

1.1 ANTECEDENTES

El yogur es una buena fuente de calcio, magnesio y fósforo que son los minerales más importantes para nuestros huesos, estos minerales están en mayor cantidad en el yogur que en la leche (Vargas, 2013).

El Gobierno Nacional prevé fortalecer el desarrollo físico, mental y cognitivo de la niñez y juventud con el Fondo de Apoyo al Complejo Productivo Lácteo Proleche, mediante la promulgación de una ley cuyo proyecto ya fue aprobado en grande y detalle por la Cámara de Senadores, al margen de contribuir a la seguridad alimentaria con soberanía, facilitando el acceso de los bolivianos a los productos lácteos (LA PATRIA, 2011).

La desnutrición afecta el crecimiento y el desarrollo de la niñez, en Bolivia el 27% de los niños menores de 5 años tienen desnutrición crónica, es decir que no tienen la talla correspondiente a su edad. La leche proporciona el 40% de los requerimientos diarios de calcio que permiten el crecimiento de los huesos y músculos de los niños, al margen de contener vitaminas del grupo B, C, A, niacina, riboflavina, hierro y proteínas. En Bolivia, el 94% de las personas tienen un consumo de calcio por debajo del recomendable (FAO, 2011).

El consumo de leche en Bolivia de datos de la FAO muestran que el consumo de lácteos en Bolivia es uno de los más bajos del mundo (31,7 litros/per-cápita anualmente). De manera similar, con respecto a Sudamérica, Bolivia presenta el consumo per cápita más bajo de la región. Es importante destacar que este dato no toma en cuenta el sesgo que pueden introducir las preferencias de los consumidores sobre el consumo global de los derivados de la leche en Bolivia (FAO, 2011).

La Planta Industrializadora de Lácteos (PIL) S.A, absorbe 50% de la producción de leche, durante la gestión 2013, la producción de leche fue 529,9 millones de litros. De acuerdo a cifras oficiales, de toda esta

producción, más de la mitad es acopiada por la principal industria de país: PIL Andina S.A. Seguida por las industrias asociadas a ANDIL y en tercer lugar la estatal Lacteosbol (Flores, 2014).

De acuerdo a la Asociación Nacional de Industrias Lácteas (ANDIL), la región oriental produce de forma anual 282 millones de litros del alimento. En segundo lugar, se ubica Cochabamba, la región del valle, suma un aporte a nivel nacional de 141,764 millones de litros. Según un estudio de mercado realizado por la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Empresas (AEMP), PIL Andina ocupa el primer lugar de la producción de yogur con cerca del 60% (Flores, 2014).

De acuerdo a datos del sector, proporcionados por ANDIL, la producción anual de este producto llega a los 50 millones de litros anuales. El 29% de la producción según la AEMP, corresponden a DELIZIA. El otro 6% de producción, lo tiene SOALPRO, 3% DELICRUZ S.A., 1% ILPAZ, 1% PIL TARIJA y el resto de las empresas no llega a representar ni el 1% de la producción (Flores, 2014)

La planta Industrializadora de Leche PIL TARIJA S.A, produce una gran diversidad de derivados de productos lácteos, entre ellos se encuentran los yogures batidos, bebibles, afrutados y la incorporando apio entre otros yogures.

1.2 JUSTIFICACIÓN

- Debido que en el departamento de Tarija, las empresas lácteas elaboran una gran variedad de yogurt, sin embargo se pudo evidenciar que no existe un yogurt enriquecido con espirulina, por tal motivo se pretende incorporar al mercado este nuevo producto como un alimento nutricional.
- Se pretende elaborar yogurt saborizado, incorporando espirulina con el propósito de promocionar el consumo de un alimento funcional por sus

características específicas como mejorar la salud, reducir el riesgo de enfermedades, el aporte al sistema redox y antioxidante, así como la modificación del metabolismo de macronutrientes.

- Se pretende incorporar espirulina al yogurt batido con el propósito de aprovechar, el gran contenido de proteínas, antioxidantes, vitaminas del complejo B, calcio, hierro, potasio, carotenos y vitamina E; para disminuir el déficit nutricional.
- Se pretende elaborar yogurt enriquecido con espirulina, debido al gran interés de la población por consumir alimentos funcionales que permita llevar una dieta balanceada; ya que el gran porcentaje de fibra que contiene esta alga controla el apetito. También contiene carbohidratos complejos que regulan el nivel de glucosa en la sangre.

1.3 OBJETIVOS

Los objetivos planteados para este proyecto de elaboración de yogurt incorporando espirulina son los siguientes:

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Elaborar yogurt batido enriquecido con espirulina, mediante el proceso fermentación láctica con la finalidad de obtener un producto funcional de calidad nutricional.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Determinar las propiedades fisicoquímicas de la leche con la finalidad de poder identificar los componentes nutricionales.
- ✓ Determinar las propiedades microbiológicas de la leche.
- ✓ Determinación de la muestra patrón con respecto al atributo color.
- ✓ Determinar la dosificación preliminar para yogurt batido.
- ✓ Determinación de muestra preliminar en el proceso de fermentación
- ✓ Determinar las variables del proceso del yogurt, para conocer las condiciones del proceso.

- ✓ Determinar la dosificación de los colorantes para el atributo color del yogurt batido enriquecido con espirulina.
- ✓ Establecer una formulación para el yogurt batido enriquecido con espirulina.
- ✓ Determinar las propiedades fisicoquímicas del yogurt blanco para determinar las características.
- ✓ Determinar las propiedades microbiológicas del yogurt blanco.
- ✓ Determinar las propiedades fisicoquímicas del yogurt batido enriquecido con espirulina para determinar las características funcionales.
- ✓ Determinar las propiedades microbiológicas del yogurt batido enriquecido con espirulina.
- ✓ Determinar la variación de acidez en el proceso de fermentación.
- ✓ Determinar la variación de pH en el proceso de fermentación.
- ✓ Determinar la variación de acidez en el proceso de almacenamiento.
- ✓ Determinar la variación de pH en la etapa de almacenamiento.

1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Dado que en la provincia Cercado del departamento de Tarija las empresas de lácteos procesan una gran diversidad de yogures; sin embargo estas, no elaboran yogurt enriquecido con espirulina. Por tal motivo el proyecto pretende incorporar un producto con características funcionales, que ejerza una acción beneficiosa desde el punto de vista intestinal y de esa forma reduzca el riesgo de padecer de desnutrición en niños y personas que no gozan de una buena alimentación con alimentos de este tipo.

Así mismo en el medio local, existe carencia de productos funcionales que contribuyan en la necesidad de la población por consumir alimentos beneficiosos para la salud que le ayude a llevar una dieta alimentaria balanceada. Por lo cual se pretende incorporar al mercado un nuevo producto rico en componentes beneficiosos para el consumidor. Siendo este

un producto esencial por la gran cantidad de fibra, carbohidratos complejo, aminoácidos, vitaminas y minerales.

1.5 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Cuál será el proceso de fermentación láctica a ser aplicado para la elaboración de yogurt enriquecido con espirulina con la finalidad de obtener un producto de calidad nutricional.

1.6 PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS

Mediante el control de variables del método fermentativo y la incorporación de espirulina se podrá obtener un yogurt batido enriquecido con características nutricionales.

2.1 ORIGEN DEL YOGURT

El origen del yogurt se sitúa en Turquía aun, que también hay quien lo ubica en los Balcanes, Bulgaria o Asia Central. Su nombre tiene el origen en un término búlgaro: “**jaurt**”. Que significa leche cuajada (Villarroel, 2014).

En el año 1903 Stamen Grigoroff descubrió la bacteria causante de la fermentación láctica para obtener un producto final la cual en su honor llevó su nombre y actualmente llamada lactobacillus bulgaricus. Así también Iliia Mechnikov aportó significativamente con sus investigaciones; ya que se descubrió el yogurt es un excelente agente antienvjecimiento y que las bacterias presentes en la flora intestinal contribuyen al buen funcionamiento del aparato digestivo si se ingiere de manera regular y constante en este derivado de la leche (Barco, 2007).

