



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS, RECURSOS NATURALES
Y DEL AMBIENTE**

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

TEMA:

**“DESARROLLO DE UN YOGURT SALUDABLE UTILIZANDO EL HONGO
PLEUROTUS OSTREATUS COMO ESPESANTE”**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERAS AGROINDUSTRIALES OTORGADO POR LA
UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR A TRAVÉS DE LA FACULTAD
DE CIENCIAS AGROPECUARIAS, RECURSOS NATURALES Y DEL
AMBIENTE, CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

AUTORAS:

KARLA CECIBEL GUAMÁN MANZANO

NARCISA JESÚS PAREDES PUNINA

DIRECTOR:

PHD. MARÍA BERNARDA RUILOVA CUEVA.

GUARANDA – ECUADOR

OCTUBRE - 2017

**DESARROLLO DE UN YOGURT SALUDABLE UTILIZANDO EL
HONGO PLEUROTUS OSTREATUS COMO ESPESANTE**

REVISADO Y APROBADO POR:

.....

**María Bernarda Ruilova Cueva, Ph D
DIRECTORA**

.....

**José Luis Altuna Vásquez, M Sc
BIOMETRISTA**

.....

**Hugo Fabián Vásquez Coloma, Ph D
REDACCIÓN TÉCNICA**

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotras, Karla Cecibel Guamán Manzano, con número de cédula 0201571155 y Narcisa Jesús Paredes Punina con número de cédula 0201964996, declaramos que el trabajo y los resultados presentados del informe, no han sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que las referencias bibliográficas incluidas han sido consultadas y citadas con su respectivo autor.

La Universidad Estatal de Bolívar, puede hacer uso de los derechos de publicación correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, su Reglamentación y la Normativa Institucional vigente.

.....
Guamán Manzano Karla Cecibel
CI: 0201571155

.....
Paredes Punina Narcisa Jesús
CI: 0201964996

.....
María Bernarda Ruilova Cueva, Ph D
CI: 0701189433

.....
Hugo Fabián Vásquez Coloma, Ph D
CI: 0200852523

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios quien ha guiado cada paso en mi vida, por regalarme una familia maravillosa y darme fuerzas para salir adelante y no desmayar.

A mis padres por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores por ser mi fortaleza y el pilar fundamental en mi vida y formación, pero más que nada por su infinito amor. Gracias por todo papá y mamá.

Con mucho cariño a mi querido y amado esposo por su paciencia, comprensión y apoyo incondicional cuando parecía que me iba a rendir, por su dedicación, por su amor constante y ayudarme a cumplir este objetivo.

A mis hermanas y hermano por su cariño y comprensión con los que he podido contar en todo momento.

A mis sobrinos y sobrinas quienes con su sonrisa me levantan el ánimo y me enseñan que todo en la vida se puede y es posible.

Karla

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por bendecirme y permitirme llegar hasta donde he llegado, porque hiciste este sueño realidad.

A mis adorados padres, esposo y familiares por ser los principales motores de mi vida gracias a ellos por su confianza, apoyo, animo en los momentos más difíciles de mi vida y creer en mis expectativas.

A la prestigiosa UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR que me abrió las puertas para ser parte de esta gran familia y por darme la oportunidad de estudiar y llegar a ser una profesional.

A mi directora de tesis PhD. María Bernarda Ruilova y demás miembros del tribunal por su orientación, participación, dedicación, paciencia y brindarme sus conocimientos adquiridos que han sido fundamentales para la culminación de este gran sueño.

A mi amiga y compañera de trabajo investigativo Narcisa Paredes a pesar de los inconvenientes que se nos han presentado durante nuestra preparación como profesionales hemos sabido salir adelante.

Karla

DEDICATORIA

A Dios, por haberme dado la vida que es el tesoro más preciado del mundo y haber depositado en mí la fe, confianza.

A mis padres, quienes, con su cariño y brillante ejemplo de trabajo y superación, han iluminado siempre el sendero de mi existencia, gracias les doy por haber mantenido siempre viva la confianza en mí.

A mis hermanos, por su constante apoyo, confianza que en mí depositaron, y siempre me brindaron su cariño.

A mis amigos, por su valiosa y sincera amistad que de una u otra manera han contribuido a mi formación humana y profesional.

Narcisa

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Estatal de Bolívar, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, y en particular a la Carrera de Ingeniería Agroindustrial por el empoderamiento del conocimiento, aprendizaje continuo y el emprendimiento, por haberme abierto las puertas y un reconocimiento por la labor que realizan en la formación de jóvenes que son el futuro de nuestro país.

A los ingenieros que impartieron su conocimiento y lo plasmaron en nuestras vidas el anhelo de alcanzar nuestra meta.

Mi agradecimiento a todas aquellas personas que directamente o indirectamente han hecho posible mi propósito.

Narcisa

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| CONTENIDO | PÁG. |
|--|------|
| CAPITULO I: INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| CAPÍTULO II: PROBLEMA..... | 4 |
| CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO..... | 6 |
| 3.1 Origen de las leches fermentadas..... | 6 |
| 3.1.1 Leches fermentadas..... | 6 |
| 3.2 El Yogurt..... | 7 |
| 3.2.1 Composición Físico Química del Yogurt..... | 7 |
| 3.3 Aditivos adicionados al Yogurt | 8 |
| 3.3.1 Albúmina..... | 8 |
| 3.3.2 Cultivo Láctico..... | 9 |
| 3.3.3 Benzoato de Sodio y Sorbato de Potasio..... | 9 |
| 3.3.4 Estabilizantes..... | 9 |
| 3.3.5 Edulcorantes..... | 9 |
| 3.4 Clasificación del yogurt..... | 11 |
| 3.4.1 Durabilidad del yogurt..... | 12 |
| 3.4.2 Valor nutritivo del yogurt..... | 12 |
| 3.5 Alimentos funcionales..... | 13 |
| 3.5.1 Prebióticos..... | 13 |
| 3.5.2 Probióticos..... | 13 |
| 3.6 Yogurt con propiedades saludables..... | 14 |
| 3.7 Hongos comestibles..... | 16 |
| 3.7.1 Generalidades..... | 16 |
| 3.7.2 Hongo <i>Pleurotus Ostreatus</i> | 17 |
| 3.7.3 Contenido de proteína del hongo..... | 17 |
| 3.7.4 Valor nutritivo..... | 18 |
| 3.8 Propiedades medicinales del <i>Pleurotus Ostreatus</i> | 20 |
| 3.8.1 Efectos antitumorales..... | 21 |

| | | |
|--------------------------------------|--|----|
| 3.8.2 | Efectos antivirales..... | 21 |
| 3.8.3 | Efecto antiinflamatorio..... | 21 |
| 3.8.4 | Control del colesterol..... | 21 |
| 3.8.5 | Efecto antioxidante..... | 21 |
| 3.9 | Deshidratación..... | 22 |
| 3.9.1 | Generalidades..... | 22 |
| 3.9.2 | Principales características..... | 22 |
| 3.9.3 | Tipos de deshidratación..... | 23 |
| 3.9.3.1 | Deshidratado solar indirecto..... | 23 |
| 3.9.3.2 | Deshidratado artificial..... | 23 |
| CAPÍTULO IV: MARCO METODOLÓGICO..... | | 25 |
| 4.1 | Materiales..... | 25 |
| 4.1.1 | Localización de la Investigación..... | 25 |
| 4.1.2 | Situación geográfica y climática..... | 25 |
| 4.1.3 | Zona de vida..... | 26 |
| 4.1.4 | Material experimental..... | 26 |
| 4.1.5 | Materiales de campo..... | 26 |
| 4.1.6 | Materiales de oficina..... | 27 |
| 4.2 | Métodos..... | 27 |
| 4.2.1 | Factores en estudio..... | 27 |
| 4.2.2 | Tratamientos..... | 28 |
| 4.2.3 | Tipo de diseño experimental o estadístico..... | 28 |
| 4.2.3.1 | Características Generales del DCA..... | 29 |
| 4.2.3.2 | Esquema del análisis de varianza..... | 29 |
| 4.2.4 | Procedimiento..... | 31 |
| 4.2.4.1 | Mediciones experimentales en la materia prima..... | 31 |
| 4.2.4.2 | Mediciones experimentales en el producto yogurt con hongo..... | 31 |
| 4.2.4.3 | Mediciones experimentales en el mejor tratamiento..... | 32 |
| 4.3 | Manejo del experimento..... | 34 |
| 4.3.1 | Recepción..... | 34 |
| 4.3.2 | Filtrado..... | 34 |

| | | |
|---|---|----|
| 4.3.3 | Pasteurizado y Añadido del hongo..... | 35 |
| 4.3.4 | Descenso de temperatura..... | 35 |
| 4.3.5 | Inoculado..... | 35 |
| 4.3.6 | Incubado..... | 35 |
| 4.3.7 | Batido..... | 35 |
| 4.3.8 | Adición de ingredientes..... | 35 |
| 4.3.9 | Envasado..... | 36 |
| 4.3.10 | Almacenamiento..... | 36 |
| CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSIONES..... | | 37 |
| 5.1 | Análisis de laboratorio realizados a la materia prima | 37 |
| 5.2 | Análisis de laboratorio realizados al producto terminado..... | 38 |
| 5.2.1 | Determinación de pH | 38 |
| 5.2.2 | Determinación de Acidez (%) | 43 |
| 5.2.3 | Determinación de la Viscosidad (Pa.s) | 49 |
| 5.2.4 | Determinación de sólidos grasos | 54 |
| 5.3 | Mediciones experimentales en el producto terminado..... | 59 |
| 5.3.1 | Análisis sensorial | 59 |
| 5.3.2 | Determinación de proteína | 60 |
| 5.3.3 | Evaluación microbiológica..... | 61 |
| 5.3.4 | Determinación de la sinéresis | 62 |
| 5.4 | Análisis de la relación costo / beneficio | 63 |
| CAPÍTULO VI: COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS | | 65 |
| 6.1 | Hipótesis nula..... | 65 |
| 6.2 | Hipótesis alternativa..... | 65 |
| CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | | 67 |
| 7.1 | Conclusiones..... | 67 |
| 7.2 | Recomendaciones..... | 69 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | | 70 |
| ANEXOS..... | | 74 |

ÍNDICE DE TABLAS

| TABLA | | PÁG. |
|--------------|--|-------------|
| 1 | Composición físico química del yogurt | 7 |
| 2 | Contenido nutricional del hongo comestible <i>Pleurotus</i> <i>Otreatus</i> | 19 |
| 3 | Localización de la investigación a desarrollar | 25 |
| 4 | Parámetros de la situación geográfica y climática..... | 25 |
| 5 | Factores en estudio a desarrollar en la investigación..... | 27 |
| 6 | Detalle de los tratamientos acorde a las combinaciones realizadas..... | 28 |
| 7 | Esquema del análisis de varianza..... | 29 |
| 8 | Grados de libertad del diseño experimental propuesto | 30 |
| 9 | Resultados de análisis de laboratorio realizados a la leche entera..... | 37 |
| 10 | Resultados de análisis de laboratorio realizados a la leche descremada..... | 37 |
| 11 | Valores reportados en bibliografía para la leche entera y descremada..... | 38 |
| 12 | Resultados de pH realizados al yogurt elaborado | 39 |
| 13 | Análisis de varianza para pH del yogurt elaborado | 40 |
| 14 | Prueba de Tukey al 95% para el factor A | 40 |
| 15 | Prueba de Tukey al 95% para el factor B | 41 |
| 16 | Valores promedio de la interacción de los factores AB en el yogurt elaborado..... | 43 |
| 17 | Valores de acidez realizados al yogurt elaborado..... | 44 |
| 18 | Análisis de varianza para la acidez del yogurt elaborado | 45 |
| 19 | Prueba de Tukey al 95% para el factor A | 46 |
| 20 | Prueba de Tukey al 95% para el factor B..... | 47 |

| | | |
|----|--|----|
| 21 | Valores promedio de la acidez en la interacción de los factores AB en el yogurt elaborado..... | 48 |
| 22 | Valores de viscosidad (Pa.s) medidos en el yogurt elaborado..... | 49 |
| 23 | Análisis de varianza para la viscosidad del yogurt elaborado..... | 50 |
| 24 | Prueba de Tukey al 95% para el factor A | 51 |
| 25 | Prueba de Tukey al 95% para el factor B..... | 52 |
| 26 | Valores promedio de la viscosidad (Pa.s) en la interacción de los factores AB en el yogurt elaborado..... | 54 |
| 27 | Valores promedio de sólidos grasos medidos en el producto final..... | 55 |
| 28 | Análisis de varianza para los sólidos grasos del yogurt elaborado..... | 55 |
| 29 | Tabla de Tukey al 95% para el factor A..... | 56 |
| 30 | Tabla de Tukey al 95% para el factor B..... | 57 |
| 31 | Valores promedio de sólidos grasos en la interacción de los factores AB en el yogurt elaborado..... | 58 |
| 32 | Resultados promedio de la evaluación sensorial realizada al yogurt elaborado..... | 59 |
| 33 | Análisis microbiológicos del producto elaborado..... | 61 |
| 34 | Análisis microbiológicos reportados en bibliografía para leches fermentadas (yogurt) | 62 |
| 35 | Rubros utilizados para la elaboración del yogurt saludable utilizando el hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> como espesante | 63 |
| 36 | Valores de F calculado, obtenidos de las tablas ADEVA..... | 65 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| GRÁFICO | | PÁG. |
|----------------|--|-------------|
| 1 | Prueba de Tukey al 95% para el factor A | 41 |
| 2 | Prueba de Tukey al 95% para el factor B | 42 |
| 3 | Prueba de Tukey al 95% para el factor A | 47 |
| 4 | Prueba de Tukey al 95% para el factor B | 48 |
| 5 | Prueba de Tukey al 95% para el factor A | 52 |
| 6 | Prueba de Tukey al 95% para el factor B | 53 |
| 7 | Prueba de Tukey al 95% para el factor A | 57 |
| 8 | Prueba de Tukey al 95% para el factor B | 58 |
| 9 | Evaluación sensorial realizada al yogurt elaborado | 60 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| Anexo | Descripción |
|--------------|---|
| 1 | Mapa de ubicación de la investigación |
| 2 | Resultados de análisis físico químicos |
| 3 | Bases de datos |
| 4 | Formato de fichas de recolección de datos |
| 5 | Fotografías |
| 6 | Glosario de términos |

RESUMEN

Esta investigación se desarrolló en la Universidad Estatal de Bolívar, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, Carrera de Ingeniería Agroindustrial, Planta de Procesos Agroindustriales. Tuvo como objetivo general desarrollar un yogurt saludable utilizando el hongo *Pleurotus ostreatus* como espesante, se evaluaron 6 tratamientos con 2 réplicas, los mismos que fueron analizados mediante el análisis de varianza ADEVA y la prueba de Tukey al 95 % de confianza, para la comparación de los promedios de los factores y el establecimiento del mejor tratamiento.

El hongo *Pleurotus ostreatus* se cultivó sobre paja de cebada, cosechó y deshidrató en forma natural, se realizó el análisis de proteína por el método Kjendahl, dando como resultado un valor de 21,88 %. El yogurt se formuló con adición del hongo deshidratado y pulverizado en diferentes concentraciones, la mismas que fueron del 1, 2 y 3 % correspondiente al factor A (concentración del hongo *Pleurotus ostreatus* deshidratado) y el factor B (leche entera y descremada). Resultando la concentración del 2 % y leche entera la más adecuada que corresponde al tratamiento T2, pues mantiene las características químicas de pH y acidez, obteniéndose resultados de pH = 4,05 y 4,42 y para la acidez valores de 0,64% y 0,90%, así como una viscosidad de 1555,89 Pa.s; estos análisis fueron realizados para los días 0, 7, 14, 21, 28 respectivamente, que al ser contrastados con la norma INEN 2395: 2011 se encuentran dentro del rango establecido y sobre todo conservan de mejora manera el producto final, recayendo en el tratamiento T2 como el mejor.

Se determinó la relación costo/beneficio en el tratamiento T2 con el código A2B1 (concentración del hongo 2 % y leche entera) a partir de una cantidad de 20 g de hongo y 1000 ml de leche se obtuvo como producto final 4 envases de 250 ml de yogurt cada uno, teniéndose un costo de producción de 2,65 USD, resultando una ganancia de 0,90 dólares por las unidades producidas.

SUMMARY

This research was developed at the State University of Bolivar, Faculty of Agricultural Sciences, Natural Resources and Environment, Career of Agroindustrial Engineering, Plant of Agroindustrial Processes, had as general objective to develop a healthy yogurt using the home *Pleurotus ostreatus* as a thickener for which 6 treatments were developed with 2 replicates, the same ones that were analyzed by the ADEVA variance analysis and the development of the Tukey 95 % confidence test for the comparison of factor means and the establishment of the best treatment.

The production of the fungus is highlighted by the process of lyophilization and evaluated with a protein analysis by the Kjendahl method, reporting a value of 21.88 %. Yogurt was formulated with the addition of the pulverized fungus in different concentrations, which were 1, 2 and 3 % represented in factor A (concentration of the fungus *Pleurotus ostreatus* lyophilized) and factor B (whole milk and skim milk) resulting in the concentration Of 2 % and whole milk the most adequate because it maintains the chemical characteristics of pH and acidity, obtaining results of pH = 4.05 and 4.42 and for acidity values of 0.64 % and 0.90 % for days 0 and 7 respectively, which, when contrasted with INEN 2395: 2011, are within the established range and, above all, the final product is preserved in an improved way, with T2 A being the best treatment.

The cost / benefit ratio in the T2 treatment with A2B1 code (concentration of 2 % fungus and whole milk) was determined from 20 g of fungus and 1 liter of milk was obtained as final product 4 containers of 250 ml of yogurt each, having a cost of production of 2,75 USD, resulting a profit of 0,90 dollars the stop produced.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Según el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), define que: El yogur es el producto coagulado obtenido por fermentación láctica de la leche o mezcla de esta con derivados lácteos, mediante la acción de bacterias lácticas, *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*, pudiendo estar acompañadas de otras bacterias ácido lácticas que por su actividad le confieren las características al producto terminado; estas bacterias deben ser viables y activas desde su inicio y durante toda la vida del producto. Puede ser adicionado o no ingredientes y aditivos indicados en esta norma. (INEN, 2011)

Las cualidades nutritivas del yogurt provienen no sólo de la presencia de los compuestos de la leche, sino también de la transformación de éstos como resultado de la fermentación ácido-láctica causada por los microorganismos. La ingestión de este producto es recomendable en todas las edades. Para la mayor parte de los lactantes intolerantes a las leches constituye un magnífico alimento pues la reducción moderada de su contenido de lactosa en comparación con el de la leche lo hace más apropiado para los pacientes con deficiencia de lactasa. (Hernández, 2014)

En los últimos años se ha incrementado el interés porque los alimentos que se consume diariamente no únicamente aporten nutrientes sino también que contengan efectos beneficiosos para la salud y bienestar del ser humano previniendo algunas enfermedades, sobre todo las conocidas como las catastróficas. En este contexto aparece los llamados alimentos funcionales, que se definen como aquellos que se consumen como una parte de una dieta normal y que contienen ingredientes biológicamente activos, que ofrecen beneficios para la salud y reducen el riesgo de sufrir enfermedades crónicas. (Alcose, 2011)

Se ha descubierto que muchos productos alimenticios tradicionales como las frutas las verduras, la leche, etc. contienen componentes que pueden resultar beneficiosos para la salud. El yogurt se ubica como uno de los alimentos nutritivos más importantes de hoy en día, es una fuente importante de vitaminas, proteínas y minerales. En el mercado mundial y nacional se han desarrollado nuevos tipos de yogurt con la adición de componentes que supone ventajas para la salud, así se encuentra publicaciones sobre, yogurt con adición de salvado de trigo, (Martino, 2004) Yogurt Saborizado con Mortiño, (Rojano, 2015), Yogurt con adición de Yacon (Parra, 2014), yogurt con adición de β -glucanos (Álvarez, 2014), etc.

