pura se procedió hacer la fermentación con la mezcla de suero y la fracción soluble del cuerpo fructífero de *Pleurotus ostreatus*. Esta fermentación duró aproximadamente 40 horas con una temperatura de 30°C. El muestreo fue realizado cada 13 horas. Asimismo se determinó el pH en cada una de las muestras obtenidas.

Resultados y discusión

El suero que fue utilizado para la fermentación fue el no pasteurizado, ya que contenía más proteína a comparación con el pasteurizado, además, la fracción soluble del hongo también incrementó el contenido de proteína. Respecto a la actividad fermentativa esta fue llevando un monitoreo de biomasa y pH hasta el término de ésta (Fig. 1).

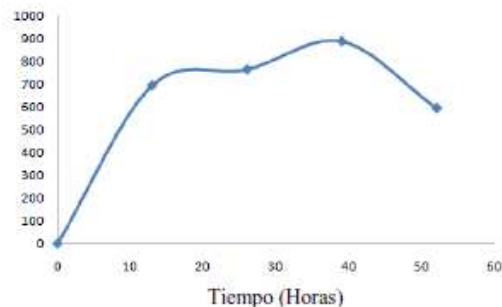


Figura 1. Muestra las fases de crecimiento de la bacteria láctica durante 52 horas.

Conclusiones

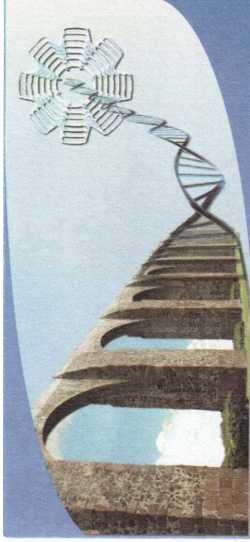
La fermentación llevada a cabo tiene un buen rendimiento de crecimiento manifestando cada una de las fases de crecimiento. Sin embargo aun no se conoce totalmente el comportamiento de esta bacteria en el sustrato. Siendo esta fermentación una prueba preliminar se llevarán a cabo más fermentaciones incluyendo diferentes concentraciones de la fracción soluble del cuerpo fructífero de *Pleurotus ostreatus*. El pH al inicio de la fermentación tuvo un 6.75 comparando al término de ésta tuvo un 4.65.

Agradecimiento

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca número 230520 otorgada a Ivette González Palma para la realización del estudio de la maestría. Al rector de la UAT por el apoyo para el fortalecimiento de cuerpos académicos.

Bibliografía

1. Siso, M. I. G. (1996): The biotechnological utilization of cheese whey. *Bioresour Technol.* Vol (57), 1- 11.
2. García Garibay M, Quintero Ramírez R, López Munguía A. (1993). *Biotechnología alimentaria*. Pag. 196,197,198
3. Bautista M, Alanís G, González E., L. Carlos. Martínez G., Barboza E. (1999): Calidad proteínica de tres cepas mexicanas de setas (*Pleurotus ostratus*). *Sociedad Latinoamericana de Nutrición.* Vol (49), Número 1. Pag. 1-10.



Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería

Otorga la presente

Constancia

Ivette Gonzalez-Palma, Jorge Soriano-Santos, Blanca Rosa Rodriguez Pastrana, Ruben Diaz-Godinez, Carmen Sanchez-Hernandez, Gerardo Diaz Godínez

Por la presentación del **Cartel** "EXTRACCIÓN DE PROTEÍNA DEL CUERPO FRUCTÍFERO DE Pleurotus ostreatus Y POTENCIAL USO COMO COMPLEMENTO EN SUERO DE LECHE PARA SER FERMENTADO"

En el

XIV Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería

Juriquilla, Querétaro, 19 al 24 de Junio, 2011

Dr. Alfredo Martínez Jiménez

Dr. J. Gerardo Saucedo Castañeda

Dr. Octavio I. Lara Corral



XIV Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería



EXTRACCIÓN DE PROTEÍNA DEL CUERPO FRUCTÍFERO DE *Pleurotus ostreatus* Y POTENCIAL USO COMO COMPLEMENTO EN SUERO DE LECHE PARA SER FERMENTADO

Ivette González-Palma^{1,2}, Jorge Soriano Santos³, Blanca Rosa Rodríguez Pastrana⁴, Rubén Díaz-Godínez¹, Carmen Sánchez Hernández¹, Gerardo Díaz-Godínez¹.