2.2 DEFINICIÓN DEL YOGURT

Bajo la denominación específica del yogurt de acuerdo al CODEX ALIMENTARIUS, el yogurt se define como un producto de leche coagulada obtenida por fermentación láctica mediante la acción de dos bacterias lácticas, lactobscillus bulgaricus y estreptococcus thermophils a partir de la leche pasteurizada y son responsables de la acidificación del medio. Es un alimento de alto valor nutritivo que regularizan la flora intestinal, restablece las funciones hepáticas y del fácil digestibilidad (FAO, 2001).

El yogur es un alimento funcional, un derivado lácteo. Desde la antigüedad es ampliamente conocido los efectos en la salud humana del yogur, entre ellos figuran: prevención de cáncer de colon, disminución de colesterol, mejoramiento de la flora intestinal, efectos en el sistema inmune y prevención de helicobacter pylori, entre otros. Las bacterias responsables de estos efectos son: ácido-lácticas-probióticas como Bifidobacterias, Streptococcus y principalmente Lactobacillus (Parra, 2012).

El yogur es un producto lácteo fermentado, que resulta del crecimiento de las bacterias lácticas, siendo las dos más importantes: *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*. Es la leche agria o ácida por excelencia elaborada a base de estos microorganismos que producen ácido láctico a partir de la lactosa (Acevedo, 2009).

De esta fermentación resulta un líquido suave y viscoso, o un gel de textura firme, uniforme, con la mínima sinéresis y con sabor característico. Existen tres tipos principales de yogur: firme, batido y líquido, cada uno de ellos en forma natural o adicionada con sabores o frutas (Blanco, 2006).

2.3 CLASIFICACIÓN DEL YOGURT SEGÚN SU CONSISTENCIA Y SABOR

Según (Veisseyre, 2010), el yogurt se clasifica según su consistencia y sabor:

➤ **Según su consistencia**

- 1.- Yogurt firme
- 2.- Yogurt batido
- 3.- Yogurt líquido

➤ **Según su sabor**

- 1.- Yogurt natural
- 2.- Yogurt con frutas.
- 3.- Yogurt aromatizado

2.3.1 POR SU ESTRUCTURA FÍSICA/CONSISTENCIA

Según (ANEJO III, 2015), el yogurt se clasifica por su estructura física y consistencia como ser:

Firme o clásico.- El coágulo se mantiene íntegro, con lo que su estructura es una masa continua semisólida. La coagulación de la leche se lleva a cabo en el recipiente de venta al consumidor.

Batido.- El coágulo está roto por lo que la estructura es una masa casi líquida muy viscosa. La coagulación se realiza en depósito y, después de fermentada la leche, se rompe el coagulo antes de la refrigeración y envasados finales.

Líquido.- Es el yogur batido de baja viscosidad, con un extracto seco inferior, normalmente homogeneizado.

2.3.2 POR SU CONTENIDO EN GRASA

Según la (F.A.O, 2015), el yogurt también se clasifica por su contenido de grasa, como ser:

- a) **Normal o entero.-** Con más del 3% de grasa. Elaborados con leche con su contenido normal de grasa.
- b) **Medio o semidesnatado.-** Entre el 0,5 y el 3% de grasa. Elaborados con leche semidesnatada.
- c) **Desnatado.-** Con un máximo de 0,5% de grasa. Elaborados con leche desnatada.
- d) **Yogur enriquecido.-** Se les añade crema, aumentando así su valor energético, textura y sabor. Este es también el caso del denominado yogur griego, enriquecido fundamentalmente en materia grasa.

La legislación española establece que el yogur debe tener un mínimo del 2% de grasa, y que aquellos yogures que tengan menos del 0,5% de grasa se denominarán desnatados. En algunos países, como Holanda, Alemania y Rusia, se elabora un tipo de yogur denominado «yogur balcánico», con un contenido de grasa de entre el 4,5 % y el 10 % (ANEJO III, 2015).

2.3.3 POR LOS PRODUCTOS AÑADIDOS, ANTES O DESPUÉS DE LA FERMENTACIÓN, O APLICACIÓN DE TRATAMIENTO TÉRMICO DESPUÉS DE LA FERMENTACIÓN

Según (ANEJO III, 2015), la normativa de calidad del yogur que fue modificada en el año 2014, cambia la fecha de caducidad por la de consumo apropiado, y distingue entre seis tipos de yogures:

1. Yogur natural

Es el tradicional con un sabor ácido neutro y cuyo contenido mínimo de materia grasa de los yogures debe ser de 2%, salvo para los yogures «semidesnatados», en los que estará entre (2,0 y 0,5)%, y para los yogures «desnatados», en los que será igual o inferior a 0,5%.

2. Yogur azucarado

Este tipo de yogur es tal y como el yogur natural, pero además se le añade azúcar o azúcares comestibles.

3. Yogur edulcorado

Este tipo de yogur es como el yogur natural, pero se le añaden edulcorantes autorizados. Muchas veces los yogures desnatados son también edulcorados. Es probable que en ellos el contenido energético sea menor, pero habría que mirar en cada caso si lleva más ingredientes grasos.

4. Yogur con fruta, zumos y/u otro productos naturales

Este tipo de yogur es el yogur natural al que se le han añadido frutas, zumos y/u otros productos naturales. Se presentan como «Yogur con...». Se pueden utilizar como materias primas frutas y hortalizas (frescas, congeladas, en conserva liofilizadas o en polvo), puré de frutas, pulpa de frutas, compota, mermelada, confitura, jarabes, zumos, miel, chocolate, cacao, frutos secos, coco, café, especias y otros alimentos procesados o no. La normativa permite que lleven en pequeña cantidad gelatina y estabilizantes, así como

almidones comestibles distintos de aditivos alimentarios. La cantidad mínima de yogur en el producto terminado es del 70%.

5. Yogur aromatizado

Este tipo de yogur se presenta como «Yogur o yoghourt sabor a...» seguido del nombre de la fruta o producto al que corresponda el agente aromático utilizado. Son yogures naturales a los que se han añadido aromas y otros ingredientes alimentarios con propiedades aromatizantes autorizados.

6. Yogur pasteurizado después de la fermentación

Este tipo de yogur también es llamado de larga conservación (dos a cuatro meses). Es el producto obtenido a partir del yogur que, como consecuencia de la aplicación de un tratamiento térmico posterior a la fermentación equivalente a una pasteurización, ha perdido la viabilidad de las bacterias lácticas específicas. Su almacenado, distribución y conservación pueden realizarse a temperatura ambiente.

2.4 YOGURT PROBIÓTICO

El yogurt probiótico es un yogurt suave, con cultivos de bacterias probióticas, que se obtiene por acidificación de la leche mediante la fermentación producida por bacterias ácido lácticas que producen como mínimo el 95% del ácido láctico dextrógiro L (+) del ácido láctico total. La mejor comprensión del papel que desempeñan los microorganismos en la alimentación humana ha permitido el desarrollo de un nuevo tipo de producto, los llamados “alimentos funcionales” (Bioforce y Vogel, 2008).

Los alimentos probiótico contienen microorganismos que influyen positivamente en el bienestar, gracias a que mejoran el equilibrio microbiológico de la flora intestinal (Bioforce y Vogel, 2008).

Según (Parzanese, 2007), “con la denominación de probióticos, se entiende los microorganismos vivos que, administrados en cantidades adecuadas, confieren beneficios para la salud del consumidor.

Los probióticos están destinados a mejorar la población de bacterias beneficiosas intestinales que se encuentran en el intestino, ya que promueven su desarrollo. Al crecer en el intestino y adherirse a la mucosa intestinal, evitan que otras bacterias dañinas se implanten y ejerzan sus funciones negativas, actuando como una barrera que evita la colonización del intestino por gérmenes patógenos (Bernácer, 2017).

Un alimento probiótico según (Lee y Salminen, 1995) es aquel que cumple una serie de requisitos muy específicos tales como ser:

- Los microorganismos que lo componen deben sobrevivir al ambiente ácido del estómago a la presencia de las sales biliares y al proceso digestivo.
- Sus componentes deben ser capaces de colonizar el intestino y formar una barrera protectora contra bacterias patógenas como la ***Escherichia coli***, ***Salmonella***, ***Staphilococcus***, ***Cándida***, entre otros.
- Debe ayudar a metabolizar los carbohidratos y absorber las vitaminas en el tracto intestinal.
- Debe disminuir y prevenir el riesgo de contraer enfermedades además de mejorar el estado de salud.