En el Ecuador se comercializa una amplia variedad de alimentos funcionales, la empresa Toni comercializa yogurt con prebióticos (LGG y calcio). Los prebióticos, son componentes funcionales que, al ser adicionados a los lácteos, posee un beneficio su consumo ya que actúan disminuyendo el desarrollo de infecciones del trato gastrointestinal y del sistema respiratorio a través de un mejor funcionamiento del sistema inmune o de defensas.

Alpina cuenta con dos alimentos funcionales muy importantes: Regeneris y Yox con Defensis. Regeneris es una bebida láctica con adición de prebióticos y fibra prebiótica, las cuales actúan en el organismo mejorando la digestión, el tránsito intestinal y favoreciendo la salud del intestino.

Los alimentos funcionales y o saludables están en boga en el mundo, por lo que se han diseñado una gran variedad de productos, buscando siempre algún aditivo o componente con características funcionales como es el caso de la utilización del Hongo *Pleurotus*, rico en compuestos bioactivos, con propiedades antioxidantes, antimicrobianas, anticancerígenas., entre estos compuestos están los β -glucanos, que han mostrado múltiples beneficios para la salud humana (Morris *et al.*, 2003; Llauradó *et al.*, 2011).

Además, poseen una excelente capacidad de retención de agua, poder emulsificante, capacidad de hinchamiento y retención de lípidos, que le confiere un gran poder como espesante en este tipo de producto, por lo que en la presente investigación se planteó como objetivo general: Desarrollar un yogurt saludable utilizando el Hongo *Pleurotus ostreatus* como espesante.

Y como objetivos específicos:

- Obtener el hongo *Pleurotus ostreatus* deshidratado mediante el método de deshidratación natural (secado al sol).
- Formular el yogurt con adición del hongo pulverizado en diferentes concentraciones.
- Evaluar las diferentes formulaciones obtenidas mediante análisis físico, químico, (acidez titulable, PH, viscosidad, análisis sensorial análisis, microbiológicos, sinéresis).
- Determinar la relación costo/beneficio en el mejor tratamiento

CAPÍTULO II

PROBLEMA

A lo largo de los últimos años, la sociedad ha mostrado una preocupación cada vez más acentuada por las posibles relaciones entre la alimentación y la salud. La necesidad que el ser humano tiene de alimentarse, junto a la relevancia alcanzada por los temas relacionados con la salud, han llevado a un primer plano el interés por los efectos saludables de los alimentos; es decir, el consumidor manifiesta claras preferencias por aquellos alimentos que considera beneficiosos para su salud y en general por los productos naturales. (Cortés *et al.*, 2015)

Estudios de mercado recientes en el mundo avalan un incremento acelerado de los llamados productos funcionales, encontrándose en los mercados los productos tradicionales que se consumen con algún componente modificado ingrediente adicionado, que proporcione beneficios a la salud a parte del valor nutritivo. La fortificación combinada de los hongos comestibles con componentes fisiológicamente activos (CFA), como antioxidantes (Vitaminas C, E, provitamina A, etc.) y minerales (Se, Ca, Mg o Zn, etc.), puede potenciar las características antioxidantes del producto final, y si la fortificación alcanza niveles apreciables en la ingesta diaria recomendada (IDR), cumple mejor con combatir deficiencias y/o evitar algunas enfermedades, contribuyendo a un mejor estado en la salud de la población. (Cortés *et al.*, 2015)

En este sentido, el producto a elaborar proviene no sólo de la presencia de los compuestos de la leche, sino también de la transformación de éstos como resultado de la fermentación ácido-láctica causada por los microorganismos, permitiéndose que se convierta en un alimento funcional y o saludable como el caso de la adición del Hongo *Pleurotus*, rico en compuestos bioactivos.

Esta investigación fue importante de ser desarrollada puesto que promueve el diseño y desarrollo de nuevos productos a partir de materias primas ricas en componentes

nutricionales como el caso del hongo *Pleurotus ostreatus* aplicado en la elaboración de yogurt, en el cual también se aprovechará las ventajas de este producto para mejorar el estudio de la deformación y el flujo de la materia, elaborando un yogurt más firme y más agradable al gusto, haciendo que este producto lácteo se popularice y se consuma por más sectores de la ciudadanía.

Por ende, esta investigación pretendió ¿desarrollar un yogurt saludable utilizando el Hongo *Pleurotus ostreatus* como espesante?

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 ORIGEN DE LAS LECHES FERMENTADAS

Posiblemente, las leches fermentadas, sean más antiguas en la historia de los productos lácteos que los quesos. Sin embargo, su importancia históricamente siempre fue menor dado el problema principal que plantea su uso: la vida útil es muy corta y, de hecho, ha sido necesaria la utilización del frío para extender su conservación.

Aunque oficialmente, no se ha encontrado ningún documento sobre el origen del yogur, ya en épocas remotas se mencionaban las leches fermentadas o leches ácidas en diversas leyendas, una gran proporción de las leches fermentadas parece tener su origen en los pueblos de Asia y Europa Central y luego se extendieron al Occidente a principios del siglo XX. (Fernández, 2014)

3.1.1 Leches Fermentadas

Es el producto lácteo obtenido de la fermentación de la leche, por medio de la acción de microorganismos adecuados y teniendo como resultado la reducción del pH con o sin coagulación (precipitación isoelectrica). Estos cultivos de microorganismos serán viables, activos y abundantes en el producto hasta la fecha de vencimiento. (INEN 2395:2011)

La elaboración de los productos lácteos fermentados es una de las industrias más importantes. Las leches fermentadas son productos acidificados por medio de un proceso de fermentación, como consecuencia de la acidificación por las bacterias lácteas, las proteínas de la leche se coagulan. Luego estas proteínas pueden dissociarse separándose en aminoácidos. Por esta razón, las leches fermentadas se digieren mejor que los productos no fermentados. Uno de los productos fermentados más conocidos es el yogurt, esta leche fermentada de gran consumo, es obtenido por la acción

combinada de *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*. (Vinza y Vire, 2011)

3.2 EL YOGURT

Según el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), encargado de requisitos de elaboración de productos industriales define que: El yogurt es el producto coagulado obtenido por fermentación láctica de la leche o mezcla de esta con derivados lácteos, mediante la acción de bacterias lácticas, *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*, pudiendo estar acompañadas de otras bacterias ácido lácticas que por su actividad le confieren las características al producto terminado; estas bacterias deben ser viables y activas desde su inicio y durante toda la vida del producto. Puede ser adicionado o no ingredientes y aditivos indicados en esta norma. (INEN, 2011)

3.2.1 Composición Físico Química del Yogurt

Según el CODEX las bebidas a partir de las leches fermentadas deben tender una composición de tal forma que cada nutriente está comprendida en los siguientes rangos mostrados:

Tabla 1: Composición fisicoquímica del yogurt

| CONTENIDO EN NUTRIENTES POR 100 g DE YOGUR NATURAL | |
|---|------|
| MACRONUTRIENTES | |
| Energía (kcal) | 55.5 |
| Grasa (g) | 2,6 |
| Proteína (g) | 4,2 |
| Hidratos de carbono (g) | 5,5 |
| VITAMINAS | |
| Vitamina A (ER) | 9,8 |
| Tiamina (B1) (mg) | 0,04 |
| Riboflavina (B2) (mg) | 0,03 |
| Pirioxina (B6) (mg) | 0,05 |
| Vitamina (B12) (µg) | Tr |
| Ácido fólico (µg) | 3,70 |

| | |
|-------------------|------|
| Niacina (EN) | 1,5 |
| Vitamina (C) (mg) | 0,70 |
| Vitamina (D) (mg) | 0,06 |
| Vitamina (E) (mg) | 0,04 |
| MINERALES | |
| Calcio (mg) | 142 |
| Fosforo (mg) | 90 |
| Hierro (mg) | 0,09 |
| Yodo (mg) | 3,70 |
| Magnesio (mg) | 14,3 |
| Potasio (mg) | 214 |
| Sodio (mg) | 63 |
| Zinc (mg) | 0,59 |

Fuente: (Norma del CODEX para leches fermentadas, 2011)

3.3 ADITIVOS ADICIONADOS AL YOGURT

Al yogurt podrán añadirse: azúcares o edulcorantes permitidos, frutas frescas enteras o en trozos, pulpa de frutas, frutas secas y otros preparados a base de frutas. El contenido de fruta adicionada no debe ser inferior al 5 % (m/m) en el producto final. Se permite la adición de otros ingredientes como: hortalizas, miel, chocolate, cacao, coco, café, cereales, especias y otros ingredientes naturales. Cuando se utiliza café el contenido máximo de cafeína será de 200 mg/kg, en el producto final. El peso total de las sustancias no lácteas agregadas a las leches fermentadas no será superior al 30% del peso total del producto. (INEN, 2011)

Dentro de las alternativas de aditivos para la elaboración de yogures podemos encontrar los siguientes:

3.3.1 Albúmina

Es una sustancia orgánica nitrogenada, se encuentra presente en la clara de huevo es viscosa, soluble en agua, coagulable por acción del calor. A la clara de huevo se conoce como albumen, esta contiene 88 % de agua y el resto corresponde a la proteína, la principal es la ovoalbúmina que corresponde al 54 % del total de la proteína. (Silva, 2011)

3.3.2 Cultivo láctico

Tiene la función de acidificar la leche coagulando la proteína de la misma y ayudando a conservar la materia prima utilizada. *Lactobacillus bulgaricus* y el *Streptococcus thermophilus*. Son microorganismos que fermentan la leche produce sustancias que transforman la leche en un medio gelatinoso, haciendo que el yogurt tenga una consistencia cremosa.

3.3.3 Benzoato de sodio y Sorbato de potasio

Conservante y antiséptico de alta eficiencia y seguridad que puede inhibir eficazmente la actividad del moho, y bacterias aerobias, previene el crecimiento y reproducción de microbios nocivos como botulínica, estafilococo y salmonella, puede alargar el tiempo de conservación y mantener el sabor original del yogurt.

3.3.4 Estabilizantes

El uso de estabilizadores en la producción de yogur es bastante común ya que con ello se aumenta la viscosidad y resiste a la sinéresis. Los estabilizadores se usan, normalmente, entre 0.1 y 0.5 % de la mezcla, entre ellos tenemos a la pectina, gelatina, almidones modificados, que son los apropiados para obtener un yogurt firme. (Carpio, 2001)

3.3.5 Edulcorantes

Se utiliza en la producción de yogurt provee un sabor dulce claro y no tiene otros sabores y olores, se puede utilizar granulada, cristalina, o como jarabe. La adición de más del 5% de sacarosa en el yogurt puede causar inhibición y falta de desarrollo de sabor. (Códex Alimentarius, 2014)

Los edulcorantes son cualquier sustancia desarrollada para su utilización en bebidas y alimentos. Se los puede clasificar como nutritivos o no nutritivos. Los edulcorantes sin valor nutritivo o a calóricos son aquellas sustancias que producen sabor dulce o

mejoran la percepción de los sabores dulces. Otra forma de clasificar a los edulcorantes es por sus características naturales o artificiales.

- **Artificiales**

Son aquellos que se sintetizan en un laboratorio, además son mucho más dulces que el azúcar y se emplean en porciones muy pequeñas. Los ciclamatos, la sacarí, el aspartamo, el Acesulfame el manitol, el aspartame y el alitamo son ejemplos de edulcorantes artificiales.

- **Naturales**

Son aquellos que se extraen de la naturaleza y se los utiliza sin ninguna alteración química. Los rebaudiósidos y esteviósidos son un ejemplo de ello. El uso del edulcorante natural Stevia rebaudiana sustituyéndolo por el azúcar y otros edulcorantes sintéticos en productos alimenticios, se presenta esta nueva alternativa edulcorante haciendo énfasis en sus propiedades y beneficios a la salud en especial de la población que presenta sintomatología de diabetes o necesita disminuir el consumo del azúcar en su dieta. (Aguilar y Alvarado, 2012)

En lo referente a la oferta la mayoría de los yogurts que circulan actualmente en el mercado utilizan el azúcar procesado, mientras que este nuevo producto utiliza un endulzante natural que ayuda a conservar y mejorar la salud de las personas. (Andrade, 2014.)

La adición de Stevia como edulcorante, no cambia las características de pH, acidez y viscosidad aparente del yogurt. Es posible obtener yogurt endulzado con Stevia, con iguales características fisicoquímicas al endulzado tradicionalmente con sacarosa y reducir en un 11,57 % el aporte calórico de este alimento. La utilización del extracto de Stevia en polvo representa una alternativa como edulcorante en el yogurt, que ofrece beneficios como la disminución en la ingesta de calorías. (Galvis, 2009)

3.4 CLASIFICACIÓN DEL YOGURT

De acuerdo con la Norma INEN 2395: 2011 nos dice el yogur se puede clasificar según el contenido graso:

- **Tipo I:** Elaborado con leche entera, leche integra o leche integral.
- **Tipo II:** Elaborado con leche semi descremada o semidesnatada.
- **Tipo III:** Elaborado con leche descremada o desnatada.

En la clasificación por el contenido graso, el yogur entero tiene un mínimo de 3% de contenido graso, el yogur parcialmente descremado está dentro del rango de 1.0 al 2.9% de contenido graso y el yogur descremado tiene un contenido máximo del 1% de contenido graso.

De acuerdo con los ingredientes utilizados:

- **Natural:** No contiene adición de fruta, azúcar o edulcorantes.
- **Con fruta:** En su preparación se le adiciona pulpa o zumo de fruta naturales.
- **Azucarado:** Se le adiciona azúcares comestibles como sacarosa y/o glucosa.
- **Edulcorado:** Contiene adición de edulcorantes tales, como sorbitol, sacarina.
- **Con otros ingredientes:** Se utilizan otros ingredientes como hortalizas, miel, chocolate, cacao, frutos secos, coco, café, cereales, especias y otros ingredientes naturales. Cuando se utiliza café el contenido máximo de cafeína será de 200 mg/kg, en el producto final.
- **Saborizado o aromatizado:** Se utilizan saborizantes o aromatizantes.

De acuerdo con el proceso de elaboración:

- **Yogur batido:** Es el producto en el que la inoculación de la leche pasteurizada se realiza en tanques de incubación produciéndose en ellos la coagulación, luego se bate y posteriormente se envasa.

- **Yogur coagulado o aflanado:** Es el producto en que la leche pasteurizada, e envasada inmediatamente después de la inoculación produciéndose la coagulación en el envase.
- **Yogur bebible o fluido:** La incubación y el enfriamiento se realizan de igual forma que el yogur batido, pero antes del envasado, es sometido a un proceso para romper el coágulo y obtener la forma líquida.

3.4.1. Durabilidad del Yogurt

El yogur refrigerado a temperatura de 4 a 5°C puede durar hasta una semana, sin sufrir alteraciones en sus características físicas y sensoriales (sabor y textura). Para preservar su durabilidad se debe ser cuidadoso en la manipulación del producto elaborado, no introducir en el recipiente que lo contiene utensilios no higienizados que ocasionen contaminación microbiológica del producto y acorte su vida útil o lo haga perjudicial para la salud. (Hernández, 2014)

3.4.2 Valor nutritivo del yogurt

Las cualidades nutritivas del yogur provienen no sólo de la presencia de los compuestos de la leche, sino también de la transformación de éstos como resultado de la fermentación ácido-láctica causada por los microorganismos. La ingestión de este producto es recomendable en todas las edades. Para la mayor parte de los lactantes intolerantes a las leches constituye un magnífico alimento pues la reducción moderada de su contenido de lactosa en comparación con el de la leche lo hace más apropiado para los pacientes con deficiencia de lactasa.

Las propiedades bacteriostáticas del yogur contribuyen a la resistencia a las infecciones. En efecto, este producto contiene bacterias activas que forman parte de nuestra flora intestinal indispensable, las cuales participan en la descomposición de los alimentos en el proceso digestivo. El yogur se cataloga como un producto de alta

digestibilidad, que aumenta el coeficiente de absorción de numerosas sustancias, tales como proteínas y grasas. (Hernández, 2014)

3.5 Alimentos funcionales

Son alimentos en forma natural o procesada, que además de sus componentes nutritivos contiene componentes adicionales que favorecen a la salud, la capacidad física y el estado mental de una persona. El calificativo de funcional se relaciona con el concepto bromatológico de "propiedad funcional", o sea la característica de un alimento, en virtud de sus componentes químicos y de los sistemas fisicoquímicos de su entorno, sin referencia a su valor nutritivo. (Martínez- Álvarez, 2016)

3.5.1 Prebióticos

Los prebióticos son ingredientes no digeribles de la dieta, que producen efectos beneficiosos estimulando selectivamente el crecimiento y/o actividad de uno o más tipos de bacterias en el colon, las que tienen a su vez la propiedad de elevar el potencial de salud del hospedero. Son fundamentalmente fructo y galacto oligosacáridos. Incluida en este concepto está la fibra dietética. En 1976 Trowel la describió como diferentes compuestos de origen vegetal que presentan como común denominador el estar constituidos por macromoléculas no digeribles, debido a que las enzimas del intestino humano no pueden hidrolizarlas. (Corzo, 2015)

3.5.2 Probióticos

Los probióticos son aquellos microorganismos vivos que, al ser agregados como suplemento en la dieta, afectan en forma beneficiosa al desarrollo de la flora microbiana en el intestino. Los probióticos estimulan las funciones protectoras del sistema digestivo. Son también conocidos como bioterapéuticos, bioprotectores o bioproliféricos y se utilizan para prevenir las infecciones entéricas y gastrointestinales. (Rodríguez-Barahona, 2015)

3.6 YOGURT CON PROPIEDADES SALUDABLES

A nivel mundial existen empresas que procesan una amplia variedad de leches fermentadas como la empresa Toni, que es una multinacional que también se encuentra en nuestro país, la cual brinda un alimento nutritivo y funcional, único yogurt en el país que contiene *Lactobacillus GG*, un probiótico (microorganismo vivo) que al no ser destruido por los ácidos gástricos crece en el intestino otorgando innumerables beneficios. Tiene más de 700 estudios científicos internacionales que respaldan sus beneficios para la salud humana. (Brentano, D De Toni, 2008)

Santillán, (2011), formulo un yogurt con un alto contenido en fibra para lo cual utilizó zanahoria en jarabe, que contribuye a reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares, degenerativas y del cáncer. En los últimos años los yogures bajos en grasa y sin azúcar han ganado popularidad debido al incremento en el consumo de los productos bajos en calorías, no obstante, la textura es un aspecto crítico a considerar por parte del consumidor, por lo que generalmente se usan estabilizantes para mejorar su consistencia. En la literatura consultada se encuentra la elaboración de un yogurt firme bajo en calorías con inulina (0, 2 y 5%) que fue utilizada para mejorar la consistencia, se observa un aumento considerable de la viscosidad con el aumento de inulina durante el almacenamiento refrigerado proporcionando efectos positivos en la reología, mientras que la harina de guayaba (*Psidium guajava L.*). Por su capacidad de retención de agua evita la sinéresis siendo utilizada también como saborizante. (Ramírez, 2014).