¹Laboratorio de Biotecnología, Centro de Investigación en Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Tlaxcala Ixtacuixtla Tlaxcala. México. CP. 90120 Tel/Fax +52 2484815482, email: diazgd@hotmail.com ²Maestría en Ciencias Biológicas, ³Departamento de Biotecnología, UAMI, D.F., ⁴Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

Palabras clave: Suero de leche, Pleurotus ostreatus, Fermentación.

Introducción. El suero, subproducto de la elaboración de queso, es producido en grandes cantidades. Debido a sus componentes representa un serio problema de contaminación, principalmente la lactosa. Al ser vertido en cursos de agua crea condiciones anóxicas. Por todo lo anterior se ha tratado de darle algún uso benéfico (1). Por otro lado, *Pleurotus ostreatus* es un hongo destacado por su valor nutricional, en particular por su calidad proteica (2). Contiene aproximadamente 24.64 - 28.50 % de proteína (3). Por otro lado, la fermentación es un proceso en el que microorganismos pueden transformar el sustrato en el que se encuentran obteniendo un compuesto orgánico (4).

En esta investigación se pretende extraer proteínas del cuerpo fructífero de *Pleurotus ostreatus* y usarla para formular con suero de leche una bebida fermentada.

Metodología. Para la elaboración de la bebida fermentada se necesitan varios procedimientos para su obtención. La base de la bebida es suero de leche. Las proteínas de la harina del cuerpo fructífero del hongo *Pleurotus ostreatus* son extraídas por solubilización con un previo tratamiento enzimático con enzimas carbohidrasas. Posteriormente, las proteínas son precipitadas con acetona. Una vez obtenida la proteína se seca y pulverizará, mezclándose con el suero de leche. Por otro lado, se aisló del pulque una cepa de bacterias lácticas. El medio utilizado fue selectivo, agar MRS (Man Rogosa y Sharpe). La fermentación se realizará a una temperatura de 28°C por dos días.

Resultados. Se hicieron diez diferentes pruebas para la mayor extracción de proteína del cuerpo fructífero. La mejor prueba, por vía enzimática, dio un resultado de 0.064mg/ml de proteína. En comparación con la más baja que fue de 0.0075mg/ml, ésta última sin proceso enzimático. Las proteínas obtenidas se solubilizaron por completo en el suero de leche (Fig. 1). Por otro lado, el aislado de bacterias lácticas obtenidas del pulque presentó colonias de bacterias color blanco, de forma circular (Fig. 2).



Fig. 1. Obtención de la proteína soluble del cuerpo fructífero de *Pleurotus ostreatus*



Fig. 2. Cepa de bacterias lácticas aisladas del pulque.

Conclusiones. Hasta el momento se ha logrado obtener una mezcla homogénea proteínas del hongo y el suero de leche, el siguiente paso es realizar la fermentación láctica determinando la concentración de ácido láctico y el pH, así como la viabilidad de las bacterias lácticas.

Agradecimiento. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca número 230520 otorgada a Ivette González Palma para la realización del estudio de la maestría. Al rector de la UAT por el apoyo para el fortalecimiento de cuerpos académicos.

Bibliografía.

1. García Garibay M, Quintero Ramírez R, López Munguía A. (1993). Composición de la leche. *Ciencia de la leche*. Alais C. Reverté. España. 196-198.
2. Bautista M, Alanís G, González E., L. Carlos., Martínez G., Barboza E. (1999). *Sociedad Latinoamericana de Nutrición*. Vol (49): 1-6
3. Bermudes Savón R, Morris Quevedo H, Donoso Fernández C. (2003). *Rev Cubana Invest Biomed*. Vol (4): 226-231.
4. Revillion J.P, Brandelli A, Zachia Ayub M.A. (2003). *Arch. Biol. Technol*. 46 (1): 1-12.