2.5 YOGURT PREBIÓTICO

Según (Parzanese, 2007), con la denominación de prebiótico, se entiende el ingrediente alimentario o parte de él (no digerible) que posee un efecto benéfico para el organismo receptor, estimulando el crecimiento selectivo y/o actividad de una o de un número limitado de bacterias en el colon y que confiere beneficios para su salud.

Un prebiótico son hidratos de carbono, no digeribles, no absorbibles y fermentables por las bacterias del colon, incluso dentro de la clasificación de la fibra dietética, la misma que produce un efecto beneficioso en el hospedador al estimular el crecimiento selectivo y/o la actividad metabólica de un número limitado de bacterias en el colon, es decir los prebióticos constituyen el sustrato fundamental (el alimento) de las bacterias prebióticas (Roberfroid, 2005).

Según (Roberfroid, 2005), para que un ingrediente alimenticio pueda ser clasificado como prebiótico, debe cumplir los siguientes criterios:

- No debe ser hidrolizado u absorbido en la parte superior del tracto gastrointestinal, es decir, deben llegar intactos al intestino.
- Debe ser de origen vegetal.
- Debe ser un sustrato selectivo tanto para uno o varios microorganismos benéficos al colon, que son estimulados en su crecimiento y/o metabólicamente activos.

2.6 PROPIEDADES FÍSICAS DEL YOGURT

Según (Hernández, 2003), menciona que las propiedades reológicas de los alimentos son importantes para diseñar el proceso del fluido, control de calidad, almacenamiento, procesamiento y predecir la textura del alimento. La textura que se da durante la coagulación del yogurt es una característica importante que determina la aceptabilidad del producto.

2.6.1 PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL YOGURT

Las propiedades fisicoquímicas del yogurt están basadas en las propiedades de la leche y los sucesivos cambios que ocurren durante la fermentación láctica.

- **pH:** El valor del pH es una medida de la acidez o alcalinidad de una sustancia (es la medida de la concentraciones de iones de hidrogeno

presentes). Los valores de pH se presentan en una escala que se va de 1-14, donde el valor 7, es para productos neutros como el agua, por arriba de este valor son productos básicos y por debajo son ácidos, como es el caso del yogurt. El pH del yogurt es una de las principales, debido a que en su elaboración se busca disminuir el pH de la leche (6,5 – 6,7) y llegar al pH del yogurt (4,4 - 5,0) lo cual contribuye al olor y sabor característico (Illescas, 2001).

- **Ácido Láctico:** El aumento de la acidez del yogurt por la producción de ácido láctico ocasiona la coagulación de la caseína, además afecta la textura y el sabor en el producto (Fennema, 1993).

La acidez de un yogurt debe oscilar entre (0,8 – 1,8) % de ácido láctico. El porcentaje de ácido láctico adecuado es extremadamente importante para obtener un yogurt de alta calidad con sabor propio, cuerpo y textura propia, esto es para que el producto tenga el mínimo porcentaje de sinéresis durante el almacenamiento (Ankenman, 1996).

- **Humedad:** La humedad es la cantidad de agua presente en el alimento. Los enlaces que tiene el agua con otros elementos presentes es de fundamental importancia en la industria alimenticia ya que determinan la funcionalidad, el aprovechamiento y la estabilidad de los alimentos en su almacenamiento (Cadden, 1988).

El conocer la cantidad de agua libre que se encuentra en el alimento ayuda a prevenir algunas reacciones de crecimiento microbiano indeseable (Potter y Hotchkiss, 1995).

La cantidad de humedad que una fibra puede retener está en función de la fuente de fibra, el contenido de humedad del yogurt es de 87.8 %, pero su valor depende del tipo de leche y sólidos solubles en ella (Gambelli et al, 1999).

- **Color:** El color es una característica de calidad en los alimentos, el color de los productos lácteos es causado por la dispersión de la luz por los constituyentes de la leche: los glóbulos de grasa, las micelas de la

caseína, el fosfato de calcio coloidal, algunos pigmentos y la riboflavina. Al adicionar los sólidos, mayor es la dispersión por lo que el producto contiene menor luminosidad y blancura (Harper et al, 1981).

➤ **Densidad:** Es el peso por unidad de volumen y es el promedio de las densidades de sus componentes individuales, del grado de hidratación de las proteínas y del volumen específico del sistema leche-grasa. La densidad del yogurt está determinada por factores como:

a. Concentración de los elementos disueltos y en suspensión (sólidos no grasos).

b. Proporción de materia grasa.

c. La temperatura.

d. La densidad exigida para el yogurt puede lograrse por dos procedimientos:

- Concentración de la leche por sustracción de agua.

- Adición de la leche en polvo o condensada.

➤ **La viscosidad:** Es la resistencia del líquido a fluir o deformarse. Esta propiedad se relaciona con el contenido de lactosa, grasa, estructura de la caseína y los tamaños del glóbulo de grasa. La viscosidad varía con la temperatura, el estado de dispersión y la concentración de los componentes sólidos. (López, 2003).

La leche es mucho más viscosa que el agua. Esta mayor viscosidad se debe, por completo a la materia grasa en estado globular y a las macro moléculas proteicas, la viscosidad disminuye con la elevación de la temperatura. Toda modificación que actúa en las grasas o las proteínas tendrá un efecto particular en la viscosidad, la homogenización eleva la viscosidad de la leche, así como los factores que producen variaciones en el estado de hidratación de las proteínas también son causas de los cambios de viscosidad. La coagulación por acidificación para la preparación de leche ácida, se logra mediante el agregado cultivos de bacterias lácticas; estos microorganismos transforman la lactosa en ácido

láctico cuando el pH se acerca al punto isoeléctrico de la caseína aumenta la viscosidad, por lo que se obtiene fácilmente productos más espesos, con textura de gel, tal como el yogurt las condiciones necesarias para la formación del gel, establece un delicado balance en la precipitación. (Salazar, 2009).

2.6.2 COAGULACIÓN ÁCIDA DEL YOGURT

La formación de geles de proteínas de leche también es un paso crucial en la elaboración de yogurt. Este, es formado por la fermentación lenta de la lactosa y produce Ácido Láctico. El desarrollo del mismo es promovido por bacterias termofílicas: *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*. La fermentación bacteriana convierte la lactosa en Ácido láctico, el cual reduce el pH de la leche, decreciendo desde (6,7 a 4,6). Cuando la leche es tratada a altas temperaturas, la gelación tiene lugar entre pH (5,4 y 5,2). Con el descenso del pH se desordenan las propiedades estructurales internas de las micelas de caseína, debido a la solubilización de fosfato de calcio micelar (Dalgleish y Law, 1989).

A medida que las caseínas se aproximan a su punto isoeléctrico (pH 4,6) se reduce la carga neta, lo que hace disminuir la repulsión electrostática entre los grupos cargados, incluyendo los residuos de fosfoserina que se exponen cuando el fosfato de calcio micelar es solubilizado. La atracción electrostática aumenta la atracción proteína-proteína que también se incrementa a través de interacciones hidrofóbicas (Lucey, 2010).

2.7 ALGA ESPIRULINA

La espirulina también conocida como alga verde- azul, es una de las algas más populares en el mundo de los suplementos alimenticios dedicados al *fitness* (Physiology, 2006).

El **alga spirulina** es conocida como "alimento de los dioses" por sus propiedades nutritivas. Aporta vigor y salud, fortifica los huesos, mejora el aspecto de la piel, ideal para vegetarianos ya que es el alimento que tiene mayor concentración de vitamina B₁₂, vitamina que es muy difícil de encontrar en el reino vegetal y esencial para mantener energía física (Physiology, 2006).