Uriza Pinzón (2014), realizó una investigación para evaluar la inclusión de β -glucanos del *Ganoderma lucidum* en la elaboración de un yogurt funcional, se analizó los cambios fisicoquímicos, microbiológicos, sensoriales y reológicos que pudieran ocasionar la adición de cuatro concentraciones (0, 0,17, 0,37, 0,75 1,75 %) en dos momentos (previo a la pasteurización y después de la inoculación), siendo el momento más apropiado la pasteurización para incluir los β -glucanos *Ganoderma*

lucidum, la muestra del hongo fue liofilizada, la determinación de los β -glucanos se realizó utilizando el kit (megazyme). Los *Ganoderma lucidum* ayudan a evitar la sinéresis y dan mayor aporte de carbohidratos y sólidos totales. Los resultados obtenidos indican que ni el nivel de concentración ni el momento de adición afectan significativamente las propiedades microbiológicas y sensoriales del yogur.

Andrade (2013) en una investigación sobre el Efecto del Salvado de Trigo en las Propiedades Fisicoquímicas y Sensoriales del Yogurt de Leche de Búfala, analizó el efecto de la adición de salvado de trigo al (0,1, 2, 3 %) como fuente de fibra en las propiedades físico químicas y sensoriales del yogurt, la incorporación de nuevos ingredientes a la leche de búfala como fibra, vitaminas, y calcio entre otros nutrientes, en la formulación del yogurt, cambió la estructura física y química original del gel, convirtiéndolo en un alimento funcional.

Sepúlveda (2015) realizó un estudio de Efecto del Tiempo de Almacenamiento sobre las Propiedades Fisicoquímicas, Probióticas y Antioxidantes de Yogurt Saborizado con Mortiño (*Vaccinium meridionale Swartz*), en el que evaluó las propiedades fisicoquímicas, probióticas y antioxidantes del yogurt de mortiño (*Vaccinium meridionale Swartz*) elaborado a partir de dos concentraciones de almíbar de fruta (15 y 20%). En las propiedades fisicoquímicas se aprecia descenso del pH, aumento de acidez titulable y disminución de la concentración de sacarosa. Los resultados de la estabilidad probiótica revelaron que la concentración de 10^6 UFC/ml se mantiene durante los 16 primeros días de almacenamiento como lo recomienda la norma para productos probióticos. Se concluye que el producto puede ser considerado como un alimento nutracéutico.

Una investigación realizada por Parra (2014) estudió el efecto de la adición de yacon (*Smallanthus sonchifolius*) en las características fisicoquímicas, microbiológicas, proximales y sensoriales de yogurt durante el almacenamiento bajo refrigeración, en la cual se manejaron dos tratamientos, uno de ellos contenía concentración de yacon y la

otra sacarosa. El yogurt adicionado con concentrado de yacon mostro una buena aceptación del consumidor.

3.7 HONGOS COMESTIBLES

3.7.1 Generalidades

Cuando se habla de los hongos se los separa del resto de especies vegetales y animales ya que se trata de microorganismos carentes de clorofila, heterótrofos (que se nutren de sustancias elaboradas por otros organismos), con pared celular de estructura similar a las plantas pero que contiene quitina en lugar de celulosa. En el conjunto del reino de los hongos encontramos levaduras, mohos y setas, que entre todos reúnen más de 90 mil especies, la mayoría de ellos aerobios. Algunos forman asociaciones beneficiosas con raíces de plantas, otros son endofíticos (crecen dentro de las plantas), y muchos de ellos son patógenos.

Las diferentes especies de hongos puede desarrollarse sobre diferentes hábitats: terrestre, lignícola (sobre madera), como parásito o asociado con raíces de vegetales aprovechando los nutrientes de las sustancias orgánicas donde están en contacto. Se desarrollan por lo general degradando la materia orgánica saprofíticamente, es decir que liberan enzimas digestivas en su medio y luego absorben los productos digeridos externamente. (Alder y Zubillaga, 2014)

Se estima que habitan en la tierra entre 1,5 y 2,5 millones de especies de hongos, de las que solamente se conocen 7000, básicamente las especies comestibles. Están ampliamente distribuidos en todo el planeta y prosperan en casi todos los climas: tropicales, subtropicales, templados, fríos donde existan los elementos indispensables para su existencia: orgánico y agua. (Silva *et al*, 2010)

Los hongos han sido empleados por el hombre desde hace milenios tanto para alimentación, como para el tratamiento de diferentes enfermedades, siendo los países

del lejano oriente como Japón, China y Corea los consumidores más habituales. En las últimas décadas y debido a la comprobación de las diversas actividades biológicas exhibidas por sus metabolitos secundarios entre las que se encuentran actividades antioxidantes, hipocolesteromica, hipoglucemia, antibacteriana, antiviral, regulador del sistema cardiovascular, anticancerígenas e inmunomoduladora, se ha intensificado a nivel mundial no solo el cultivo sino el consumo de este tipo de hongos y el estudio de sus bioactivos. (Suárez y Nieto 2013)

3.7.2 Hongo *Pleurotus Ostreatus*

Dentro de la gran variedad de hongos comestibles se encuentra el *Pleurotus Ostreatus*, el cual ha llegado a considerarse la principal seta comestible en Asia, destacándose no solo por su sabor y calidad sino también por sus propiedades medicinales.

Pleurotus Ostreatus es una variedad de hongo fácilmente reconocible por la forma que crece, su tamaño es relativamente grande, sus laminas blanquecinas que corren por un estípite casi ausente, y su espora de color blanquecino a lila. Fructifica en otoño y en invierno. Un número de especies similares están estrechamente relacionados y el termino amplio “Hongo Ostra” se aplica por igual a *Pleurotus Ostreatus* (Martínez y López 2010)

Actualmente, el cultivo de este género disputa con *Lentinula edodes* el segundo lugar en producción mundial, solo después de *Agaricus bisporus*. La razón de este crecimiento es que las especies de este género tienen una calidad organoléptica excelente y crecen sobre una gran diversidad de sustratos en un amplio rango de temperaturas. (Sánchez y Royce, 2013)

3.7.3 Contenido de proteína del hongo

Según Quishpilema, L. (2013) indica en su investigación que no hay diferencias significativas de porcentaje de proteína de los hongos cultivados, valores que

presentan una media general de 45,96 % de proteína. Sin embargo, Hernández, R. (2004) indica que el porcentaje de proteína en peso seco puede variar entre 10 y 30 % aunque puede llegar a ser hasta del 40 %, así mismo, el contenido de proteína de *P. ostreatus* se relaciona significativamente con el contenido de nitrógeno del sustrato. La bromatología de *P. ostreatus* es muy variable y depende del estado de desarrollo y la cepa utilizada; la variabilidad es ocasionada por diferencias en el contenido de humedad, temperatura y la presencia de nutrientes (Varnero et al., 2010).

3.7.4 Valor nutritivo

El valor nutricional de los hongos comestibles es notable, ya que constituyen una magnífica fuente de proteínas por contener hasta 35% en base seca, Este dato es significativo si se compara con el 13.2% del trigo y 25.2% de la leche. Además, contienen vitaminas, así como ácidos grasos insaturados y un bajo contenido calórico. (SAGARPA, 2016)

Dentro de la gran variedad de hongos comestibles se encuentra el *Pleurotus ostreatus*, el cual ha llegado a considerarse la principal seta comestible en Asia, destacándose no solo por su sabor y calidad sino también por sus propiedades medicinales. En los últimos años, debido al cambio en los hábitos alimenticios, se ha registrado un aumento creciente en su consumo (estimado en 0.44 Kg por persona al año, con un crecimiento promedio anual de 3.8 %), asociado a su bajo aporte calórico, una baja relación de ácidos grasos saturados a insaturados, 2.0- 4.5:1, una relación fibra dietaría total a fibra cruda mayor que la de los vegetales, una buena digestibilidad (67.75 ± 0.54 %), al contenido en compuestos funcionales (betaglucano y glucosamina), aminoácidos esenciales, minerales, vitaminas y provitaminas. (Díaz y Carvajal, 2014)

Este es uno de los géneros que contiene la mayoría de los aminoácidos esenciales y minerales, también en su estructura está formado por vitaminas como la tiamina (B1),

riboflavina (B2), ácido ascórbico, ácido nicotínico y ácido pantoténico; ácido fólico, tocoferol, pirodoxina, cobalamina y provitaminas como la ergosterina y carotenos; así también otra serie de aminoácidos esenciales. Ancestralmente se ha estimado a los hongos como alimento de calidad debido a su sabor, textura apreciable y sobre todo el alto valor alimenticio. En la actualidad los hongos juegan un papel importante en la nutrición del hombre, al igual que la carne de pescado, frutas y vegetales. (Chang y Miles, 2014)

El efecto prebiótico del *Pleurotus Ostreatus*, ya que contiene fibra dietética representada por carbohidratos no digeribles como quitina, b-a-glucanos, xilanos, mananos y galactanos (Aida et al., 2009).

La capacidad de la fibra para acelerar la tasa de acidificación De leche en la fabricación de yogur también ha sido reportada (McCann, Fabre & Day, 2011). Los estudios han indicado que los extractos de *Pleurotus Ostreatus*, ayudan a las tasas de crecimiento de las bacterias probióticas y que el efecto simbiótico del extracto puede ser exitoso con algunas cepas de *Lactobacillus* (Aida et al., 2009; Synytsya et al., 2009). Los compuestos fenólicos son agentes antimicrobianos conocidos y la supervivencia de la microbiota de yogur en yogures suplementados tiene que ser verificada (Chouchouli et al., 2013)

Tabla 2: Contenido nutricional del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*

| SUSTANCIA | PORCENTAJE (%) |
|------------------|-----------------------|
| Agua | 92.20 |
| Materia seca | 7.80 |
| Ceniza | 9.50 |
| Grasa | 1.00 |
| Proteína bruta | 39.00 |
| Fibra | 7.50 |

| | |
|------------------------|-----------------|
| Fibra cruda | 1.40 |
| Nitrógeno total | 2.40 |
| Calcio | 33 mg / 100 g |
| Fósforo | 1.34 mg/100g |
| Potasio | 3793 mg/100g |
| Hierro | 15.20 mg/100g |
| Ácido ascórbico Vit. C | 90-144mg/100g |
| Tiamina Vit. B1 | 1.1-4.80mg/100g |
| Niacina Vit. B5 | 46-108 mg/100g |
| Ácido fólico | 65 mg / 100g |

Fuente: (Chang y Miles, 2014)

3.8 PROPIEDADES MEDICINALES DEL *PLEUROTUS OSTREATUS*

La demanda creciente de alimentos más sanos, hacen que los hongos comestibles como *Pleurotus ostreatus* ganen espacio en la industria, posicionándose como una alternativa para la seguridad alimentaria, gracias a su composición nutricional y principios bioactivos que están siendo ampliamente estudiados; entre estos compuestos los β – glucanos son de especial interés. (Ruilova *et al.*, 2014).

El hongo ostra (*Pleurotus spp.*) Es uno de los géneros comestibles más comercializados del mundo. *Pleurotus ostreatus* es fuente de compuestos bioactivos como compuestos fenólicos, fibra dietética (carbohidratos no digeribles, como fuentes de prebióticos) y tiene actividad antioxidante, antiinflamatoria, antiviral, efectos inmunomoduladores, además de disminuir el colesterol (Aida, Shuhaimi, Yazid y Maaruf, 2010)

3.8.1 Efectos antitumorales

Las “setas” (*Pleurotus ostreatus*), contienen cantidades importantes de polisacáridos de estructura molecular compleja, a los cuales se les ha encontrado una importante capacidad antitumoral, es decir, se ha comprobado a nivel laboratorio que estas sustancias son capaces de retardar y disminuir el tamaño de algunos tipos de tumores, además de prevenir la formación de estos (Mueller, G., *et al*, 2005).

3.8.2 Efectos antivirales

Se ha encontrado que el micelio del *Pleurotus* contiene una mezcla de diferentes polisacáridos de bajo peso molecular y sustancias similares a la Zeatina, las cuales contienen citoquinina, estas son sustancias similares a fitohormonas que se sabe tienen efectos antivirales y que no causan efectos colaterales ni toxicidad en pacientes enfermos (Mueller, G., *et al*, 2005).

3.8.3 Efecto antiinflamatorio

Pleurotus son componentes de 8 carbonos en su estructura molecular, y son las moléculas que originan el aroma y sabor característico que distingue a este tipo de hongos, estas sustancias han demostrado tener una fuerte capacidad antibacteriana, antiinflamatoria contra diferentes tipos de agentes infecciosos (Guzmán, G. 2005).

3.8.4 Control del colesterol

Se ha demostrado a nivel experimental con ratas de laboratorio que el consumo frecuente de setas disminuye el nivel de ácidos grasos en sangre y el colesterol en el hígado, con un efecto antiaterogénico favorable, es decir que puede ayudar a prevenir el endurecimiento de las arterias y como consecuencia la prevención de posibles enfermedades cardiovasculares lo cual también podría ocurrir en seres humanos. Por otro lado, en los cuerpos fructíferos del *Pleurotus ostreatus*, se ha encontrado en forma natural una sustancia que baja el colesterol, los triglicéridos y las lipoproteínas de muy baja densidad (Guzmán, G. 2005).

3.8.5 Efecto antioxidante

Pleurotus o setas, poseen sustancias con propiedades antioxidantes, por lo que pueden constituir una fuente potencial de bio-antioxidantes, o de preparaciones complejas con propiedades antioxidantes (Mueller, G., *et al*, 2005).

3.9 DESHIDRATACIÓN

3.9.1 Generalidades

Deshidratación o secado es un método de procesamiento de alimentos mediante la aplicación de calor, específicamente de aire caliente. Es un procedimiento simultáneo de transferencia de calor y de masa, acompañado de un cambio de fase. Se define como "la aplicación de calor bajo condiciones controladas para remover la mayoría del agua normalmente presente en los alimentos mediante evaporación". El procedimiento para llevar a cabo el secado o deshidratado debe seguir una determinada secuencia, en la que debe considerarse principalmente la temperatura de secado, la misma que debe ser controlada para evitar el sobrecalentamiento y el deterioro. (Espinoza, 2016)

El deshidratado de alimentos es uno de los métodos más antiguos de conservación de alimentos. El principal propósito es extender la duración de estos por la reducción del agua contenida en ellos; de esta forma se inhibe el crecimiento microbiano y la actividad enzimática, pero la temperatura del proceso es generalmente insuficiente para causar su inactivación. Por lo tanto, cualquier aumento en la humedad contenida durante el almacenamiento, como por ejemplo debido a empaque defectuoso puede resultar en un rápido deterioro. La reducción de peso y volumen resultan en una reducción de costos de transporte y almacenamiento. Generalmente se considera un procedimiento de alto costo, debido a la energía requerida. (Espinoza, 2016).

3.9.2 Principales características

El proceso de deshidratación presenta varias características, dentro de las cuales podemos manifestar las siguientes:

- Permite conservar todos los alimentos (frutas, verduras, carnes, pescados, setas, hierbas, especias), comidas (purés, comidas), elaboraciones de dieta cruda (crackers, galletas, pizza, rollitos, tartas, crepes, snacks, barritas, granolas) y otras aplicaciones (fermentar pan, secar flores).
- Conservación durante meses o años: la conservación es más larga cuanto menos agua retengan y alimentos totalmente deshidratados se conservan perfectamente durante años en envases cerrados.
- Mantiene las propiedades nutricionales de los alimentos: mejor conservación cuanto menor sea la temperatura de deshidratado.
- Los sabores se intensifican, al concentrarse. Las frutas se convierten en verdaderas golosinas.
- Reduce el espacio de almacenaje, manipulación y transporte.
- Son por ello ideales para cuando viajamos, hacemos excursiones (ocupan poco, no manchan, son nutritivos y deliciosos).
- Podemos conservar excedentes de cosechas
- Podemos conservar esas frutas o verduras que no gastamos antes de que se echen a perder. (Villén, 2012)

3.9.3 Tipos de deshidratación

3.9.3.1 Deshidratado solar indirecto

En el secado indirecto no se exponen los alimentos directamente a la radiación solar, para disminuir la decoloración y el agrietamiento en la superficie de estos. Los secadores solares indirectos poseen una unidad colectora solar donde ingresa el aire y una cámara de secado separada donde se almacenan los productos a secar. En el secado solar indirecto el calor necesario para la evaporación se transfiere de forma

convectiva desde el aire caliente hacia el material húmedo. Con el secado indirecto se alcanza un mayor control de las condiciones de secado, por lo que se obtiene un producto de mejor calidad. (J Espinoza, 2016)

3.9.3.2 Deshidratado artificial

Es un método controlado de secado. También es el más caro ya que requiere de una cámara de secado calentada por gas, electricidad o biomasa. Existen varios tipos y tamaños de secadores disponibles para satisfacer las necesidades de los productores. Las ventajas son que la velocidad de secado puede ser cuidadosamente controlada independientemente de las condiciones climáticas externas para lograr un producto seco de alta calidad. (J Espinoza, 2016)

CAPÍTULO IV

MARCO METODOLÓGICO

4.1 MATERIALES

4.1.1 Localización de la Investigación

Este trabajo de investigación se desarrolló en la Universidad Estatal de Bolívar, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, Carrera de Ingeniería Agroindustrial, instalaciones del Complejo Agroindustrial y el laboratorio del Departamento de Investigación, los mismos que se encuentran ubicados según el detalle que se presenta a continuación:

Tabla 3: Localización de la investigación a desarrollar

| UBICACIÓN | LOCALIDAD |
|-----------|---------------------------------|
| Provincia | Bolívar |
| Cantón | Guaranda |
| Sector | Laguacoto II |
| Dirección | Vía Guaranda – San Simón Km 1 ½ |

4.1.2 Situación geográfica y climática

Tabla 4: Parámetros de la situación geográfica y climática

| PARAMETROS | VALOR |
|-------------------------|---------------|
| Altitud | 2800 msnm |
| Latitud | 01°34'15" sur |
| Temperatura mínima | 8°C |
| Temperatura media anual | 13°C |
| Temperatura máxima | 18°C |
| Humedad | 75% |

Fuente: (Estación Meteorológica Universidad Estatal de Bolívar. Laguacoto II, 2017)

4.1.3 Zona de vida

El Complejo Agroindustrial donde se desarrolló este trabajo de investigación corresponde a la zona de vida: Bosque Húmedo Montano Bajo (BHMB), según la clasificación del botánico climatólogo Leslie Holdridge (1971).