2.7.1 LAS PROPIEDADES NUTRICIONALES DEL ALGA ESPIRULINA

El alga espirulina es uno de los alimentos de origen vegetal más concentrado en buenos nutrientes, sobre todo, destaca su contenido en proteínas que puede rondar el 60% en el alga deshidratada y se acompaña de un buen aporte de fibra, hidratos complejos y grasas en menor proporción entre las que destacan las poliinsaturadas o esenciales para el organismo (August, 2010).

También es importante su aporte de vitaminas y minerales que nuestro cuerpo necesita como vitaminas del complejo B, calcio, hierro, potasio, yodo, carotenos y vitamina E, éstos dos últimos con función antioxidante (August, 2010).

Aunque como todo vegetal no tiene proteínas completas porque en este caso, posee escasos aminoácidos azufrados, su perfil proteico no deja de ser considerable debido a la cantidad de este nutriente que concentra (August, 2010).

Es rica en vitamina E (agente de antienvjecimiento celular) y vitamina B1 (tiamina), importante para producir acetilcolina (un neurotransmisor). La vitamina B12 es necesaria para un normal funcionamiento del tejido nervioso, ayudando a mantener la vaina de mielina que rodea a los axones neuronales. La microalga aporta dosis de hierro, zinc, cobre y germanio, siendo este último un semiconductor que conserva los contactos eléctricos a través del sistema neurológico. La Spirulina contiene 65% de proteínas y

aminoácidos; 55 de lípidos, 7% de minerales; 20% de hidratos de carbono y 3% de humedad. Dentro de los aminoácidos esenciales esta microalga tiene: isoleucina 5,6%; leucina 8,7%; lisina 4,7%, metionina 2,3%; fenilalanina 4,5%; treonina 5,2%; triptófano 1,5% y valina 6,5%. Las vitaminas aportadas por 10 g de Spirulina en función de la dieta diaria recomendada, son: vitamina A betacaroteno 4,60 %; vitamina B1 tiamina 0,21 %; vitamina B2 riboflavina 0,21 %; vitamina B3 (niacina) 0,07 %; vitamina B6 (piridoxina) 0,04 %; vitamina B12 5,33 %; vitamina E alfa-tocoferol 0,03 % (Ponce, 2013).

2.7.2 BENEFICIOS DEL ALGA ESPIRULINA

Por su riqueza nutricional, el alga espirulina se utiliza ampliamente como complemento alimenticio que puede tener diferentes efectos en el organismo, entre ellos, como promotor del sistema inmunológico debido a que se ha comprobado que estimula la actividad de células de defensas y la producción de anticuerpos que pueden actuar contra virus y bacterias e incluso, tener un efecto anticancerígeno natural (Physiology, 2006).

Asimismo, su fibra podría actuar como prebiótico en el intestino favoreciendo la actividad de la microflora de nuestro organismo y ello, elevar las defensas, pero también, se ha investigado su potencial para reducir la nefrotoxicidad de metales pesados y drogas y su capacidad de disminuir la radiotoxicidad (Physiology, 2006).

Por otro lado, su riqueza en proteínas y en antioxidantes vuelve a la espirulina en un interesante complemento deportivo, pues científicos taiwaneses han demostrado que su uso como suplemento reduce el daño muscular y el estrés oxidativo que puede ocasionar el ejercicio en personas no entrenadas e incluso, reduce el agotamiento físico y puede favorecer la recuperación tras el esfuerzo (Physiology, 2006).

Según (Physiology, 2006). Entre los beneficios que pueden ser atribuidos de la espirulina podemos encontrar los siguientes:

- Ayuda al incremento de la masa muscular por su alto contenido en proteínas. Se ha utilizado con efectos muy positivos en niños con desnutrición en combinación con la comida habitual (no es un sustituto de las comidas).
- El aporte energético que supone tomar espirulina es apto para personas con un alto desgaste a nivel intelectual y físico.
- Aporte de hierro derivado de la clorofila que posee la espirulina.
- Aporte de vitamina A: importante para el transporte sanguíneo y la vista.
- Beta-caroteno que contiene la espirulina: que es muy útil para proteger la piel del efecto del sol por la estimulación en la secreción de melanina.
- Aporta minerales como: calcio, fósforo, hierro, manganeso, cromo, magnesio, zinc, germanio y cobre.
- Actúa sobre las prostaglandinas consiguiendo un efecto antiinflamatorio que es bueno para enfermedades como la artritis.
- La espirulina puede ser una aliada para perder peso, ya que tiene un alto contenido en fenilalanina, un aminoácido al que se le atribuye la propiedad de disminuir la sensación de hambre.

2.8 DESCRIPCIÓN DE INSUMOS PARA LA ELABORACIÓN DE YOGURT BATIDO ENRIQUECIDO CON ESPIRULINA

A continuación se muestran la descripción de los insumos a utilizar en la elaboración de yogurt enriquecido con espirulina.

2.8.1 LECHE

La composición de la leche está constituida por proteínas, grasas, hidratos de carbono, sales minerales, enzimas, pigmentos, ácidos orgánicos, gases y agua. El agua es el componente más abundante y en ella se encuentra el resto de constituyentes, formando disoluciones, dispersiones y emulsiones.

La grasa de la leche se encuentra mayormente en estado coloidal, distribuida en forma de glóbulos minúsculos que tienden a unirse unos a otros, creciendo en tamaño hasta formar una capa que sube a la superficie del líquido, debido a su menor densidad. Las proteínas de la leche se encuentran mayormente en estado coloidal; el aspecto blanquecino y opaco de la leche, se debe a complejos de proteína y sales de calcio (Vargas, 2013).

La composición de la leche de vaca varía dentro de ciertos límites, de acuerdo a distintos factores; en promedio se considera la siguiente composición: ~ proteínas 3,3% ~ grasa 3,8% ~ lactosa 4,7% ~ sales minerales 0,7% ~ agua 87,5% (Vargas, 2013).

La fracción proteica de la leche, está constituida principalmente por 2,6% de caseína y 0,7% de albúmina y globulina. Los sólidos no grasos (SNG) de leche totalizan en promedio 8,5% están constituidos por proteínas, lactosa, sales minerales, vitaminas, pigmentos. Desde el punto de vista comercial, es importante el contenido de grasa, de sólidos no grasos y el total de sólidos, ya que estos determinan el rendimiento de los derivados lácteos, como mantequilla, crema, queso, yogurt, etc. (Vargas, 2013).

La leche contiene elementos nutritivos energéticos y plásticos, además de vitaminas y minerales, necesarios para los procesos bioquímicos del organismo. Son principalmente la grasa y lactosa (azúcar de la leche). La grasa de la leche se caracteriza por su alto contenido de ácidos grasos de cadena corta (butírico, caprílico, caproico, etc.); es a partir de estos que se desarrolla parte del aroma y del sabor. Los ácidos grasos forman parte de los triglicéridos y están dispuestos de tal forma que determinan una fácil digestión en comparación con otro tipo de grasas (Vargas, 2013).

La leche de vaca sigue siendo un componente importante de la alimentación humana. Su relevancia nutricional radica fundamentalmente en dos componentes:

- 1) la fracción lipídica, formada principalmente por ácidos grasos saturados, monoinsaturados, y poliinsaturados.
- 2) la fracción proteica, donde se distinguen las caseínas, las proteínas del lactosuero, y las proteínas de la membrana del glóbulo graso (García et al, 2014).

En la tabla 2.1, se muestran la composición química de la leche de vaca, cabra y oveja.

Tabla 2.1
Composición química de la leche de vaca, cabra y oveja

Bovinos	Grasa	Proteínas totales	Caseína	Sólidos no grasos	Lactosa	Cenizas
Holstein	3,64	3,16	2,97	9,02	4,78	0,73
Pardo suiza	3,98	3,52	ND	ND	ND	ND
Guernsey	4,46	3,47	ND	ND	ND	ND
Jersey	4,64	3,73	ND	ND	ND	ND
Caprinos	3,50	3,13	2,47	8,68	4,55	0,80
Ovinos	7,62	6,21	5,16	10,33	3,70	0,90

Fuente: (Estrada, 2011)

2.8.2 EDULCORANTES

Según (Grindsted, 2000), edulcorantes es una sustancia dotada de un sabor dulce cuando es usado por una acción endulzante. Los edulcorantes pueden ser muy variados, de naturaleza y origen numeroso. Se podrían dividir en dos grupos: nutritivos, los cuales tienen un poder edulcorante inferior al de azúcar pero su carga nutritiva es mayor, por lo tanto es un ingrediente alimenticio; y los cuales de alto nivel edulcorantes, los cuales no son nutritivos comparados con el azúcar pero tienen un alto poder edulcorante y no llegan a presentar una carga significativa, por lo que son considerados como aditivos.

Los edulcorantes se agregan al yogurt con la finalidad de mejorar el sabor y en muchos casos para disminuir la acidez. Siendo estas la sacarosa; pero también le pueden usar otros como el jarabe de maíz, la miel de abeja, y edulcorantes no calóricos, como ser la sacarina, ciclamato, aspartame, etc. (Grindsted, 2000).

Los yogures azucarados tienen más azúcar añadida y vienen en muchos sabores. Los sabores más populares incluyen el de vainilla, fresa, durazno y otros sabores de frutas. Algunos fabricantes de yogur han introducido sabores innovadores como el de pastel de terciopelo rojo y tarta de manzana (FAO, 2002).

2.8.3 CULTIVOS LÁCTEOS

Los cultivos se usan en la elaboración del cultivo madre. Están formados por las bacterias *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*. Estas bacterias pueden usarse en cultivos congelados o liofilizados de uso directo, lo que reduce los riesgos de contaminación. Estos microorganismos requieren de ciertas condiciones para desarrollarse, como una temperatura adecuada, elementos nutritivos, y un nivel apropiado de acidez. En la leche encuentran estas condiciones lo que permite la fermentación láctica y en consecuencia la obtención de yogurt. En este proceso, cada una de las bacterias actúa en diferentes momentos y condiciones (Henderson, 2007).

Las bacterias del ácido láctico (BAL), bacterias ácido láctico o cultivos lácticos (cultivo al ser procesadas y multiplicadas para su utilización como grupo) comprenden un caldo de bacterias fermentadoras y productoras de ácido láctico, función por la que son empleadas en la industria para darle ciertas cualidades a los alimentos y protegerlos contra la acción de otros organismos dañinos. Uno de ellos pueden ser los lactobacilos los cuales aportan al producto un buen cuidado (Henderson, 2007).

2.8.3.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS CULTIVOS LÁCTEOS

Según (Ordoñez 1998) en el yogurt participan las siguientes bacterias termófilas:

- ***Streptococcus thermophilus***: es una bacteria gran positiva, no móvil, anaerobia facultativo, se desarrolla entre (37 – 42)°C de temperatura pero puede resistir 50°C e incluso a 65°C por media hora. Posee gran relevancia en la industria láctea, el ***S. thermophilus*** utiliza principalmente azúcares como sustrato para la producción de productos de fermentación, siendo el ácido láctico principal, esta bacteria tiene mayor poder de acidificación que el ***Lactobacillus***.
- ***Lactobacillus bulgaricus***: es una bacteria láctica homofermentativa. se desarrolla muy bien entre 42 y 45°C produce disminución del pH, puede producir hasta un 2,70% de ácido láctico, es proteolítica, produce hidrolasas que hidrolizan las proteínas. Esta es la razón por la que liberan aminoácidos como la valina, la cual es de interés porque favorece el desarrollo del ***Streptococcus thermophilus***.

Según (Tamine y Robinson, 1991), estos microorganismos deben estar en el cultivo preparado y por lo tanto en el yogurt, en una relación cuantitativa de 1:1 a 2:3 aproximadamente. Esta relación se establece esencialmente en base a tres factores:

- a) Cantidad inoculada
- b) Temperatura de incubación
- c) Tiempo de incubación

Después de realizada la inoculación, la relación entre microorganismos se modifica varias veces durante el transcurso de incubación para volver a adquirir al final del proceso el valor inicial. El origen de esto se halla en la relación verdadera simbiosis que se establece entre las dos especies bacterianas (Tamine y Robinson, 1991).

En esta simbiosis es el *S. thermophilus* la especie que inicia la fermentación láctica y que el desarrollo es muy interesante hasta un Ph de 5,50 la acidez, el consumo de oxígeno y la liberación de sustancias volátiles que produce, crea las condiciones ideales para que se desarrolle el *L. bulgaricus* (Tamine y Robinson, 1991).

Según (Tamine y Robinso, 1991). La actividad proteolítica, de los lactobacillus estimula, a su vez, el crecimiento y la actividad acidificante de los Streptococcus. Los *lactobacillus* desarrollan aparte una actividad lipolítica, por la que liberan ácidos grasos y producen además acetaldehído, constituyéndose así en los principales productores del aroma del yogurt. La calidad de un cultivo se analiza, aparte de la relación cocos-bacilos, por el número absoluto de gérmenes.

Un buen cultivo de uso debe presentar de 2 a 4 millones de gérmenes por centímetro cubico (Tamine y Robinson, 1991).

2.8.4 LECHE EN POLVO

La leche en polvo o leche deshidratada se obtiene mediante la deshidratación de leche pasteurizada. Este proceso se lleva a cabo en torres especiales de atomización, donde el agua que contiene la leche es evaporada, obteniendo un polvo de color marfil claro que conserva las propiedades naturales y sus nutriciones que tiene la leche normalmente. Este producto es de gran importancia ya que, a diferencia de la leche fluida, no precisa conservarla en frio y por lo tanto su vida útil es más prolongada (Revilla, 2000 y Murad, 2009).

Según (Maupoey, et al, 2001), la leche en polvo obtenida por atomización a pesar de poseer las propiedades de la leche natural, nunca tiene el mismo sabor de la leche fresca.

2.8.4.1 APLICACIÓN DE LA LECHE EN POLVO

Según (Milk, 2005), la leche en polvo proporciona sabor y funcionalidad en productos lácteos como yogurt:

La leche en polvo proporciona un valor nutricional excepcional a los productos lácteos. Es una fuente de proteína de buena calidad, con aminoácidos fácilmente digeribles y completamente bio-disponibles. La leche en polvo tiene alto contenido de calcio y vitaminas solubles, se puede utilizar para fortificar productos lácteos. (Sólo 100 g de leche descremada en polvo contiene 900,00 mg de calcio.), la leche en polvo contribuye a una imagen saludable con un ingrediente natural en la etiqueta.

Según (Milk, 2005), los beneficios de utilizar leche en polvo en el yogurt son:

- La leche descremada en polvo es un ingrediente insípido con un sabor lácteo placentero. Proporciona sólidos de la leche sin impartir sabor o aromas indeseables. Permite que el sabor del cultivo del yogurt se desarrolle completamente.
- Los sólidos de la leche descremada en polvo contribuyen a una sensación bucal completa.
- El tratamiento térmico intenso durante la elaboración del yogurt desnaturaliza significativamente (70-95%) las proteínas del suero presente en la leche descremada en polvo. La desnaturalización mejora el enlace del agua contribuyendo a una consistencia suave y una viscosidad mayor y previene la sinéresis.
- Las proteínas en la leche descremada en polvo actúan en las interfaces aceite/agua y estabilizan las emulsiones en el yogurt. Esto contribuye a la sensación bucal suave y cremosa.
- La leche descremada en polvo mejora la opacidad del yogurt, especialmente en productos bajos y sin grasa, contribuyendo con sólidos y un color crema claro.

2.8.5 GELATINA NEUTRA

La gelatina es un coloide gel (es decir, una mezcla semisólida a temperatura ambiente), incolora, translúcida, quebradiza e insípida, que se obtiene a partir del colágeno procedente del tejido conectivo de animales hervidos con agua. La gelatina es una proteína compleja, es decir, un polímero compuesto de aminoácidos. Como sucede con los polisacáridos, el grado de polimerización, la naturaleza de los monómeros y la secuencia en la cadena proteica determinan sus propiedades generales. Una notable propiedad de las disoluciones de esta molécula es su comportamiento frente a temperaturas diferentes: son líquidas en agua caliente (coloide tipo sol) y se solidifican en agua fría (Aspinall, 2004).