4.1.4 Material experimental

- Hongo *Pleurotus ostreatus* deshidratado
- Leche entera
- Leche descremada
- Fermento láctico para yogur *streptococcus lactis* y *lactobacillus bulgaricus*
- Colorante y saborizante

4.1.5 Materiales de campo

- Libreta de apuntes
- Cámara fotográfica
- Bidones de aluminio
- Lienzo de tela
- Jarras plásticas y metálicas
- Acidómetro
- Hidróxido de sodio 0.1 N
- Fenolftaleína al 2% en alcohol
- pH metro HI 98127
- Lactoscan Milk Analyzer
- Balanza gramera
- Termómetro
- Viscosímetro Brookfield RV (RVF, RVF-100 o RVT)
- Termo lactodensímetro
- Tina de incubación

- Cocina industrial a gas
- Paleta de madera
- Batidora de yogurt
- Envasadora de acero inoxidable
- Envases plásticos de polietileno de alta densidad de 250 ml
- Probeta de 500 ml

4.1.6 Materiales de oficina

- Computadora
- Pen drive
- Impresora
- Copiadora
- Papel bond
- Esferográficos

4.2 MÉTODOS

4.2.1 Factores en estudio

Del tema de investigación planteado se desprenden los siguientes factores de estudio, los mismos que se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 5: Factores en estudio a desarrollar en la investigación

| FACTORES | CÓDIGO | NIVELES |
|--|---------------|--|
| Concentración de hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> deshidratado | A | A ₁ = 1% A ₂ = 2% A ₃ = 3% |
| Tipo de leche | B | B ₁ = leche entera B ₂ = leche descremada |

4.2.2 Tratamientos

Los tratamientos que se plantearon a partir de los factores de estudio y que sirvieron como guía para la realización de la investigación, se presenta en la tabla a continuación:

Tabla 6: Detalle de los tratamientos acorde a las combinaciones realizadas.

| TRATAMIENTO | CÓDIGO | DETALLE |
|-------------|-------------------------------|--|
| 1 | A ₁ B ₁ | Concentración de hongo 1% + leche entera |
| 2 | A ₁ B ₂ | Concentración de hongo 1% + leche descremada |
| 3 | A ₂ B ₁ | Concentración de hongo 2% + leche entera |
| 4 | A ₂ B ₂ | Concentración de hongo 2% + leche descremada |
| 5 | A ₃ B ₁ | Concentración de hongo 3% + leche entera |
| 6 | A ₃ B ₂ | Concentración de hongo 3% + leche descremada |

4.2.3 Tipo de diseño experimental o estadístico

En esta investigación al existir la importancia de evaluar el efecto combinado o de interacción de dos factores: factor A: Concentración de hongo *Pleurotus ostreatus* liofilizado y factor B: tipo de leche, se realizó un diseño experimental DCA en arreglo factorial A x B con 2 repeticiones, en la que cada respuesta experimental se expresó por el modelo matemático siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + R_k + \epsilon_{ij}$$

Dónde:

μ = Efecto global

A_i = efecto del i ésimo nivel del factor A; $i = 1, \dots, a$

B_j = efecto del j ésimo nivel del factor B; $j = 1, \dots, b$

$(AB)_{ij}$ = efecto de la interacción entre los factores A,B

R_k = efecto de las repeticiones, $k = 1, \dots, r$

ϵ_{iik} = Residuo o error experimental

4.2.3.1 Características Generales del DCA

Desde el punto de vista económico, los diseños DCA en arreglo A x B resultan ser eficientes puesto que permiten simultáneamente docimar varias hipótesis. En efecto, con la misma tabla de análisis de varianza es posible que evaluemos lo siguiente:

- La ausencia de los efectos significativos principales de los factores A y B, lo que equivale a decir que el cambio de niveles de tales variables no incide estructuralmente sobre la respuesta experimental.
- A ausencia de efecto combinado significativo (interacción) de los factores; es decir que el cambio de nivel del factor A no incide en el comportamiento del factor B y viceversa sobre la variable respuesta. (Saltos, 2010)

4.2.3.2 Esquema del análisis de varianza

El esquema del análisis de varianza que se propone desarrollar en la investigación acorde a los factores planteados es la siguiente:

Tabla 7: Esquema del análisis de varianza

| F Variación | SC | GL | CM | RV=F |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|-------------|
| Replicaciones | SCR | (r-1) | CMR | |
| Factor A | SCA | (a-1) | CMA | CMA/CME |
| Factor B | SCB | (b-1) | CMB | CMB/CME |

Fuente: (Saltos, 2010)

La disposición de la matriz anterior permitió calcular las sumas de cuadrados (SC), los grados de libertad (GL), los cuadrados medios (CM) y la razón de varianza (RV= F).

De este modelo propuesto se desprendieron las siguientes características:

- Unidad experimental = 500 ml
- Factores en estudio = 2
- Tratamientos = 6
- Repeticiones = 2
- Unidades experimentales = 12

Además, las características con las que se desarrolló el diseño experimental en base al modelo matemático propuesto fueron las siguientes:

Tabla 8: Grados de libertad del diseño experimental propuesto.

| FUENTE DE VARIACIÓN | GRADOS DE LIBERTAD |
|----------------------------|---------------------------|
| Total | 11 |
| Factores estudio | 1 |
| Tratamientos | 5 |
| Error | 5 |

- Se realizó la tabla de análisis de varianza ADEVA.
- Se elaboró la prueba de Tukey al 95% para comparar promedios de los tratamientos en los factores A y B e interacción AB
- Análisis económico en la relación Costo / Beneficio

4.2.4 Procedimiento

4.2.4.1 Mediciones experimentales en la materia prima

- **Potencial de hidrógeno**

Se determinó el potencial de hidrógeno (pH) mediante el método del potenciómetro según la metodología establecida en la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 0389:86, medición que se realizó a la leche de vaca entera y descremada que fue utilizada para la elaboración del yogurt.

- **Acidez titulable**

Este procedimiento se realizó para determinar el porcentaje de ácido láctico presente en la leche y se desarrolló mediante el método de titulación con hidróxido de sodio 0,1 N con indicador de fenolftaleína, según la metodología propuesta en la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 381

- **Grasa**

Esta medición se la realizó mediante la utilización del equipo electrónico especializado denominado “LactoScan Milkanalyzer”, el mismo que arrojó valores porcentuales del componente solido graso, seguidamente fue contrastada con la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 9.

- **Proteína**

Esta medición se la realizó mediante la utilización del equipo electrónico especializado denominado “LactoScan Milkanalyzer”, el mismo que arrojó valores porcentuales del componente proteico de la leche comprendida por la caseína, seguidamente fue contrastada con la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 9.

4.2.4.2 Mediciones experimentales en el producto (yogurt con hongo)

- **Potencial de hidrógeno**

Se determinó el potencial de hidrógeno (pH) mediante el método del potenciómetro según la metodología establecida en la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 0389, medición que se realizó al yogurt elaborado con las diferentes concentraciones de hongo y tipos de leche.

- **Acidez titulable**

Este procedimiento se realizó para determinar el porcentaje de ácido láctico presente en el yogurt, se desarrolló mediante el método de titulación con hidróxido de sodio con indicador de fenolftaleína, según la metodología propuesta en la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 381

- **Viscosidad**

Para la determinación de esta propiedad del yogurt se utilizó un viscosímetro rotacional Brookfield RV (RVF, RVF-100 o RVT) que utilizó el principio de rotación de un cilindro sumergido en 100 ml de muestra del yogurt a analizar y por lectura directa en unidades de Pa.s

- **Sinéresis**

Se evaluó mediante el volumen de líquido que exudó el yogurt, se midió 10 ml de yogurt en tubos de ensayo, se centrifugó a 3000 rpm por 10 minutos, el porcentaje de sinéresis se calculó mediante la relación: $S = (M2/M1) * 100$; donde: S= sinéresis, M2 Pérdida de peso después de la centrifugación, M1 = peso de la muestra.

4.2.4.3 Mediciones experimentales en el mejor tratamiento

- **Potencial de hidrógeno**

Se determinó el potencial de hidrógeno (pH) mediante el método del potenciómetro según la metodología establecida en la norma técnica ecuatoriana NTE INEN

0389:86, medición que se realizó al yogurt elaborado con las diferentes concentraciones de hongo y tipos de leche.

- **Acidez titulable**

Este procedimiento se realizó para determinar el porcentaje de ácido láctico presente en el yogurt, se desarrolló mediante el método de titulación con hidróxido de sodio con indicador de fenolftaleína, según la metodología propuesta en la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 381:86

- **Sinéresis**

Se evaluó mediante el volumen de líquido que exudó el yogurt, se midió 10 ml de yogurt en tubos de ensayo, se centrifugó a 3000 rpm por 10 minutos, el porcentaje de sinéresis se calculó mediante la relación:

$$S = (M2/M1) * 100$$

Dónde:

S= Sinéresis

M2= Pérdida de peso después de la centrifugación,

M1 = Peso de la muestra.

- **Mohos y Levaduras**

Este análisis microbiológico se realizó mediante la metodología establecida en la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1529:10 -11, ya que debido a la presencia de endulzante en el yogurt puede desarrollarse levaduras y debido al porcentaje de agua pueden desarrollarse mohos.

- **Coliformes totales**

Este análisis microbiológico se desarrolló siguiendo el procedimiento estipulado en la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1529-7, el mismo que evaluó la calidad higiénica del producto y proceso de elaboración del yogurt.

- **Análisis sensorial**

Se realizó al producto final elaborado, tuvo la finalidad de evaluar el grado de aceptación del yogurt mediante un estudio de preferencias sensoriales debidas al color, olor, sabor, aroma, textura y aceptabilidad, medidos mediante una escala hedónica de 5 puntos.

- **Determinación de la relación costo beneficio**

Se realizó el análisis de la relación costo - beneficio del mejor tratamiento, y se determinó de la siguiente manera:

- ✓ Reunir datos provenientes de factores importantes del proceso de producción.
- ✓ Determinar los costos relacionados con cada factor. Algunos costos, como la mano de obra, serán exactos mientras que otros deberán ser estimados.
- ✓ Sumar los costos totales para cada decisión propuesta.
- ✓ Determinar los beneficios en dólares para cada decisión.
- ✓ Poner las cifras de los costos y beneficios totales en la forma de una relación donde los beneficios son el numerador y los costos el denominador:
Beneficios/Costos.
- ✓ Comparar las relaciones Beneficios a Costos para las diferentes decisiones propuestas. La mejor solución, en términos financieros es aquella con la relación más alta de beneficios a costos.

4.3. MANEJO DEL EXPERIMENTO

4.3.1 Recepción

Una vez que la leche llegó al complejo agroindustrial procedente del centro de Acopio “Tony” de la ciudad de Guaranda se lo recibió en recipientes de acero inoxidable previamente lavados y esterilizados.

4.3.2 Filtrado

Consistió en hacer pasar la leche por un lienzo de tela fina donde se eliminó las posibles impurezas que pudo tener la leche, para evitar que pasen a la siguiente etapa del proceso y puedan contaminar el yogurt.

4.3.3 Pasteurizado y Añadido del Hongo

La pasteurización tuvo como finalidad someter la leche a una temperatura de 85 °C por 5 minutos para eliminar carga microbiana, contribuir a la coagulación de las proteínas del suero, mejorar el sabor y la calidad de almacenamiento. En este punto se añadió el edulcorante en una proporción de 10 % respecto al volumen de leche. También en este punto se añadió el hongo *pleorotus ostreatus* deshidratado y pulverizado según los porcentajes establecidos en el diseño experimental.

4.3.4 Descenso de Temperatura

Se realizó para disminuir la temperatura de leche hasta llegar a la temperatura óptima para adicionar el cultivo láctico, se enfrió hasta los 40 – 45 °C, el enfriado fue rápido para evitar que pase mucho tiempo al ambiente y pueda contaminarse.

4.3.5 Inoculado

Se añadió cultivo láctico para yogurt a razón de 100 ml por cada litro de leche, se mezcló correctamente y lo más pronto posible para evitar posibles contaminaciones del ambiente.

4.3.6 Incubado

La mezcla anterior fue incubada a una temperatura de 42 °C por un lapso de 4 a 6 horas, tiempo en el que el yogurt adquirió un pH de aproximado de 4,4 a 4,7.

4.3.7 Batido

Con el uso de paletas de acero inoxidable se procedió a mezclar el producto de una forma manual, además tuvo como objetivo que el yogurt se enfríe para que no entre muy caliente a la cámara de refrigeración.

4.3.8 Adición de Ingredientes

Se añadieron los ingredientes que se requirieron como el caso del saborizante y colorante a razón de 0.001 % cada uno.

4.3.9 Envasado

Con la ayuda de jarras plásticas esterilizadas se procedió a envasar en envases de polietileno de alta densidad según las cantidades establecidas.

4.3.10 Almacenamiento

Se almacenó en cámaras de refrigeración a temperaturas de 4 °C hasta su consumo.

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1. Análisis de laboratorio realizados a la materia prima

Para la elaboración del yogurt saludable utilizando el hongo *Pleurotus ostreatus* como espesante, se procedió a elaborar análisis de laboratorio a la materia prima, en este caso la leche de vaca entera y descremada, estos análisis fueron pH, acidez, grasa, proteína y viscosidad.

Los resultados obtenidos de los análisis de laboratorio realizados a la leche entera se detallan en la tabla que se presenta a continuación:

Tabla 9: Resultados de análisis de laboratorio realizados a la leche entera.

| pH | Acidez (%) | Grasa (%) | Proteína (%) |
|-----------|-------------------|------------------|---------------------|
| 6,82 | 0,16 | 3,89 | 2,95 |

Fuente:(Investigación de campo, 2017)

Del mismo modo se procedió a elaborar análisis de laboratorio a la leche descremada, resultados que se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 10: Resultados de análisis de laboratorio realizados a la leche descremada

| pH | Acidez (%) | Grasa (%) | Proteína (%) |
|-----------|-------------------|------------------|---------------------|
| 6,86 | 0, 14 | 0,1 | 2,90 |

Fuente:(Investigación de campo, 2017)

Con los valores obtenidos de las mediciones experimentales realizadas para la determinación de pH, acidez, grasa y proteína, se procedió a comparar con los

resultados obtenidos en las normas establecidas, en este caso se extrae los datos de la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 9:2012 y se elaboró la tabla que se presenta a continuación:

Tabla 11: Valores reportados en bibliografía para la leche entera y descremada (*)

| pH | Acidez (%) | Grasa (%) | Proteína (%) |
|-----------|-------------------|------------------------|---------------------|
| 6,8 – 7,0 | 0,13 – 0,17 | Min: 3,0 * Max: 0,1 | Min: 2,9 |

Fuente: (NTE INEN 9:2012)

En base a los resultados reportados en la tabla 13, se procede a comparar con los valores obtenidos en las mediciones experimentales realizadas para la leche entera y descremada, concluyendo que los parámetros de pH, acidez, grasa y proteína obtenidos a nivel de laboratorio cumplen con los requisitos establecidos en la norma 09:2012, por lo tanto se establece que la materia prima utilizada para la producción del yogurt saludable utilizando el hongo *Pleurotus ostreatus* como espesante, cumplen los requisitos de calidad solicitados para este tipo de producto.

5.2. Análisis de laboratorio realizados al producto terminado

5.2.1 Determinación de pH

La elaboración del yogurt saludable utilizando el hongo *Pleurotus ostreatus* como espesante fue analizado mediante la determinación de pH y acidez, estos análisis tuvieron la finalidad de establecer la calidad del producto final elaborado y sobre todo que el producto cumpla con los parámetros mínimos que establece la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2395: 2011 para leches fermentadas. Las mediciones experimentales fueron realizadas a una muestra de 10 ml por cada tratamiento con sus respectivas réplicas. Los resultados obtenidos se presentan a continuación:

Tabla 12: Resultados de pH realizados al yogurt elaborado

| Tratamientos | PROMEDIO |
|---------------------|-----------------|
| T1 R1 | 4,7 |
| T2 R1 | 4,7 |
| T3 R1 | 4,9 |
| T4 R1 | 4,7 |
| T5 R1 | 4,8 |
| T6 R1 | 4,7 |
| T1 R2 | 4,7 |
| T2 R2 | 4,7 |
| T3 R2 | 4,6 |
| T4 R2 | 4,7 |
| T5 R2 | 4,8 |
| T6 R2 | 4,8 |

En la tabla 14 se presentan los resultados obtenidos de la medición de pH al yogurt saludable utilizando el hongo *Pleurotus ostreatus* como espesante, la medición fue realizada a los 12 tratamientos correspondientes a los días 0,7,14, 21 y 28, resultados que se encuentran expresados en la tabla adjunta en el anexo 3.

Para establecer la variación entre los factores y niveles de estudio, se procedió a realizar la tabla de análisis de varianza ADEVA mediante el uso del programa estadístico Statgraphics como se detalla a continuación:

Tabla 13: Análisis de varianza para el pH del yogurt elaborado.

| <i>Fuente</i> | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|----------------|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|
| FACTOR A | 0,011666 | 2 | 0,00583333 | 0,70 | 0,5330 |
| FACTOR B | 0,003333 | 1 | 0,00333333 | 0,40 | 0,5504 |
| INTERACCIÓN AB | 0,001666 | 2 | 0,00083333 | 0,10 | 0,9063 |
| RESIDUOS | 0,050000 | 6 | 0,00833333 | | |
| TOTAL | 0,0666667 | 11 | | | |

La tabla ADEVA elaborada determina el nivel de interacción de la respuesta experimental pH frente a los dos factores de estudio: concentración de hongo *Pleurotus ostreatus* y tipo de leche; por lo tanto, los valores P prueban la significancia estadística de cada uno de estos factores.