Al tener una gran cantidad de proteína, ésta es su mayor propiedad nutritiva: proteína (98-99%), sales minerales (1-2%) y agua dependiendo de cómo se hidrate su precursor. La gelatina se utiliza en la fabricación de alimentos para el enriquecimiento proteínico, para la reducción de hidratos de carbono y como sustancia portadora de vitaminas (Aspinall, 2004).

2.8.6 SABORIZANTES PHAL HARMINY

Según (Tamine y Robinson, 1999), los saborizantes son sustancias artificiales, características por su concentrado aroma a un determinado alimento, generalmente a frutas, que se adicionan al yogurt para proporcionar un sabor y aroma más agradable.

Según (Covas, 2005), los saborizantes se dividen en función de su origen en tres grupos:

- Sustancias aromatizantes artificiales (origen químico).
- Sustancias aromatizantes idénticas a los naturales.
- Sustancias aromatizantes naturales de origen natural.

2.8.7 COLORANTES

Son aditivos para dar al consumidor las cualidades de apetitosidad y atractivo, así como también mejorar la presentación; la coloración, ya que de esto dependerá el sabor y color proporcionado al yogurt (Longo, 2004).

2.8.8 SORBATO DE POTASIO

El sorbato de potasio es la sal de potasio del ácido sorbico ampliamente utilizado en alimentación como conservante. El ácido sorbico se encuentra en forma natural en algunos frutos. Comúnmente en la industria alimenticia se utiliza el sorbato de potasio; ya que este es más soluble en agua que el ácido sórbido. Es un conservante fungicida bactericida (Bristhar, 2010).

El sorbato es utilizado para la conservación de yogurt, jugos de frutas secas, etc. Este compuesto no debe ser utilizado en productos cuya elaboración entra en juego la fermentación ya que inhibe la acción de las levaduras (Bristhar, 2010).

La dosificación de este sorbato de potasio de acuerdo a las especificaciones técnicas para el yogurt es de 0.05% por litro.

2.8.9 BENZOATO DE SODIO

El sodio benzoato tiene propiedades antibacterianas y antifúngicas, y se utiliza como conservante en formulaciones farmacéuticas y cosméticas. No obstante está bastante en desuso por su baja efectividad. Por vía oral se absorbe desde el tracto gastrointestinal y se conjuga con la glicina en el hígado para formar ácido hipúrico, que se excreta en la orina. Su actividad antimicrobiana se debe principalmente al ácido benzoico sin disociar, siendo por tanto pH dependiente, inactivándose a valores de pH > 5 (Martindale, 2003).

El benzoato de sodio, también conocido como benzoato de sosa (E211), es una sal del ácido benzoico, blanca, cristalina y gelatinosa o granulada. Es

soluble en agua y ligeramente soluble en alcohol. La sal es antiséptica y se usa generalmente para conservar los alimentos (Martindale, 2003).

La dosificación de Benzoato de sodio de acuerdo a las especificaciones técnicas para el yogurt es de 0.05% por litro.

3.1 DESARROLLO EXPERIMENTAL

La parte experimental del presente trabajo de investigación “elaboración de yogurt batido enriquecido con espirulina”, se realizó en el Laboratorio del Taller de Alimentos (L.T.A); dependiente de la Carrera de Ingeniería de Alimentos de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”.

3.2 EQUIPOS DE PROCESO, INSTRUMENTOS DE LABORATORIO Y UTENSILIO DE COCINA

Se utilizó los siguientes utensilios y equipos Durante a parte experimental, del Laboratorio del Taller de Alimentos (L.T.A); como ser:

3.2.1 EQUIPOS DE PROCESO

Para la parte experimental del trabajo se utilizaron los siguientes equipos:

3.2.1.1 TERMOSTATO (BAÑO MARIÀ)

En la figura 3.1, se muestra el equipo que se utilizó para realizar el proceso de pasteurización de la leche para elaborar el yogurt, este equipo se encuentra en el L.T.A, para realizar la parte experimental del presente trabajo de investigación.

Figura 3.1
Termostato (baño maría)



Fuente: Laboratorio de Química

Especificaciones Técnicas

- **Potencia conectada:** 220 V/ 1100 W
- **Tiempo e intervalo de temperatura:** 12 h / 100°C
- **Modelo:** 854 schwabach 770-331 W 270
- **Marca:** memmert

3.2.1.2 BALANZA ANALÍTICA DIGITAL

En la figura 3.2, se muestra el equipo que se utilizó durante el proceso, para pesar los insumos utilizados en la elaboración del yogurt. La balanza analítica digital que se utilizó para la parte experimental pertenece al Laboratorio Taller de Alimentos.

Figura 3.2
Balanza analítica digital



Fuente: (L.T.A., 2017)

Especificaciones técnicas

- **Modelo:** PB1502
- **Marca:** METTLER TOLEDO
- **Industria:** Switzerland
- **Capacidad:** 1000 g
- **Fuente:** 8-14.5v 50/60HZ 5VA 95-20V=5W

3.2.2 INSTRUMENTOS Y MATERIALES DE LABORATORIO

Los materiales de laboratorio que se utilizó en el proceso de elaboración de yogurt enriquecido con espirulina son los siguientes:

3.2.2.1 REFRACTÓMETRO DE BOLSILLO

En la figura 3.3, se muestra el instrumento para medir los sólidos solubles (°Brix) durante la caracterización de la materia prima, este instrumento pertenece al Laboratorio Taller de Alimentos de la Carrera de Ingeniería de Alimentos.

Figura 3.3
Refractómetro de bolsillo



Fuente: (L.T.A., 2017)

Especificaciones técnicas

- **Escala de medición:** entre (0,0 a 33,0)% (compensación automática de temperatura)
- **Escala mínima:** Brix 0,2%, resolución 0,1%
- **Exactitud de la medición:** Brix = 0,2% (10 a 30 °C)
- **Volumen de muestra:** 10 μ l o mas
- **Opcional:** tapa de luz natural especial para muestras de volumen reducido (RE-2311-57M)
- **Clase de protección internacional:** IP65Proteccion al polvo y chorros de agua (excepto ocular)
- **Tamaño y peso:** 3,3x3,3x20,4 cm, 160

3.2.2.2 TERMÓMETRO DE ALCOHOL

En la figura 3.4, se muestra el termómetro de alcohol que se utilizó para medir la temperatura de la leche en el tratamiento térmico y controlar la temperatura de la fermentación de la leche. El instrumento que se utilizó pertenece al Laboratorio del Taller de Alimentos.

Figura 3.4
Termómetro de alcohol



Fuente: (L.T.A., 2017)

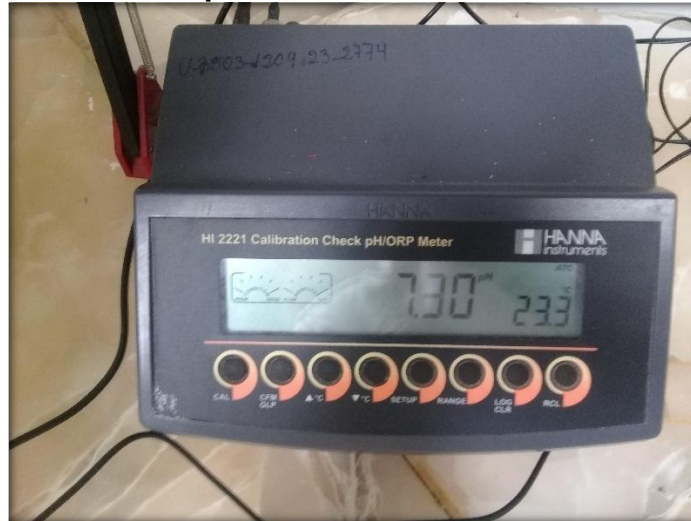
Especificaciones técnicas

- **Escala mínima:** -10°C
- **Escala Máxima:** +110°C
- **División de escala:** cada 1°C (un grado entre líneas de escala)
- **Carga de líquido termo sensible a la temperatura:** Alcohol rojo
- **Medidas de los números:** Negro con fondos de contraste blanco
- **Peso:** 22 gramos
- **Medidas externas:** Ø 6milímetros x aprox. 24 centímetros de largo

3.2.2.3 pH – METRO DE MESA

En la figura 3.5, se muestra el instrumento que se utilizó en el proceso para determinar el índice de pH en el proceso y en el producto terminado, perteneciente al Laboratorio del Taller de Alimentos.

Figura 3.5
pH – metro de mesa



Fuente: (L.T.A., 2017)

Las especificaciones técnicas de pH- metro se detallan en la tabla 3.1.

Tabla 3.1
Especificaciones técnicas del pH - metro

Marca	HANNA
Rango	pH:0,00 a 14,00
Resolución	pH:0,1 T°:0,5°C pH:0,01 T°:0,1°C
Precisión	pH:±0,1 T°:±0,5°C pH:±0,01 T°:±0,5°C
Calibración	Automática 1 ó 2 puntos
Dimensiones	175 x 41 x 23cm

Fuente: Elaboración propia

3.2.2.4 MATERIAL DE LABORATORIO

El material de laboratorio que se utilizó durante el desarrollo del presente trabajo se detalla en la tabla 3.2.

Tabla 3.2
Material de laboratorio

Descripción	Cantidad	Capacidad	Calidad
Pipetas	3	10ml	Vidrio
Pipeta	1	1ml	Vidrio
Pipeta	1	0,1ml	Vidrio
Piseta	1	1000ml	Plástico
Cuchara	1	Mediana	Acero inoxidable
Tachos	5	1000 ml	Acero inoxidable
Jarra graduada	1	1000 ml	Plástico
Espátula	1	Mediana	Metálica
Embudo	1	Mediana	Plástico
Vaso precipitado	1	500ml	Vidrio
Probeta graduada	1	1000ml	Vidrio

Fuente: Elaboración propia

3.3. MATERIA PRIMA E INSUMOS ALIMENTARIOS PARA ELABORAR YOGURT ENRIQUECIDO CON ESPIRULINA

A continuación se detallan las materias primas que se utilizaron para la elaboración de yogurt enriquecido con espirulina:

3.3.1 MATERIA PRIMA (LECHE)

La materia prima que se utilizó en el presente trabajo fue leche entera, proveniente de la Granja Lujan que está ubicada en la localidad del Temporal a 7 km de la ciudad de Tarija.

3.3.2 INSUMOS ALIMENTARIOS PARA ELABORAR YOGURT ENRIQUECIDO CON ESPIRULINA

Los insumos que se utilizó en la elaboración de yogurt enriquecido con espirulina se detallan en la tabla 3.3.

Tabla 3.3
Insumos alimentarios

Ingredientes	Estado	Procedencia	Marca
Azúcar	Sólido	Bermejo	IPSA
Cultivo para yogurt	Sólido	Bolivia	ANSENS
Gelatina Neutra	Sólido	Bolivia	Esencial
Leche en polvo	Sólido	Bolivia	Pura Vida
Espirulina en polvo	Sólido	Argentina	Goldfish
Esencia	Líquido	Bolivia	SOLQUIFAR
Colorante	Sólido	Bolivia	SOLQUIFAR

Fuente: Elaboración propia

3.3.3 REACTIVOS DE LABORATORIO

Los reactivos utilizados durante el proceso de elaboración del producto se detallan en la tabla 3.4

Tabla 3.4
Reactivos utilizados en el proceso de elaboración del yogurt batido enriquecido con espirulina

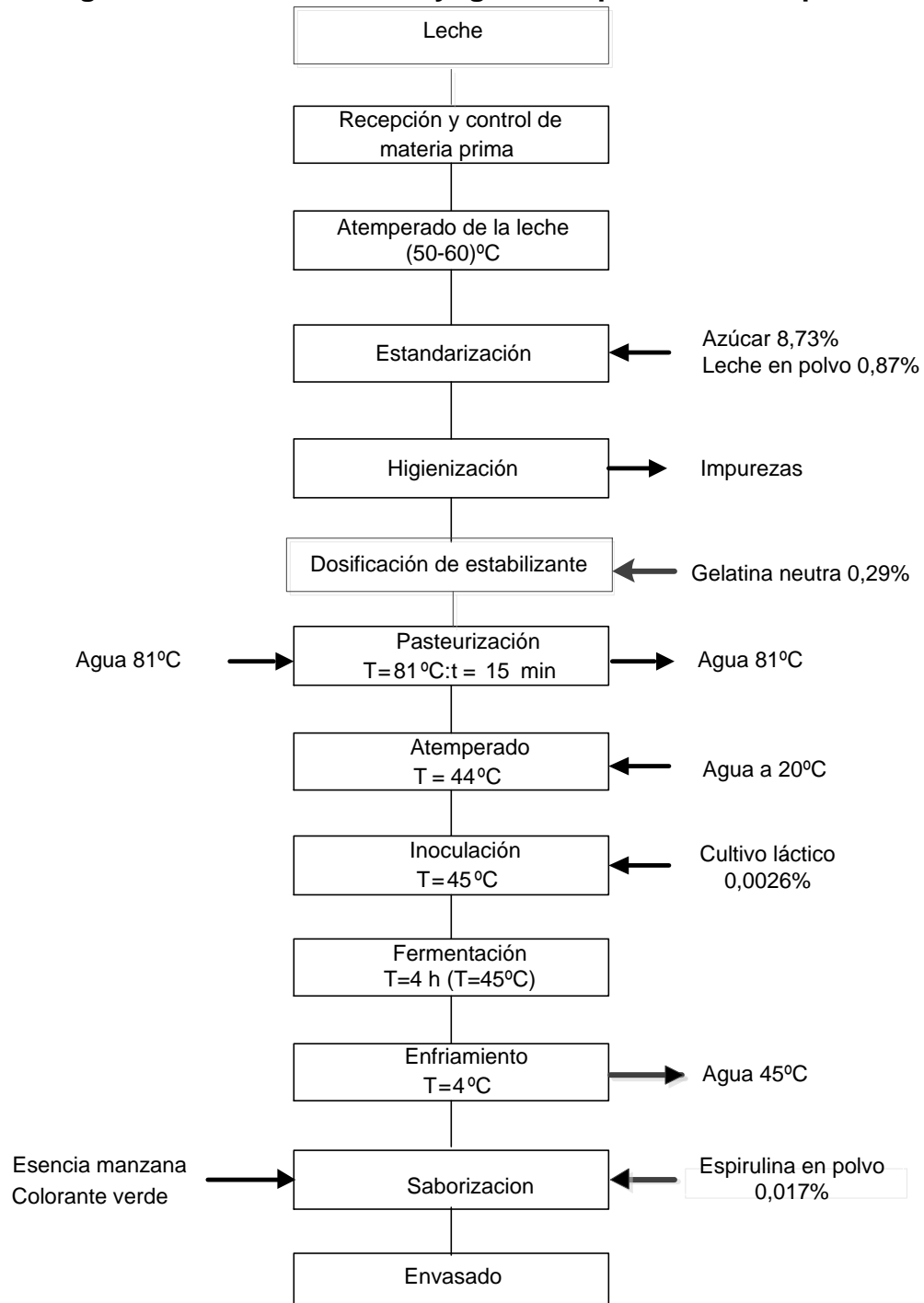
Reactivos	Concentración	Unidad	Industria
Solución de hidróxido de sodio (NaOH) 1 N	0,10	ml	Argentina
Fenolftaleína	5,00	%	Alemania
Alcohol isoamilico	88,15	g/l	Brasil

Fuente: Elaboración propia

3.4 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE YOGURT ENRIQUECIDO CON ESPIRULINA

En la figura 3.6, se muestra en diagrama de flujo de elaboración de yogurt enriquecido con espirulina. Este proceso fue adaptado, según (Ojeda, 2010).