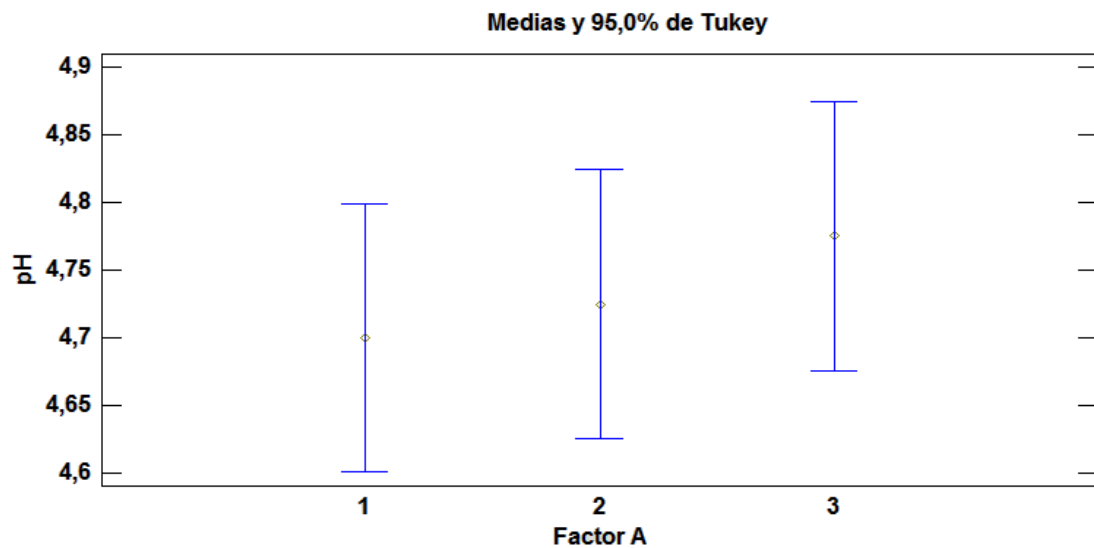
Debido a que ningún valor P es menor que 0,05 se establece que ninguno de los dos factores estudiados con sus correspondientes niveles tiene un efecto estadísticamente significativo sobre el pH con un 95,0 % de nivel de confianza. De este modo se hace necesario determinar cuál de los niveles de cada uno de los factores presenta mejores resultados, para este efecto se desarrolló la prueba de rangos múltiples mediante el método de Tukey al 95 %, como se presenta en la tabla a continuación:

Tabla 14: Prueba de Tukey al 95 % para el factor A

| <i>Factor A</i> | <i>Media LS</i> | <i>Sigma LS</i> | <i>Grupos Homogéneos</i> |
|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------------|
| 1 | 4,700 | 0,0456435 | X |
| 2 | 4,725 | 0,0456435 | X |
| 3 | 4,775 | 0,0456435 | X |

En la tabla anterior se aplicó un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son diferentes de otras. No existen diferencias estadísticas entre las medias de los tres niveles de estudio (1 %, 2 % y 3 %) correspondientes al factor A, al 95 % de confianza. Se identificó un grupo homogéneo según la alineación de las X's lo que demuestra que no existen diferencias estadísticas entre los 3 niveles pues se encuentran dentro del mismo grupo.

Gráfico 1: Prueba de Tukey al 95 % para el factor A



Del mismo modo se elaboró la prueba de rangos múltiples mediante el método de Tukey al 95 % para el factor B: tipo de leche, los resultados obtenidos se presentan en la tabla a continuación:

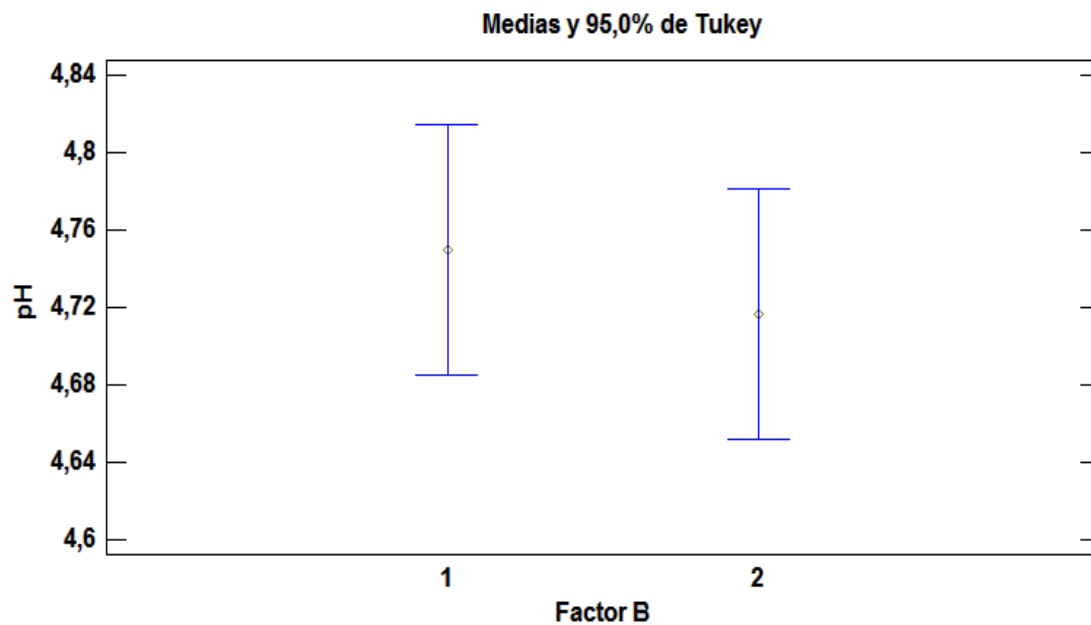
Tabla 15: Prueba de Tukey al 95 % para el factor B

| <i>Factor B</i> | <i>Media LS</i> | <i>Sigma LS</i> | <i>Grupos Homogéneos</i> |
|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------------|
| 2 | 4,716 | 0,0372678 | X |
| 1 | 4,750 | 0,0372678 | X |

No existen diferencias estadísticas entre las medias de los dos niveles de estudio (leche entera y leche descremada) correspondientes al factor B, al 95 % de confianza. Se identificó un grupo homogéneo según la alineación de las X's lo que demuestra que no existen diferencias estadísticas entre los 2 niveles pues se encuentran dentro del mismo grupo.

El nivel 2 (leche descremada) presenta mejores resultados pues según la norma INEN 2395:2011 el pH del yogurt debe encontrarse estar entre un rango de 4,5 a 4,7; por ende, el valor de 4,716 correspondiente al pH del nivel 2 cumple con los establecido en la normativa. Lo manifestado se puede demostrar de forma gráfica como se presenta a continuación:

Gráfico 2: Prueba de Tukey al 95 % para el factor B



Para determinar cuál de los 6 tratamientos propuestos en la investigación es el mejor, se elaboró la tabla de cuadrados mínimos como se presenta a continuación:

Tabla 16: Valores promedio de la interacción de los factores AB en el yogurt elaborado.

| <i>Interacción AB</i> | <i>Media LS</i> | <i>Sigma LS</i> | <i>Grupos Homogéneos</i> |
|-----------------------|-----------------|-----------------|--------------------------|
| 1-1 | 4,70 | 0,0645497 | X |
| 1-2 | 4,71 | 0,0645497 | X |
| 2-2 | 4,71 | 0,0645497 | X |
| 2-1 | 4,75 | 0,0645497 | X |
| 3-2 | 4,75 | 0,0645497 | X |
| 3-1 | 4,80 | 0,0645497 | X |

La tabla anterior presenta la media del pH para cada uno de las interacciones, de esta se concluye que la interacción A1B1: 1 % de concentración de hongo *Pleurotus ostreatus* + leche entera correspondiente al tratamiento T1 presenta el mejor resultado pues se encuentra en el rango de pH comprendido entre 4,5 – 4,7 establecido en la norma INEN 2395:201 con un valor de 4,70, lo que contribuye a evitar el desarrollo de bacterias patógenas indeseables y lograr que el yogurt se conserve de mejor manera durante su proceso de almacenamiento.

Además, se muestra que no existe diferencia estadística entre los niveles de la interacción pues conforman un solo grupo homogéneo, lo que quiere decir que los valores obtenidos están estrechamente ligados sin representar una alta diferencia entre ellos.

5.2.2 Determinación de Acidez (%)

La elaboración del yogurt saludable utilizando el hongo *Pleurotus ostreatus* como espesante fue analizado mediante la determinación acidez, estos análisis tuvieron la finalidad de establecer la calidad del producto final elaborado y sobre todo que el producto cumpla con los parámetros mínimos que establece la norma técnica

ecuatoriana NTE INEN 2395: 2011 para leches fermentadas. Las mediciones experimentales fueron realizadas a una muestra de 10 ml por cada tratamiento con sus respectivas réplicas, las muestras fueron evaluadas a los días 0, 7,14, 21 y 28 tomando con referencia los valores promedios. Los resultados obtenidos se presentan a continuación:

Tabla 17: Valores de acidez realizados al yogurt elaborado.

| Tratamientos | Promedio en Porcentaje (%) | Promedio en Grados Dornic (°D) |
|---------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|
| T1 R1 | 0,71 | 7,1 |
| T2 R1 | 0,80 | 8,0 |
| T3 R1 | 0,82 | 8,2 |
| T4 R1 | 0,62 | 6,2 |
| T5 R1 | 0,69 | 6,9 |
| T6 R1 | 0,79 | 7,9 |
| T1 R2 | 0,69 | 6,9 |
| T2 R2 | 0,75 | 7,5 |
| T3 R2 | 0,79 | 7,9 |
| T4 R2 | 0,75 | 7,9 |
| T5 R2 | 0,71 | 7,5 |
| T6 R2 | 0,80 | 8,0 |

En la tabla 17 se presentan los resultados obtenidos de la medición de acidez realizado al yogurt saludable utilizando el hongo *Pleurotus ostreatus* como espesante, la medición fue realizada a los 12 tratamientos correspondientes a los días 0, 7,14, 21 y 28; resultados que se encuentran expresados en la tabla adjunta en el anexo 3 y que para efectos de cálculo la tabla anterior presenta los valores promedio. Para

establecer la variación entre los factores y niveles de estudio, se procedió a realizar la tabla de análisis de varianza ADEVA mediante el uso del programa estadístico Statgraphics como se detalla a continuación:

Tabla 18: Análisis de varianza para la acidez del yogurt elaborado.

| <i>Fuente</i> | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|----------------|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|
| FACTOR A | 0,00021 | 2 | 0,0001083 | 0,06 | 0,9411 |
| FACTOR B | 0,000833 | 1 | 0,0008333 | 0,47 | 0,5179 |
| INTERACCIÓN AB | 0,028216 | 2 | 0,0141083 | 4,99 | 0,0204* |
| RESIDUOS | 0,010600 | 6 | 0,0017666 | | |
| TOTAL | 0,039866 | 11 | | | |

* Diferencia significativa

La tabla ADEVA elaborada determinó el nivel de interacción de la respuesta experimental acidez frente a los dos factores de estudio: concentración de hongo *Pleurotus ostreatus* y tipo de leche; por lo tanto, los valores P prueban la significancia estadística de cada uno de estos factores.

Debido a que los valores P del factor A con un resultado de 0,9411 y del factor B con un resultado de 0,5179 son mayores que 0,05 se establece que no tienen efecto estadístico sobre la acidez con un 95,0 % de nivel de confianza. Por otro lado, el valor P de la interacción AB con un resultado de 0,0204 es menor que 0,05 por tanto se establece que la interacción tiene un efecto estadísticamente significativo sobre la acidez con un 95 % de confianza.

Para determinar cuál de los niveles de cada uno de los factores presenta mejores resultados, se desarrolló la prueba de rangos múltiples mediante el método de Tukey al 95 %, como se presenta en la tabla a continuación:

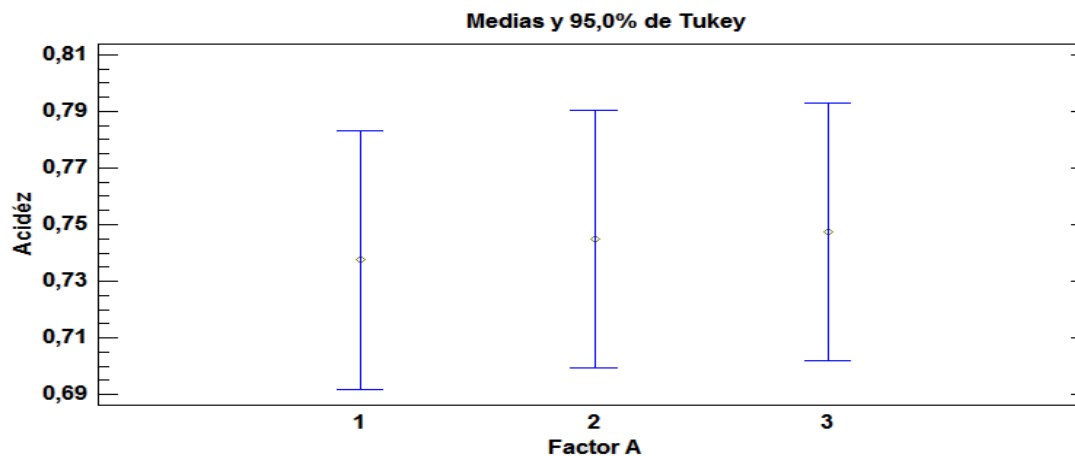
Tabla 19: Prueba de Tukey al 95 % para el factor A

| <i>Factor A</i> | <i>Media LS</i> | <i>Sigma LS</i> | <i>Grupos Homogéneos</i> |
|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------------|
| 1 | 0,737 | 0,0210159 | X |
| 2 | 0,745 | 0,0210159 | X |
| 3 | 0,747 | 0,0210159 | X |

En la tabla anterior se aplicó un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son diferentes de otras. No existen diferencias estadísticas entre las medias de los tres niveles de estudio (1 %, 2 % y 3 %) correspondientes al factor A, al 95 % de confianza. Se identificó un grupo homogéneo según la alineación de las X's lo que demuestra que no existen diferencias estadísticas entre los 3 niveles pues se encuentran dentro del mismo grupo.

El nivel 1 (1 % de concentración del hongo *Pleurotus ostreatus*) presenta mejores resultados pues según la norma INEN 2395:2011 la acidez del yogurt debe encontrarse entre un rango de 0,6 y 1,5 %; por ende, el valor de 0,737 es considerado como el mejor pues al tener el valor cerca al límite inferior presenta una mejor acidez, lo que impide que los microorganismos indeseables se reproduzcan de forma acelerada. Lo manifestado se puede demostrar de forma gráfica como se presenta a continuación:

Gráfico 3: Prueba de Tukey al 95 % para el factor A



Del mismo modo se elaboró la prueba de rangos múltiples mediante el método de Tukey al 95 % para el factor B: tipo de leche, los resultados obtenidos se presentan en la tabla a continuación:

Tabla 20: Prueba de Tukey al 95 % para el factor B

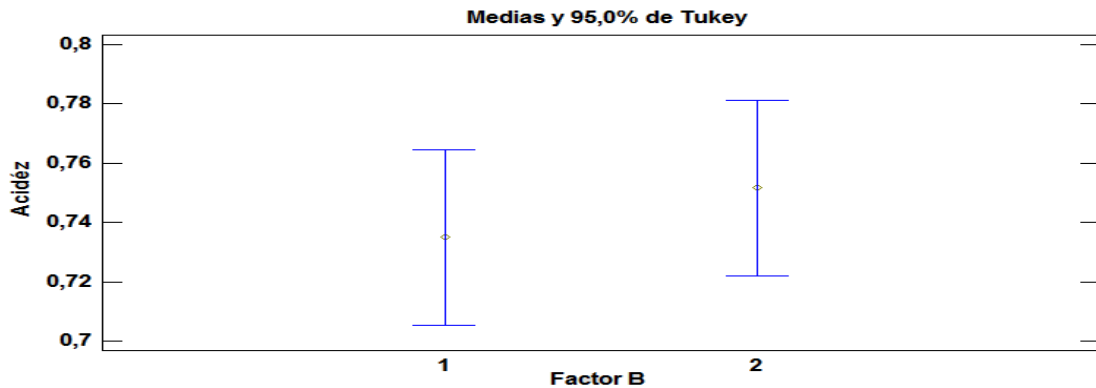
| <i>Factor B</i> | <i>Media LS</i> | <i>Sigma LS</i> | <i>Grupos Homogéneos</i> |
|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------------|
| 1 | 0,735 | 0,0171594 | X |
| 2 | 0,751 | 0,0171594 | X |

No existen diferencias estadísticas entre las medias de los dos niveles de estudio (leche entera y leche descremada) correspondientes al factor B, al 95 % de confianza. Se identificó un grupo homogéneo según la alineación de las X's lo que demuestra que no existen diferencias estadísticas entre los 2 niveles pues se encuentran dentro del mismo grupo.

El nivel 1 (leche entera) presenta mejores resultados pues según la norma INEN 2395:2011 la acidez del yogurt debe encontrarse entre un rango de 0,6 a 1,5 %; por ende, el valor de 0,735 es considerado como el mejor pues al tener el valor cerca al

límite inferior presenta una mejor acidez, lo que impide que los microorganismos indeseables se reproduzcan de forma acelerada. Lo manifestado se puede demostrar de forma gráfica como se presenta a continuación:

Gráfico 4: Prueba de Tukey al 95 % para el factor B



Para determinar cuál de los 6 tratamientos propuestos en la investigación es el mejor, se elaboró la tabla de cuadrados mínimos como se presenta a continuación:

Tabla 21: Valores promedio de acidez en la interacción de los factores AB en el yogurt elaborado.

| <i>Interacción AB</i> | <i>Media LS</i> | <i>Sigma LS</i> | <i>Grupos Homogéneos</i> |
|------------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------------|
| 2-1 | 0,68 | 0,0297209 | X |
| 1-1 | 0,70 | 0,0297209 | X |
| 3-2 | 0,70 | 0,0297209 | X |
| 1-2 | 0,77 | 0,0297209 | X |
| 3-1 | 0,79 | 0,0297209 | X |
| 2-2 | 0,80 | 0,0297209 | X |

La tabla anterior presenta la media de los valores de acidez para cada uno de las interacciones, se concluye que la interacción A2B1: 2 % de concentración de hongo *Pleurotus ostreatus* + leche entera correspondiente al tratamiento T3 presenta el

mejor resultado pues se encuentra en el rango de acidez comprendido entre 0,6 % – 1,5 % establecido en la norma INEN 2395:201, pues este tratamiento con un valor de 0,68 se encuentra muy cercano al límite inferior lo que garantiza que se genere una alta acidez que contribuye a evitar el desarrollo de bacterias patógenas indeseables y lograr que el yogurt se conserve de mejor manera durante su proceso de almacenamiento. Además, existe diferencia estadística entre los niveles de la interacción pues conforman dos grupos homogéneos existiendo diferencias entre los tratamientos propuestos.

5.2.3 Determinación de la Viscosidad (Pa.s)

La medición de la viscosidad permite detectar posibles alteraciones al producto elaborado, tal es el caso de cambios de color, contenidos de sólidos, estabilidad y densidad, por ende, este parámetro es un indicativo de la búsqueda constante de la calidad física del yogurt elaborado. Los resultados obtenidos se presentan a continuación:

Tabla 22: Valores de viscosidad (Pa.s) medidos en el yogurt elaborado.

| Tratamiento | Viscosidad Promedio |
|--------------------|----------------------------|
| T1 R1 | 600,4 |
| T2 R1 | 738,6 |
| T3 R1 | 771,2 |
| T1 R2 | 852,8 |
| T2 R2 | 884,6 |
| T3 R2 | 1002,8 |
| T4 R1 | 478,2 |
| T5 R1 | 558 |
| T6 R1 | 712,4 |
| T4 R2 | 761,0 |
| T5 R2 | 830,2 |
| T6 R2 | 888,0 |

En la tabla 22 se presentan los resultados obtenidos de la medición de viscosidad realizado al yogurt saludable utilizando el hongo *Pleurotus ostreatus* como espesante, la medición fue realizada a los 12 tratamientos correspondientes a los días 0, 7,14, 21 y 28; resultados que se encuentran expresados en la tabla adjunta en el anexo 3 y que para efectos de cálculo la tabla anterior presenta los valores promedio.

Para establecer la variación entre los factores y niveles de estudio, se procedió a realizar la tabla de análisis de varianza ADEVA mediante el uso del programa estadístico Statgraphics como se detalla a continuación:

Tabla 23: Análisis de varianza para la viscosidad del yogurt elaborado.

| <i>Fuente</i> | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón F</i> | <i>Valor P</i> |
|----------------|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|
| FACTOR A | 58211,8 | 2 | 29105,9 | 1,17 | 0,3735 |
| FACTOR B | 9177,26 | 1 | 9177,26 | 0,37 | 0,5666 |
| INTERACCIÓN AB | 35559,1 | 2 | 17779,6 | 0,71 | 0,0279* |
| RESIDUOS | 149818, | 6 | 24969,6 | | |
| TOTAL | 252766, | 11 | | | |

*Diferencia Significativa

La tabla ADEVA elaborada determinó el nivel de interacción de la respuesta experimental viscosidad frente a los dos factores de estudio: concentración de hongo *Pleurotus ostreatus* y tipo de leche; por lo tanto, los valores P prueban la significancia estadística de cada uno de estos factores.

Debido a que los valores P de los factores de estudio y la interacción AB son menores que 0,05 se estableció que estos tienen efecto estadístico sobre la viscosidad con un 95,0 % de nivel de confianza. Para determinar cuál de los niveles de cada uno de los

factores presentan mejores resultados, se desarrolló la prueba de rangos múltiples mediante el método de Tukey al 95 %, como se presenta en la tabla a continuación:

Tabla 24: Prueba de Tukey al 95 % para el factor A

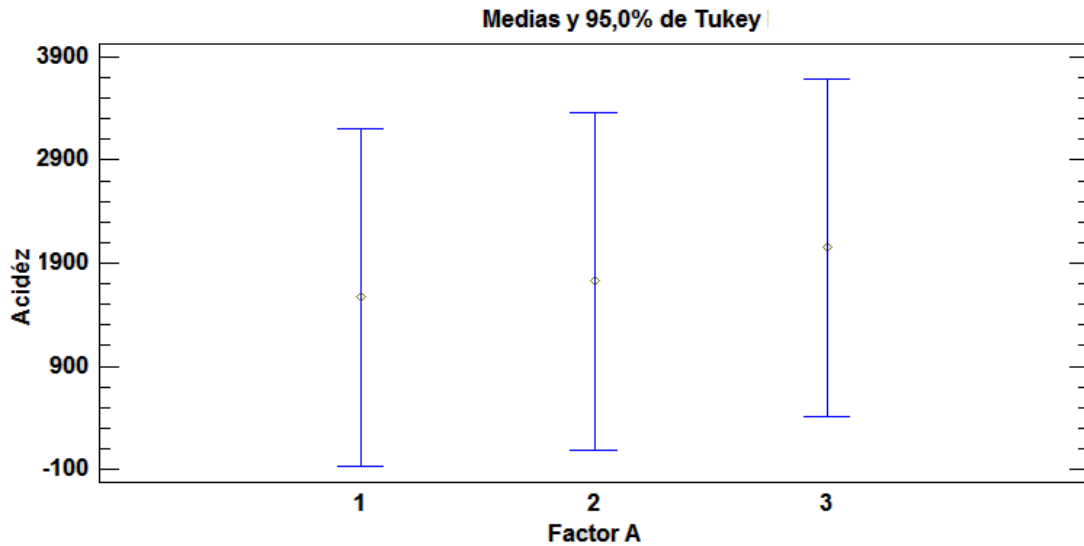
| <i>Factor A</i> | <i>Media LS</i> | <i>Sigma LS</i> | <i>Grupos Homogéneos</i> |
|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------------|
| 1 | 673,10 | 79,0089 | X |
| 2 | 752,85 | 79,0089 | X |
| 3 | 843,59 | 79,0089 | X |

En la tabla anterior se aplicó el procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son diferentes de otras. Existe diferencias estadísticas entre las medias de los tres niveles de estudio (1 %, 2 % y 3 %) correspondientes al factor A, al 95 % de confianza. Se identificó un grupo homogéneo según la alineación de las X's lo que demuestra que existen diferencias estadísticas entre los 3 niveles pues se encuentran dentro del mismo grupo. Lo cual establece que la viscosidad se ve alterada por la influencia de los porcentajes de concentración de hongo *Pleurotus ostreatus* (1 %, 2 % y 3 %)

El nivel 1 (1 % de concentración del hongo *Pleurotus ostreatus*) presenta mejores resultados según lo expuesto en la investigación “Efecto de la concentración de sólidos totales de la leche entera y tipo de cultivo comercial en las características reológicas del yogurt natural tipo batido” propuesto por Sánchez, 2012; y que menciona que la viscosidad del yogurt debe encontrarse entre un rango de 1500 a 2100 Pa.s; destacando que el los valores de viscosidad cercanos a 1500 Pa.s presentan mejores características pues es un producto fluido con la consistencia ideal del yogurt y que los valores de viscosidad cercanos a 2100 Pa.s presentan características de un gel más consistente y difícil de fluir.

El valor de 843,59 Pa.s es considerado como el mejor ya que al tener el valor cercano al límite inferior presenta una mejor característica de fluidez. Lo manifestado se puede demostrar de forma gráfica como se presenta a continuación:

Gráfico 5: Prueba de Tukey al 95 % para el factor A



Del mismo modo se elaboró la prueba de rangos múltiples mediante el método de Tukey al 95 % para el factor B: tipo de leche, los resultados obtenidos se presentan en la tabla a continuación:

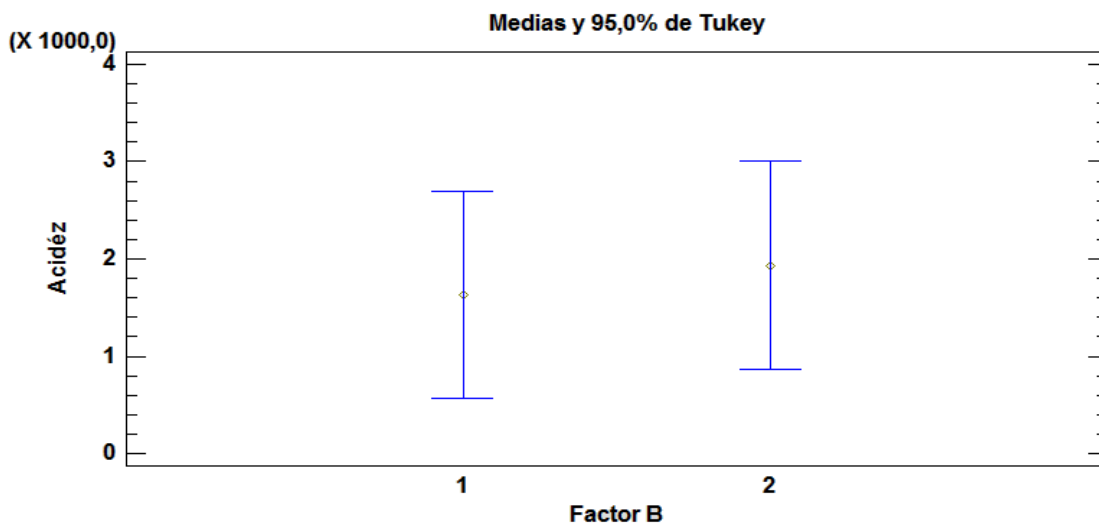
Tabla 25: Prueba de Tukey al 95 % para el factor B

| <i>Factor B</i> | <i>Media LS</i> | <i>Sigma LS</i> | <i>Grupos Homogéneos</i> |
|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------------|
| 1 | 728,858 | 64,5105 | X |
| 2 | 784,167 | 64,5105 | X |

Existen diferencias estadísticas entre las medias de los dos niveles de estudio (leche entera y leche descremada) correspondientes al factor B, al 95 % de confianza. Se identificó un grupo homogéneo según la alineación de las X's lo que demuestra que existen diferencias estadísticas entre los 2 niveles pues se encuentran dentro del mismo grupo, esto es que la viscosidad se ve alterada por el tipo de leche (entera y descremada) utilizada en la investigación.

El nivel 1 (leche entera) presenta mejores resultados según lo expuesto por Sánchez (2012) y que menciona que la viscosidad del yogurt debe encontrarse entre un rango de 1500 a 2100 Pa.s, por ende, el valor de 784,167 Pa.s, es considerado como el mejor pues al tener un valor cercano al límite inferior presenta una mejor característica de fluidez. Lo manifestado se puede demostrar de forma gráfica como se presenta a continuación:

Gráfico 6: Prueba de Tukey al 95 % para el factor B



Para determinar cuál de los 6 tratamientos propuestos en la investigación es el mejor, se elaboró la tabla de cuadrados mínimos como se presenta a continuación:

Tabla 26: Valores promedio de la viscosidad (Pa.s) en la interacción de los factores AB en el yogurt elaborado.

| <i>Interacción AB</i> | <i>Media LS</i> | <i>Sigma LS</i> | <i>Grupos Homogéneos</i> |
|-----------------------|-----------------|-----------------|--------------------------|
| 1-1 | 680,7 | 111,735 | X |
| 1-2 | 665,5 | 111,735 | X |
| 2-1 | 648,3 | 111,735 | X |
| 2-2 | 857,4 | 111,735 | X |
| 3-1 | 857,5 | 111,735 | X |
| 3-2 | 829,6 | 111,735 | X |

La tabla anterior presenta la media de los valores de viscosidad para cada uno de las interacciones, se concluye que la interacción A3B1: 3 % de concentración de hongo *Pleurotus ostreatus* + leche entera correspondiente al tratamiento T5 presenta el mejor resultado pues se encuentra cerca al límite inferior del rango de viscosidad comprendido entre 1500 a 2100 Pa.s establecido en la investigación desarrollada por Sánchez (2012), lo que garantiza que el yogurt va a tener una fluidez ideal para este tipo de productos. Además, no existe diferencia estadística entre los niveles de la interacción pues conforman un solo grupo homogéneo existiendo, lo que indica que, al elaborar yogurt con tres concentraciones de hongo y dos tipos de leche, no altera la viscosidad del mismo.

5.2.4 Determinación de sólidos grasos

EL contenido de grasa en un yogurt debe ser evaluado desde el punto de vista, químico pues mediante este análisis podemos establecer si el producto cumple los parámetros mínimos exigidos para este tipo de producto, pues para su proceso de producción suele utilizarse leche entera y descremada como es el caso de esta investigación. El contenido de grasa fue evaluado mediante el método Gerber el

mismo que se encuentra establecido en la norma INEN 12; los resultados obtenidos se presentan en la tabla a continuación:

Tabla 27: Valores promedio de sólidos grasos medidos en el producto final.

| Tratamiento | Contenido de grasa (%) |
|--------------------|-------------------------------|
| 1 | 2,1 |
| 2 | 0,8 |
| 3 | 2,0 |
| 4 | 0,9 |
| 5 | 2,1 |
| 6 | 0,9 |

En la tabla 27 se presentan los resultados obtenidos de la medición de sólidos grasos realizado al yogurt saludable utilizando el hongo *Pleurotus ostreatus* como espesante, la medición fue realizada a los 12 tratamientos correspondientes a los días 0,7,14, 21 y 28; para el análisis posterior se procedió a considerar el valor promedio de las mediciones realizadas- Para establecer la variación entre los factores y niveles de estudio, se procedió a realizar la tabla de análisis de varianza ADEVA mediante el uso del programa estadístico Statgraphics como se detalla a continuación:

Tabla 28: Análisis de varianza para los sólidos grasos del yogurt elaborado.

| Fuente | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Razón F | Valor P |
|----------------|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|
| FACTOR A | 0,0033 | 2 | 0,00166 | 0,130 | 0,834 |
| FACTOR B | 2,160 | 1 | 2,1600 | 0,170 | 0,621 |
| INTERACCIÓN AB | 0,010 | 2 | 0,0050 | 0,143 | 0,583 |
| RESIDUOS | 0,000 | 0 | | | |
| TOTAL | 2,173 | 5 | | | |

La tabla ADEVA elaborada determinó el nivel de interacción de la respuesta experimental sólidos grasos frente a los dos factores de estudio: concentración de hongo *Pleurotus ostreatus* y tipo de leche; por lo tanto, los valores P prueban la significancia estadística de cada uno de estos factores.

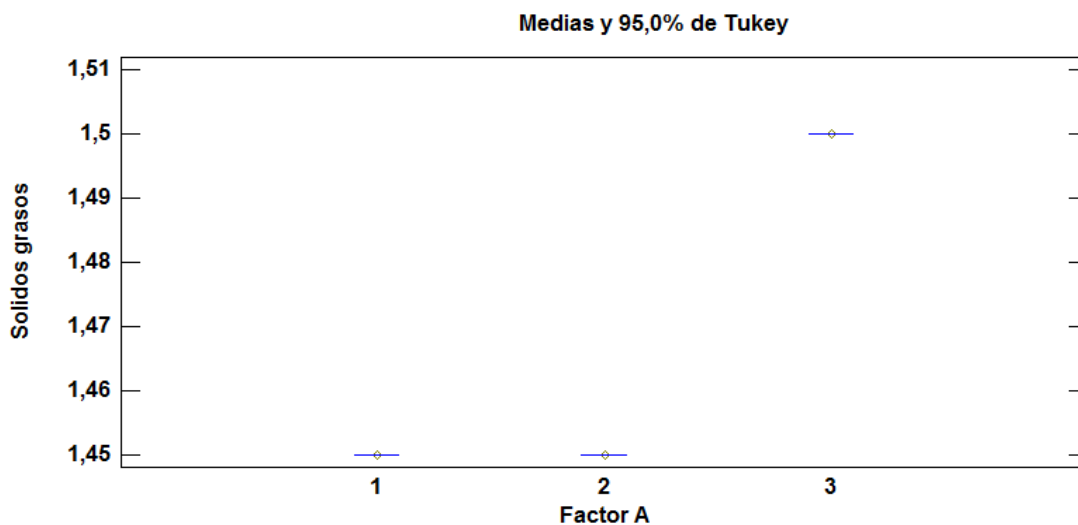
Debido a que ninguno de los valores P de los factores de estudio y la interacción AB son mayores que 0,05 se estableció que estos no tienen ningún efecto estadístico sobre los sólidos grasos con un 95,0% de nivel de confianza. Para determinar cuál de los niveles de cada uno de los factores presentan mejores resultados, se desarrolló la prueba de rangos múltiples mediante el método de Tukey al 95%, como se presenta en la tabla a continuación:

Tabla 29: Prueba de Tukey al 95% para el factor A

| <i>Factor A</i> | <i>Media LS</i> | <i>Sigma LS</i> | <i>Grupos Homogéneos</i> |
|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------------|
| 1 | 1,45 | 0,7342 | X |
| 2 | 1,45 | 0,7342 | X |
| 3 | 1,50 | 0,7342 | X |

En la tabla anterior se aplicó el procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son diferentes de otras. No existe diferencias estadísticas entre las medias de los tres niveles de estudio (1%, 2% y 3%) correspondientes al factor A, al 95% de confianza. Se identificó un grupo homogéneo según la alineación de las X's lo que demuestra que no existen diferencias estadísticas entre los 3 niveles pues se encuentran dentro del mismo grupo. Lo cual establece que los sólidos grasos no se ven alterada por la influencia de los porcentajes de concentración de hongo *pleurotos ostreatus* (1%,2% y 3%). Lo expresado anteriormente se representa en la gráfica a continuación:

Gráfico 7: Prueba de Tukey al 95% para el factor A



Del mismo modo se elaboró la prueba de rangos múltiples mediante el método de Tukey al 95% para el factor B: tipo de leche, los resultados obtenidos se presentan en la tabla a continuación:

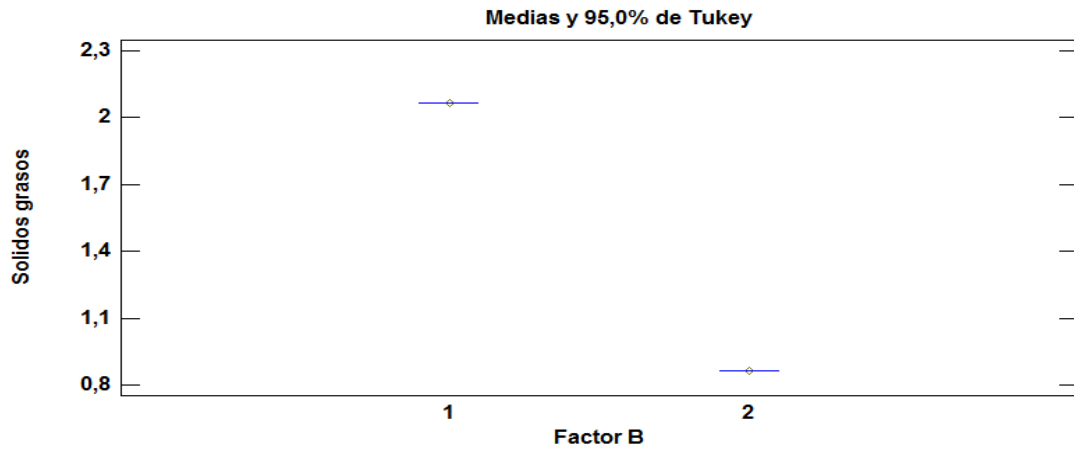
Tabla 30: Prueba de Tukey al 95% para el factor B

| <i>Factor B</i> | <i>Media LS</i> | <i>Sigma LS</i> | <i>Grupos Homogéneos</i> |
|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------------|
| 1 | 2,06 | 1,453 | X |
| 2 | 0,86 | 1,453 | X |

No existe diferencias estadísticas entre las medias de los dos niveles de estudio (leche entera y leche descremada) correspondientes al factor B, al 95% de confianza. Se identificó un grupo homogéneo según la alineación de las X's lo que demuestra que no existen diferencias estadísticas entre los 2 niveles pues se encuentran dentro del mismo grupo, esto es que la viscosidad no se ve alterada por el tipo de leche (entera y descremada) utilizada en la investigación.

Lo manifestado se puede demostrar de forma gráfica como se presenta a continuación:

Gráfico 8: Prueba de Tukey al 95% para el factor B



Para determinar cuál de los 6 tratamientos propuestos en la investigación es el mejor, se elaboró la tabla de cuadrados mínimos como se presenta a continuación:

Tabla 31: Valores promedio de sólidos grasos en la interacción de los factores AB en el yogurt elaborado.

| <i>Interacción AB</i> | <i>Media LS</i> | <i>Sigma LS</i> | <i>Grupos Homogéneos</i> |
|-----------------------|-----------------|-----------------|--------------------------|
| 1-1 | 2,1 | 1,495 | X |
| 1-2 | 0,8 | 1,495 | X |
| 3-1 | 1,89 | 1,495 | X |
| 2-2 | 0,9 | 1,495 | X |
| 2-1 | 2,01 | 1,495 | X |
| 3-2 | 0,9 | 1,495 | X |

La tabla anterior presenta la media de los valores de solidos grasos para cada una de las interacciones, se concluye que la interacción A1B1: 1% de concentración de hongo *pleurotus ostreatus* + leche entera correspondiente al tratamiento T1 presenta el mejor resultado pues supera el nivel mínimo de grasos presentado para este tipo de producto, lo que garantiza que el yogurt va a tener una fluidez ideal para este tipo de productos. Además, no existe diferencia estadística entre los niveles de la interacción pues conforman un solo grupo homogéneo existiendo, lo que indica que, al elaborar yogurt con tres concentraciones de hongo y dos tipos de leche, no altera la viscosidad del mismo.

5.3 MEDICIONES EXPERIMENTALES EN EL PRODUCTO TERMINADO

5.3.1 Análisis Sensorial

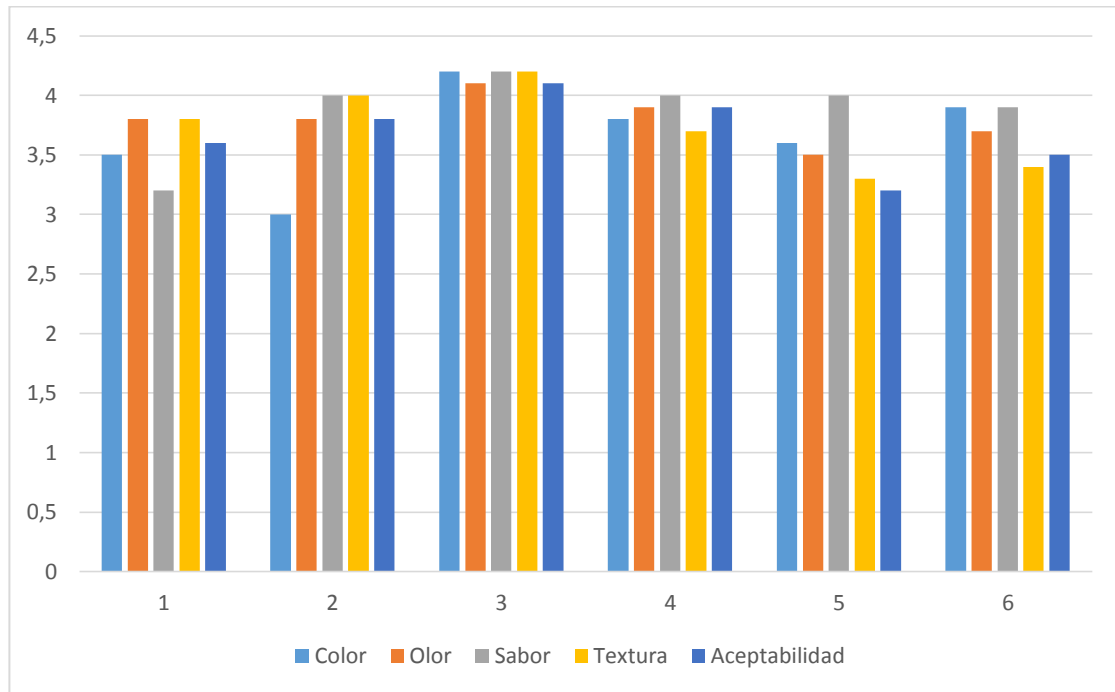
El desarrollo del yogurt saludable utilizando el hongo *Pleurotus ostreatus* como espesante fue sometido a una evaluación sensorial, las misma que fue desarrollada a un panel de 10 catadores semi entrenados, los mismos evaluaron el yogurt en relación a los atributos color, olor, sabor, textura y aceptabilidad mediante una ficha de catación en el que 1 representó el valor más bajo y 5 el valor más alto, los resultados obtenidos de esta evaluación se presentan en la tabla a continuación:

Tabla 32: Resultados promedio de la evaluación sensorial realizada al yogurt elaborado.

| Tratamiento | Color | Olor | Sabor | Textura | Aceptabilidad |
|-------------|-------|------|-------|---------|---------------|
| 1 | 3,5 | 3,8 | 3,2 | 3,8 | 3,6 |
| 2 | 3,0 | 3,8 | 4,1 | 4,0 | 3,8 |
| 3 | 4,2 | 4,1 | 4,2 | 3,9 | 4,1 |
| 4 | 3,8 | 3,9 | 4,0 | 3,7 | 3,9 |
| 5 | 3,6 | 3,5 | 4,0 | 3,3 | 3,2 |
| 6 | 3,9 | 3,7 | 3,9 | 3,4 | 3,5 |

La tabla anterior muestra que el tratamiento 3 con el código A2B1 correspondiente a: concentración de hongo 2 % + leche entera, presenta el mejor resultado de la puntuación establecida por el panel de catadores, pues tiene las más altas puntuaciones en la evaluación de los 5 atributos, resultado que concuerda con los establecido en las tablas ADEVA. Lo manifestado anteriormente se evidencia de manera gráfica a continuación:

Grafico 9: Evaluación sensorial realizada al yogurt elaborado.



5.3.2 Determinación de Proteína

Para verificar que el yogurt elaborado cumple con la característica ser saludable, se realizó la determinación de proteína mediante el método Kjendahl al mejor tratamiento (T2), el resultado obtenido fue de 16,44 % que al comparar con las especificaciones de la norma para leches fermentadas se establece que los supera ampliamente pues la misas exige que el yogurt elaborado a partir de leche entera, semidescremada o descremada tenga como mínimo 2,7 %, por tanto el yogurt obtenido supera este rango, por lo tanto es saludable y sobre todo nutritivo, aportando un alto beneficio para los consumidores.

5.3.3 Evaluación Microbiológica

El producto elaborado fue evaluado microbiológicamente al mejor tratamiento, el mismo que fue el tratamiento A2B2; se realizaron análisis de mohos, levaduras, *E coli* y coliformes totales.

Los resultados obtenidos de estas mediciones fueron comparados con la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2395:2011 con la finalidad de establecer si el producto elaborado cumple con los parámetros mínimos de calidad microbiológica y por ende que no representen un riesgo para la salud de los consumidores, los resultados obtenidos se presentan en la tabla a continuación:

Tabla 33: Análisis microbiológicos del producto elaborado

| Análisis | Unidad | Resultado |
|--------------------|---------------|------------------|
| Mohos | Ufc | <10 |
| Levaduras | Ufc | < 10 |
| E coli | Ufc | < 10 |
| Coliformes totales | Ufc | < 10 |

Fuente:(Laboratorio de Análisis y Control de Calidad de la Prefectura de Bolívar, 2017)

Los resultados obtenidos de las mediciones microbiológicas realizadas al producto elaborado fueron comparados con los rangos establecidos en la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2395:2011 para leches fermentadas, de la que se obtuvo los siguientes rangos:

Tabla 34: Análisis microbiológicos reportados en bibliografía para leches fermentadas (yogurt)

| Análisis | Unidad | Resultado |
|--------------------|---------------|------------------|
| Mohos | Ufc | Máximo: 500 |
| Levaduras | Ufc | Máximo: 500 |
| E coli | Ufc | < 10 |
| Coliformes totales | Ufc | Máximo: 100 |

Fuente: (NTE INEN 2395:2011)

Analizando los resultados obtenidos del análisis microbiológico de laboratorio y los requisitos microbiológicos reportados en bibliografía para leches fermentadas (yogurt), se determinó que el yogurt elaborado cumple con lo establecido en la norma 2395:2011, lo que demuestra que el producto fue elaborado tomando en consideración los estándares mínimos de calidad durante toda la etapa del proceso productivo.

5.3.4 Determinación de la Sinéresis

La sinéresis es uno de los defectos más comunes que se produce en la elaboración del yogurt, puede deberse a varias causas, entre las cuales se destaca la baja calidad de la leche, agitación o movimiento exagerado durante la fermentación y un exceso de fermentación que produce una sobre acidificación. Por ellos es importante que se evalué la sinéresis en el producto obtenido para garantizar la calidad física y química del mismo y sobre todo evitar pérdidas durante el proceso de producción.

La sinéresis se evaluó mediante el volumen de líquido que exudó el yogurt, se midió 10 ml de yogurt en tubos de ensayo, se centrifugó a 3000 rpm por 10 minutos, el porcentaje de sinéresis se calculó mediante la relación: $S = (M2/M1) * 100$; donde: S

= sinéresis, M2 Pérdida de peso después de la centrifugación, M1 = peso de la muestra.

En este caso se evaluó al mejor tratamiento (T2), el mismo que obtuvo un resultado de 0,45 % y que al ser comparado con la investigación desarrollada por Sánchez (2012) que señala que un yogurt debe presentar una sinéresis comprendida entre 0,2 y 49 %, por tanto, el yogurt obtenido se encuentra muy debajo de lo que se establece en la investigación, por ende, este defecto no se encuentra presente en el producto, concluyendo que la materia prima y proceso productivo fueron los más adecuados.

5. 4 ANÁLISIS DE LA RELACIÓN COSTO / BENEFICIO

Para este análisis se consideró el mejor tratamiento que fue el tratamiento T2 con el código A2B1 (concentración de hongo 2 % y leche entera), por tal motivo los rubros económicos que se generaron para producir el yogurt saludable se detallan en la tabla a continuación:

Tabla 35: Rubros utilizados para la elaboración del yogurt saludable utilizando el hongo *Pleurotus ostreatus* como espesante.

| Detalle | Unidad | Cantidad | Precio Total (UDS) |
|------------------|--------|----------|--------------------|
| Hongo | g | 20 | 0,20 |
| Leche | ml | 1000 | 0,65 |
| Fermento láctico | ml | 25 | 0,20 |
| Azúcar | g | 30 | 0,50 |
| Mano de obra | | | 0,50 |
| Envases | u | 4 | 0,40 |

| | | | |
|-----------|---|---|------|
| Etiquetas | u | 4 | 0,20 |
|-----------|---|---|------|

| | | | |
|--------------------------------|--|--|------|
| Total, de costos directos (CD) | | | 2,65 |
| Costos indirectos (CI) 25 % | | | 0,66 |

De una cantidad de 20 g de hongo y 250 ml (1 litro) de leche se obtuvo como producto final 4 envases de 250 ml, si estos envases de yogurt elaborados se venden a razón de 0,75 ctvs; por lo tanto, se obtiene 3,00 dólares de ingreso bruto; por lo tanto, la estimación del costo beneficio fue:

IB = Ingreso bruto

IB = 3,00 USD

Costo beneficio= $IB / (CD + CI)$

Costo beneficio= $3,00 / (2,65 + 0,66)$

Costo beneficio = 0,90 USD

Por lo tanto, se establece que por las unidades vendidas se obtiene 0,90 centavos de ganancia, lo que aparentemente no es atractivo, pero teniendo una producción a gran escala los ingresos aumentarían.

CAPÍTULO VI

COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Para el desarrollo del trabajo de investigación se propuso las hipótesis que se detallan a continuación:

6.1 Hipótesis Nula (H_0)

Si se podrá obtener un yogurt saludable con propiedades físico, químicas, sensoriales adecuadas y mayor vida útil con la adición del porcentaje (%) óptimo de hongo *Pleorotus ostreatus* deshidratado.

6.2. Hipótesis Alternativa (H_a)

No se podrá obtener un yogurt saludable con propiedades físico, químicas, sensoriales adecuadas y mayor vida útil con la adición del porcentaje (%) óptimo de hongo *Pleorotus ostreatus* deshidratado.

Para la comprobación de la hipótesis se procedió a considerar los valores F correspondientes al pH, acidez y viscosidad obtenidos de las tablas de análisis de varianza para el yogurt elaborado a los 0,7,14,21,28 días de almacenamiento y el valor F teórico obtenido de las tablas de la distribución F de Fisher según se presentan en la tabla a continuación:

Tabla 36: Valores de F calculado, obtenidos de las tablas ADEVA

| F calculado | F teórico |
|-------------|-----------|
| 0,10 | 5,05 |
| 4,99 | 5,05 |
| 0.14 | 5,05 |

El valor de F teórico fue extraído de tabla ingresando con 5 GL en numerador y 5 GL en el denominador, mediante la siguiente fórmula:

$$K - 1 = 6 - 1 = 5$$

$$K (n - 1) = 5 (2-1) = 5$$

Dónde:

K = tratamientos

n = número de replicas

Para establecer la aceptación o rechazo de la hipótesis planteada en la investigación, se procedió a desarrollar una regla de decisión, la misma que señala que:

Si el valor estadístico de F calculado es menor que el valor estadístico de F tabulado, se acepta la hipótesis nula (H_0) y se rechaza la hipótesis alternativa.

$$F_c < F_t$$

En base a lo manifestado tenemos que:

$$F_c (0, 10; 4,99; 0,12) < F_t (5,05)$$

Al ser los valores de F calculado-menores que el valor F teórico se acepta la se acepta la hipótesis nula que dice: Si se podrá obtener un yogurt saludable con propiedades físico, químicas, sensoriales adecuadas y mayor vida útil con la adición del porcentaje (%) óptimo de hongo *Pleorotus ostreatus* liofilizado, esto en base a lo expuesto en los resultados obtenidos.

CAPÍTULO VII

7.1 CONCLUSIONES

- Desarrollamos un yogurt saludable utilizando el hongo *Pleurotus ostreatus* como espesante, el mismo que fue evaluado en 6 tratamientos y 2 réplicas, en las que se destaca la producción del hongo mediante el proceso de deshidratación, el cual fue evaluado inicialmente mediante análisis de proteína por el método Kjendahl, reportando un valor de 21,88 %, lo que demuestra que el producto final tuvo un gran aporte proteico superado a mismo porcentaje de proteína de la leche que se encuentra en un rango de 3 a 4 %.
- Obtuvimos el hongo *Pleurotus ostreatus* deshidratado mediante el método de deshidratación, el mismo que consistió someter el hongo a un proceso de secado natural en el cual se separó el agua contenida en el hongo de esta forma se conserva los alimentos más saludables a diferencias de otras formas de conservación a temperaturas extremas y así evitar los procesos de desnaturalización de las proteínas y evitar cambio o problemas en el producto debido procesos enzimáticos y biológicos, así se pudo obtener un producto con 21,88 % de proteína.
- Formulamos el yogurt con adición del hongo pulverizado en diferentes concentraciones, la mismas que fueron del 1, 2 y 3 % representado en el factor A (concentración del hongo *Pleurotus ostreatus*), resultando la concentración del 2 % la más adecuada pues mantiene las características químicas de pH y acidez dentro del rango establecido en la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2395:2011.
- Se evaluaron las diferentes formulaciones obtenidas mediante análisis físico, químico y sensorial del producto elaborado, estos análisis se realizaron al día 0, 7, 14, 21 y 28. Las variaciones fueron descritas mediante las tablas de

análisis de varianza a partir de las evaluaciones de pH, acidez y viscosidad que no presentan diferencia estadística predominando los valores de pH con un resultado de 4,70, acidez de 0,68 % y viscosidad de 857,5 Pa.s, destacando que la viscosidad del yogurt aumentaba a medida que avanzaba el tiempo de almacenamiento, además no presentaba signos de contaminación debido a que el hongo tiene propiedades bactericidas.

- Se determinó la relación costo/beneficio en el tratamiento T2 con el código A2B1 (concentración de hongo 2 % y leche entera) a partir de una cantidad de 20 gramos de hongo y 1000 ml de leche se obtuvo como producto final 4 envases de 250 ml de yogurt, teniéndose un costo de producción de 2,65 USD, resultando una ganancia de 0,90 dólares por las unidades producidas.
- En relación con la sinéresis se obtuvo en el mejor tratamiento un resultado de 0,45 % y que al ser comparado con investigación bibliográfica que señala que un yogurt debe presentar una sinéresis comprendida entre 0,2 y 49 %, por tanto, el yogurt obtenido se encuentra dentro de estos parámetros físicos, lo que garantiza la calidad de la materia prima y el correcto manejo del procedimiento de elaboración del producto.

7.2 RECOMENDACIONES

- Desarrollar un yogurt saludable utilizando el hongo *Pleurotus ostreatus* como espesante de diferentes variedades y en diferentes procesos agroindustriales para determinar qué tipo o variedad presenta mejores resultados y sobre todo comprobar o desmentir que el proceso de liofilizado es el mejor para este tipo de productos.
- Obtener el hongo *Pleurotus ostreatus* mediante otros procesos como el caso del deshidratado por aire caliente para comprobar la eficiencia del proceso y tener alternativas de industrialización que estén al alcance de los pequeños productores.
- Formular el yogurt con adición del hongo en diferentes presentaciones como el caso de extracto de hongo o en trozos para tener una manipulación mínima del hongo y aprovechar de una manera íntegra el producto de características de mínimo procesamiento como el caso de un escaldado o blanching.
- Evaluar las diferentes formulaciones del hongo mediante otros análisis de tipo físico químico como el caso de vitaminas, minerales, agentes antioxidantes que nos conlleve a establecer un producto altamente nutritivo que brinde amplios beneficios a los consumidores.
- Continuar con los procesos investigativos de este tipo que permitan seguir innovando productos alimenticios a partir de un producto muy nutritivo como es el caso del hongo *Pleurotus ostreatus*.

BIBLIOGRAFÍA

Acosta, U. y Bustos, Z. 2012. Cultivo de *Pleurotus ostreatus*, en la planta Probiote. Tesis. Químico Farmacéutico. Universidad Autónoma de Chiapas, Chiapas, México. P 57

Aguilar, D. y Alvarado S. 2012. Elaboración de una línea de productos para diabéticos a base de stevia rebaudiana. Tesis pregrado. Antiguo Cuscatlán. SV. Universidad Dr. José Matías Delgado. P 152.

Alarcón Mangini J, Alarcón Menendes P. Nutrientes funcionales, aparato digestivo y beneficios potenciales para el niño Rev. gastroenterol. Perú v.22 n.1 Lima ene./mar. 2002

Alder, M. Zubillaga, M. 2014. Girgolas: una alternativa de diversificación productiva para los valles Patagónicos. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires Argentina. P 32.

Andrade H., 2014. Estudio de factibilidad para la creación de una pequeña empresa productora y comercializadora de yogurt endulzado a base de stevia en la ciudad de Ibarra. Tesis Pregrado. Ibarra. Ec. Universidad Técnica del Norte. P. 177.

Carrillo, L. 2003. Microbiología Agrícola: Actividad microbiana. San Antonio de Jujuy, Argentina: Alberdi. P 95.

Chang, S. Miles, Y. 2014. Mushrooms: cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact. 2ª ed. Florida (US): CRC Press, .451 p. ISBN 0-8493-1043

Condori, E. 2012. Obtención de yogurt batido mediante sustitución parcial de leche fresca con extracto de Kiwicha (*Amaranthus caudatus*). Tesis Ing. Agroind. Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurimác, Anbacay, Perú. P. 127

Cortes, M. Herrera, E. Rodríguez, E. 2015. Optimización experimental del proceso de liofilización de uchuva adicionada con componentes activos por impregnación al vacío. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. P10

Cruz, D. López, E. Pascual, L. Bataglia M. 2011. Guía técnica de producción de hongos comestibles de la especie *Pleurotus ostreatus*. Journal of Agriculture and Environment for International Development. 104 (3-4): 139 – 154

Díaz, C. Carvajal, R. 2014. Eficiencia biológica de *Pleurotus ostreatus* cultivado en fibra de palma de aceite. Universidad de Pamplona, Pamplona, España. P 7.

Galvis, E., 2009. Evaluación de la utilización de stevia en yogurt. Tesis pregrado. Bogotá. Col. Universidad Nacional de Colombia. P 95.

Gastronomía. 2012. Deshidratados y liofilizados. Revista On-line

Hernández, M. 2014., Elaboración de yogur a pequeña escala en el hogar, Instituto de Nutrición e Higiene de los Alimentos. La Habana, Cuba. P 26.

INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización) 2009. Leches fermentadas, Requisitos. 2395:2009, Primera edición. Quito. EC.

Jaramillo, I. 2013. Evaluación de tres residuos agroindustriales lignocelulosicos provenientes de cebada (*hordeum vulgare*), arroz (*oriza sativa*) y eucalipto (*eucalyptus globulus*) para el cultivo de dos cepas de hongo ostra (*pleurotus ostreatus*) bajo invernadero. Tesis Ing Agrónomo. Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, Riobamba, Ecuador. P 17.

Manzano, N. 20012. Conservación de los hongos. Asociación micológica y botánica. Segovia, España. P 54.

Noble, R. Gaze, R. 2012. Composting in aereated tunnels for mushrooms cultivation: influence of process temperatura and substrate formulation on compost bulk density and productivity. International Symposium on composting and use of composed materials for Horticulture. Acta Hort. P 82.

FAO (Food Agricultural Organization, IT). 2013. Producción de Hongos en Latinoamérica. TradeStat.

Alimentos funcionales. Internacional Food Information Council (IFIC). 2006.

Ocaña, E. 2013. Obtención de Uva Liofilizada. Tesis Ing. Químico de Alimentos. Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador. P 107.

RAH Parra - @ limentech, Ciencia y Tecnología. 2014 - ojs.unipamplona.edu.co

Romero, J. Rodríguez, M. Pérez, R. 2012. *Pleurotus ostreatus*. Importancia y tecnología de cultivo. Universidad de Cienfuegos, La Habana, Cuba. P 89.

Rosero I. 2015. (CTICH). Centro tecnológico de investigación del champiñón de la Rioja. Propiedades nutricionales y saludables de los hongos.

Ruilova, M. 2014. Evaluación de residuos agrícolas para la producción del hongo *Pleurotus ostreatus* ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, vol. 48, núm. 1, enero-abril, 2014, pp. 54-59 Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar Ciudad de La Habana, Cuba. P 89.

SAGARPA, (Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, CO). 2016. Producción de hongos seta (*Pleutorus ostreatus*). Puebla, México. P 8.

Saltos, H. 2010. Sensometría: Análisis en el desarrollo de alimentos procesados. Editorial Pedagógica Freire. Ambato Ecuador. P 258

Sánchez, A. 2015. “Producción de hongos comestibles del género *pleurotus* a partir de los residuos vegetales provenientes de la plaza de mercado del Municipio de Quibdó. Tesis Maestría. Universidad de Manizales, Manizales, Colombia. P 105.

Sánchez, J. Royce, D. 2013. La biología y el cultivo de *Pleurotus* spp. 1ª ed. Chiapas, México: Editorial UTEHA, P 290.

Sánchez, J. Enríquez, D y Castro, P. 2012. Efecto de la concentración de sólidos totales de la leche entera y tipo de cultivo comercial en las características reológicas del yogurt natural tipo batido. Revista Agroindustrial Science. Vol 2 Número (2). P 7

Silva, J., 2011 Texto Básico de Ingeniería Agroindustrial., Riobamba-Ecuador., Código Desing, P 102.

Silva, V., 2008. Proyecto Elaboración de productos alimenticios derivados de setas (*Pleurotu* sp). Universidad Juarez. Facultad de Ciencias Quimicas. Durango. Mx.

Vaca, M; Izurieta, B; Espin, N. 2014. Obtención de Extractos Enzimáticos con Actividad Celulolítica y Ligninolítica a Partir del Hongo *Pleurotus ostreatus* 404 y 2171 en Rastrojo de Maíz. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. P 7.

Vera, M. 2011. Elaboración y aplicación gastronómica del yogur. Tesis Gastronomía. Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador. P 124.

Vinza, A. Vire, C. 2011. Estudio de factibilidad para el diseño de una planta procesadora de lácteos en la ciudad de Chambo, provincia de Chimborazo. Tesis Ing. Industrial. Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, Riobamba, Ecuador. P 134.

Wilches, J. 2014. Valoración y crecimiento de hongos comestibles nutraceuticos y nutricos en sustratos agroindustriales del valle del Cauca. Tesis Maestría. Universidad de Manizales, Manizales, Colombia. P 123.




ANEXO 1

MAPA DE UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN



ANEXO 2

RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS

|  GOBIERNO AUTÓNOMO BOLÍVAR | | VERSIÓN: 03 FECHA DE APROBACIÓN: | | | | |
|---|------------------------|--|-------------------|------------------|------------------------------------|------------|
| CERTIFICADO DE ANÁLISIS DE LABORATORIO CÓDIGO : LACCA-REG-SG-03 | | | | | | |
| LABORATORIO DE ANÁLISIS Y CONTROL DE CALIDAD DE ALIMENTOS Dir: Vía Guaranda-Ambato , Guaranda Ecuador Teléfono: 2551227 ext: 1008 Correo: lab.alimentos@bolivar.gob.ec CERTIFICADO DE ANÁLISIS DE LABORATORIO | | | | | | |
| Certificado No: 17101 | | | | | | |
| Solicitud N°: 17101 | | Pág: 1 de 1 | | | | |
| Fecha de recepción: 23/05/2017 | | Fecha de ejecución de ensayos: 23/05/2017 | | | | |
| Información del cliente: | | | | | | |
| Empresa: KARLA GUAMAN | | C.I/RUC: 0201571155 | | | | |
| Representante: | | Tlf: 0988055339 | | | | |
| Dirección: SAN MIGUEL | | Email: karlysg1988@yahoo.com | | | | |
| Ciudad: SAN MIGUEL | | | | | | |
| Descripción de las muestras: | | | | | | |
| Producto: YOGUR, HARINA DE HONGOS | | Peso: 250g aprox | | | | |
| Marca comercial: N/A | | Tipo de envase: Plástico | | | | |
| Lote: N/A | | No de muestra: 2 | | | | |
| F. Elab.: Y 08/05/17, HH 15/05/17 | | F. Exp.: N/A | | | | |
| Conservación: Ambiente Refrigeración: X Congelación: | | Almac. En Lab: N/A | | | | |
| Cierres seguridad: Ninguno: X Intactos: Rotos: | | Muestreo por el cliente: X | | | | |
| RESULTADOS OBTENIDOS | | | | | | |
| MUESTRAS | CÓDIGO DEL LABORATORIO | CÓDIGO CLIENTE | ENSAYO SOLICITADO | MÉTODO UTILIZADO | UNIDADES | RESULTADOS |
| YOGUR CON ADICIÓN DE HONGOS | 17101-1 | T3 | MORBOS | AOAC 100401 | ufc | <10 |
| | | | LEVADURAS | AOAC 100401 | ufc | <10 |
| | | | E. COLI | AOAC 110402 | ufc | <10 |
| | | | COLIFORMES T | AOAC 110402 | ufc | <10 |
| | | | PROTEÍNA | KJENDABL | % | 16,44 |
| HARINA A BASE DE HONGOS | 17101-2 | T3 | PROTEÍNA | KJENDABL | % | 21,88 |
|  LABORATORIO DE ANÁLISIS Y CONTROL DE CALIDAD DE ALIMENTOS Ing. Erika Aroca Pinos | | | | | | |
| CONDICIONES AMBIENTALES: 20°C, H: 45% | | | | | | |
| Entrega de resultado via: Personal | | | | | Primera copia: Archivo Laboratorio | |
| Original: Cliente | |  Ing. Erika Aroca Pinos Responsable Laboratorio | | | | |
| Nota: los resultados emitidos, se refieren exclusivamente a la muestra recibida, el laboratorio no se responsabiliza por el uso incorrecto del presente certificado. La información es confidencial de uso exclusivo para el cliente | | | | | | |

ANEXO 3

BASES DE DATOS

Resultados de pH realizados al yogurt elaborado

| Tratamientos | Día 0 | Día 7 | Día 14 | Día 21 | Día 28 | Promedio |
|--------------|-------|-------|--------|--------|--------|----------|
| T1R1 | 4,44 | 4,48 | 4,58 | 4,77 | 4,75 | 4,7 |
| T2R1 | 4,30 | 4,32 | 4,32 | 4,95 | 4,9 | 4,7 |
| T3R1 | 4,70 | 4,75 | 4,78 | 4,96 | 4,91 | 4,9 |
| T4R1 | 4,40 | 4,44 | 4,33 | 4,88 | 4,86 | 4,7 |
| T5R1 | 4,45 | 4,50 | 4,56 | 4,98 | 4,95 | 4,8 |
| T6R1 | 4,55 | 4,56 | 4,78 | 4,65 | 4,72 | 4,7 |
| T1R2 | 4,65 | 4,76 | 4,43 | 4,87 | 4,86 | 4,7 |
| T2R2 | 4,50 | 4,65 | 4,48 | 5,32 | 4,29 | 4,7 |
| T3R2 | 4,60 | 4,70 | 4,42 | 4,99 | 4,44 | 4,6 |
| T4R2 | 4,52 | 4,73 | 4,55 | 4,82 | 4,8 | 4,7 |
| T5R2 | 4,68 | 4,74 | 4,55 | 4,89 | 4,9 | 4,8 |
| T6R2 | 4,43 | 4,45 | 4,44 | 4,91 | 4,95 | 4,8 |

Resultados de acidez (%) realizados al yogurt elaborado

| Tratamiento | Día 0 | Día 7 | Día 14 | Día 21 | Día 28 | Promedio |
|--------------------|-------|-------|--------|--------|--------|----------|
| T1R1 | 0,65 | 0,69 | 0,70 | 0,72 | 0,72 | 0,71 |
| T2R1 | 0,70 | 0,75 | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 0,80 |
| T3R1 | 0,77 | 0,78 | 0,80 | 0,82 | 0,83 | 0,82 |
| T4R1 | 0,64 | 0,66 | 0,62 | 0,62 | 0,63 | 0,62 |
| T5R1 | 0,69 | 0,72 | 0,68 | 0,69 | 0,71 | 0,69 |
| T6R1 | 0,67 | 0,75 | 0,77 | 0,79 | 0,80 | 0,79 |
| T1R2 | 0,59 | 0,60 | 0,67 | 0,69 | 0,70 | 0,69 |
| T2R2 | 0,56 | 0,65 | 0,74 | 0,75 | 0,76 | 0,75 |
| T3R2 | 0,73 | 0,76 | 0,78 | 0,80 | 0,80 | 0,79 |
| T4R2 | 0,70 | 0,72 | 0,74 | 0,75 | 0,75 | 0,75 |
| T5R2 | 0,67 | 0,69 | 0,70 | 0,72 | 0,72 | 0,71 |
| T6R2 | 0,80 | 0,83 | 0,85 | 0,85 | 0,69 | 0,80 |

Resultados de viscosidad (Pa.s) realizados al yogurt elaborado

| Tratamiento | Día 0 | Día 7 | Día 14 | Día 21 | Día 28 | Promedio |
|--------------------|--------|--------|---------|---------|---------|----------|
| T1R1 | 550,00 | 580,00 | 610,00 | 630,00 | 632,00 | 600,4 |
| T2R1 | 700,00 | 710,00 | 740,00 | 760,00 | 783,00 | 738,6 |
| T3R1 | 780,00 | 750,00 | 760,00 | 780,00 | 786,00 | 771,2 |
| T1R2 | 840,00 | 845,00 | 854,00 | 860,00 | 865,00 | 852,8 |
| T2R2 | 865,00 | 875,00 | 890,00 | 895,00 | 898,00 | 884,6 |
| T3R2 | 912,00 | 949,00 | 1003,00 | 1011,00 | 1085,00 | 1002,8 |
| T4R1 | 463,00 | 475,00 | 480,00 | 483,00 | 490,02 | 478,2 |
| T5R1 | 500,00 | 555,00 | 565,00 | 580,00 | 590,00 | 558 |
| T6R1 | 616,00 | 700,00 | 702,00 | 745,00 | 799,00 | 712,4 |
| T4R2 | 707,00 | 720,00 | 745,00 | 756,00 | 823,00 | 761,0 |
| T5R2 | 800,00 | 810,00 | 830,00 | 835,00 | 876,00 | 830,2 |
| T6R2 | 880,00 | 885,00 | 890,00 | 895,00 | 890,00 | 888,0 |

ANEXO 4

FORMATOS DE FICHAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

| Tratamientos | pH R1 | pH R2 | Acidez R1 | Acidez R2 |
|---------------------|------------------|------------------|----------------------|----------------------|
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |
| 5 | | | | |
| 6 | | | | |

**HOJA DE EVALUACIÓN SENSORIAL DEL YOGURT SALUDABLE
UTILIZANDO EL HONGO *PLEUROTUS OSTREATUS* COMO ESPESANTE**

Marque con una X el casillero que corresponda su evaluación sensorial a las diferentes muestras del yogurt presentadas.

| PARÁMETROS | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| COLOR | | | | | | |
| 5. Blanco característico | | | | | | |
| 4. Blanco tenue | | | | | | |
| 3. Crema | | | | | | |
| 2. Crema tenue | | | | | | |
| 1. Crema intenso | | | | | | |
| OLOR | | | | | | |
| 5. Agrada mucho | | | | | | |
| 4. Agrada poco | | | | | | |
| 3. Ni agrada ni desagrada | | | | | | |
| 2. Desagrada | | | | | | |
| 1. Desagrada mucho | | | | | | |
| SABOR | | | | | | |
| 5. Agrada mucho | | | | | | |
| 4. Agrada poco | | | | | | |
| 3. Ni agrada ni desagrada | | | | | | |
| 2. Desagrada | | | | | | |
| 1. Desagrada mucho | | | | | | |
| TEXTURA | | | | | | |
| 5. Denso característico | | | | | | |
| 4. Denso fluido | | | | | | |
| 3. Ni denso ni fluido | | | | | | |
| 2. Fluido | | | | | | |
| 1. Muy fluido | | | | | | |
| ACEPTABILIDAD | | | | | | |
| 5. Muy aceptable | | | | | | |
| 4. Poco aceptable | | | | | | |
| 3. Aceptable | | | | | | |
| 2. Inaceptable | | | | | | |
| 1. Muy inaceptable | | | | | | |

COMENTARIO:.....
.....

¡Gracias por su colaboración!

ANEXO 5

FOTOGRAFÍAS

RECEPCIÓN



DETERMINACIÓN DE ACIDEZ

ANÁLISIS DE LABORATORIO



MEDICIÓN LACTOSCAN

PESADO



DOSIFICACIÓN



INOCULACIÓN



FERMENTACIÓN



EVALUACIÓN SENSORIAL

ENFRIADO



ENVASADO



MEDICIÓN DE PH - YOGURT



MEDICIÓN DE ACIDEZ - YOGURT



EVALUACIÓN SENSORIAL DEL PRODUCTO ELABORADO





ANEXO 6

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Acidez titulable: Representa a los ácidos orgánicos presentes que se encuentran libres y se mide neutralizando el medio con una base fuerte, en el caso de productos lácteos se expresa en porcentaje de ácido láctico.

Hongo: Los hongos son un grupo de seres vivos diferentes de las plantas y de los animales, razón por la cual se clasifican en un reino aparte llamado Fungí.

Hongo *Pleurotus ostreatus*: es una especie de hongo parecida al champiñón, tiene forma de ostra, se distribuye y crece en zonas templadas.

Deshidratación: Es un procedimiento simultáneo de transferencia de calor y de masa, acompañado de un cambio de fase.

Mohos: Son hongos que se encuentran en ambientes con porcentajes de humedad alta, se encuentran en el ambiente y en productos expuestos a estas condiciones de humedad extrema.

Levaduras: Son organismos pertenecientes al grupo de los hongos y se encuentran principalmente en productos con alta concentración de azúcares.

Pasteurización: Proceso térmico realizado a líquidos (generalmente alimentos) para eliminar la presencia de agentes patógenos, consiste en elevar la temperatura del medio hasta 85°C por 5 minutos.

Pileo: Es el nombre técnico que se le da a la parte superior o llamado sombrero de un hongo.

Proteína: Se las denominan a las moléculas o biomoléculas que se encuentran formadas principalmente por aminoácidos, los mismos que se encuentran unidos por los denominados enlaces pépticos.

Setas comestibles: Son hongos de diferentes variedades que tienen características de ser consumidos sin que ello represente un perjuicio para la salud y que tienen un valor nutricional alto.

Tratamiento: Es una combinación de niveles del o los factores aplicados a las unidades experimentales, para poder observar el efecto que estos producen o no sobre la respuesta experimental.

Yogurt: Es el producto coagulado obtenido por fermentación láctica de la leche o mezcla de esta con derivados lácteos, mediante la acción de bacterias lácticas

Lentinula edodes: Es un hongo comestible originario de Asia del este.

Agaricus bisporus: El nombre común es champiñón es una especie de hongo basidiomiceto nativo de Europa y América del norte cultivado extensamente para su uso en gastronomía.

Calidad organoléptica: Es el sabor, el olor, el flavor y el gusto de un producto alimentario.

Reología: Es el estudio del flujo y la deformación de la materia sometidas a fuerzas, La medición de propiedades reológicas se aplica a todos los materiales, desde fluidos como soluciones diluidas.

Viscosidad: Es la resistencia que un fluido determinado ofrece antes de deformarse cuando se lo somete a un esfuerzo.

Prebióticos: Son ingredientes no digeribles de la dieta, que producen efectos beneficiosos estimulando selectivamente el crecimiento.

Probióticos: Son aquellos microorganismos vivos que, al ser agregados como suplemento en la dieta, afectan en forma beneficiosa al desarrollo de la flora microbiana en el intestino.