Figura 3.6
Diagrama de elaboración de yogurt enriquecido con espirulina



Fuente: Elaboración propia

3.4.1 DESCRIPCIÓN DEL DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA ELABORACIÓN DE YOGURT ENRIQUECIDO CON ESPIRULINA

Para la elaboración de yogurt enriquecido con espirulina consta de los siguientes pasos:

3.4.1.1 RECEPCIÓN Y CONTROL DE MATERIA PRIMA

Antes de realizar el proceso de elaboración del yogurt, es necesario analizar los parámetros en la leche que son:

- **Determinación de pH:** se realizó la determinación del pH de la leche como materia prima, con un pH metro de mesa el cual determino que la leche tiene un pH de 6,78.
- **Determinación de sólidos totales:** se realizó con un refractómetro de bolsillo, el cual dio un resultado de la muestra de 9,00 °Brix.
- **Determinación de mastitis:** se utilizó 2 ml de leche y tres gotas de indicador reactimast el cual dio un resultado libre de presencia de mastitis.

3.4.1.2 ATEMPERADO DE LA LECHE

El atemperado de la leche se realizó, utilizando el termostato (Baño María) con la finalidad de subir la temperatura desde 20°C a 60°C para facilitar la disolución del azúcar, leche en polvo y gelatina neutra, en el momento de la estandarización o mezcla.

3.4.1.3 ESTANDARIZACIÓN

En la estandarización se procedió a mezclar la leche en polvo con el azúcar en una bolsa de plástico agitándolo en forma vertical y horizontal manualmente de manera que se homogenice totalmente estos dos componentes sólidos, Posterior la mezcla del azúcar y leche en polvo totalmente homogénea se agrega con la leche entera de igual manera

mezclando con la ayuda de una paleta con la finalidad de homogenizar en su totalidad la mezcla.

3.4.1.4 HIGIENIZACIÓN

En la figura 3.7 se puede observar la higienización de la mezcla a través de un colador de plástico con el objetivo de evitar el ingreso de partículas al proceso procedentes del azúcar.

Figura 3.7
Etapa de higienización de la mezcla con los insumos



Fuente: Elaboración propia

3.4.1.5 DOSIFICACIÓN DE ESTABILIZANTE

Posterior al higienizado se realizó la dosificación de gelatina neutra como estabilizante para completar la estandarización de los insumos, con la ayuda de un agitador manual para homogenizar en su totalidad los insumos con la leche.

3.4.1.6 PASTEURIZACION

En la figura 3.8 se puede observar la etapa de pasteurización de la mezcla, este proceso se llevó a cabo en un baño María a temperatura de 85 °C por un tiempo de 10 minutos. La pasteurización ayuda a disolver y combinar los ingredientes mejorando el sabor y la uniformidad del producto.

Con el uso de esta temperatura y tiempo de pasteurización, permite una coagulación de las proteínas de suero ya que en estas condiciones se estabiliza el cuerpo del producto.

Figura 3.8
Pasteurización de la mezcla con los insumos



Fuente: Elaboración propia

3.4.1.7 ATEMPERADO

El atemperado se realizó con la finalidad que la mezcla tenga la temperatura adecuada (45°C) para añadir el cultivo y estos puedan desarrollarse de manera óptima. Esta etapa se realizó lo más higiénicamente posible además de hacerlo de manera rápida con la finalidad de no contaminar la mezcla.

3.4.1.8 INOCULACIÓN

En la figura 3.9 se muestra la etapa de inoculación de la mezcla, en esta etapa se trabajó en condiciones totalmente asépticas, ya que el cultivo se halla conservado por liofilización por lo que se procedió a reconstituir con leche previamente tratada hasta que se disuelva completamente.

Para asegurar la disolución completa del cultivo se procedió a agitar con una paleta de acero inoxidable por un tiempo de 5 minutos. La cantidad de

inoculo agregado es (0,0035%). Toda esta etapa del proceso se lo realizar a una temperatura de 45 °C.

Figura 3.9
Inoculación de la mezcla con cultivo lácteo



Fuente: Elaboración propia

3.4.1.9 FERMENTACIÓN

Después de realizar la inoculación, se pasa a la siguiente etapa de fermentación que inicia inmediatamente después de la inoculación, con la fermentación del inoculo de los cultivos lácticos. La temperatura que se llevó a cabo esta operación es de 45°C por un tiempo de 4 horas alcanzando un pH óptimo de 4,74.

3.4.1.10 ENFRIAMIENTO

Esta etapa se realizó con la finalidad de frenar la actividad de las bacterias y enzimas para evitar que la fermentación continué. Se sacó los recipientes de acero inoxidable del termostato, se los puso en contacto con agua fría a 15°C con la finalidad de bajar la temperatura rápidamente y posteriormente llevarlos a un refrigerador a una temperatura de 6°C.

3.4.1.11 ENRIQUECIMIENTO

En la figura 3.10 se muestran la etapa de enriquecimiento, esta etapa se llevó a cabo con la adición de la espirulina que está en polvo, se procedió a disolver 0,017% de espirulina en agua destilada para facilitar la mezcla homogénea en el yogurt. Se agitó el recipiente que contiene yogurt con espirulina por un tiempo de 1 minutos para completar la homogeneidad.

Figura 3.10
Enriquecimiento del yogurt batido con espirulina



Fuente: Elaboración propia

3.4.1.12 SABORIZADO

En la figura 3.11, se muestran la etapa de saborización, el saborizado se realizó inmediatamente después del enriquecimiento con espirulina, para esta etapa se procedió la adición de colorante verde menta y esencia sabor manzana con la finalidad de mejorar las características organolépticas del producto final.

Figura 3.11
Saborización del yogurt batido enriquecido con espirulina



Fuente: Elaboración propia

La esencia utilizada fue la de manzana, la cantidad de la esencia utilizada es de (3,00) ml/ litro y la cantidad de colorantes utilizados fue de (4,00) ml/litro.

Después de saborizar se procede a agregar los conservantes autorizados para en yogurt como ser el benzoato de sodio y sorbato de potasio estos dos conservantes en liquido con la finalidad de tener una mejor homogeneidad.

3.4.1.13 ENVASADO

El producto terminado se envaso en envases de plasticos con una capacidad de 1000 ml, previamente esterilizados, esto con el propósito de garantizar que las características del producto final tanto fisicoquímicas como organolépticos, que no se alteren durante su almacenamiento.

3.4.1.14 ALMACENAMIENTO

Una vez envasado el producto se procedió a realizar el almacenamiento que consiste en colocar los envases con el producto terminado en refrigeración (cámara de frio) a una temperatura de 4°C.

3.5 METODOLOGÍA PARA LA OBTENCIÓN DE LOS RESULTADOS

Para la obtención de los resultados del trabajo experimental de yogurt enriquecido con espirulina se analizó las siguientes características:

3.5.1 CARACTERIZACIÓN DE LA LECHE (MATERIA PRIMA)

Para realizar la caracterización de la materia prima, se consideran dos aspectos importantes como: fisicoquímico y microbiológico de la leche.

3.5.2 CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA DE LA LECHE

Para realizar la caracterización de las propiedades fisicoquímica de la leche entera, se tomó en cuenta las siguientes normas y métodos que se detallan en la tabla 3.4.

Tabla 3.5
Normas y métodos para determinar propiedades fisicoquímicas

Componentes	Técnica y/o método de ensayo	Unidad
Humedad	NB 313010:05	%
Proteína total(N*6.25)	NB/ISO8968-1:08	%
Hidratos de carbono	Cálculo	%
pH (20°C)	SM 4500-H-B	
Materia grasa	NB 228:98	%
Cenizas	NB 39034:10	%
Acidez (como ac. láctico)	NB 229-98	%
Valor energético	Cálculo	Kcal/100g
Hierro total	Absorción Atómica	mg/100g
Sólidos totales	NB 231:1-1998	%
Calcio total	Absorción Atómica	mg/100g
Densidad relativa (20°C)	NB 230:99	
Fósforo	SM 450-P-D	Mg/100g

Fuente: (CEANID, 2017)

3.5.3 NORMAS Y MÉTODOS PARA EL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

En la tabla 3.5 se muestran las normas y métodos que se utilizó para determinar las propiedades microbiológicas de materia prima y yogurt enriquecido con espirulina.

Tabla 3.6
Normas y Métodos para determinar el análisis microbiológico

Componentes	Técnica y/o método de ensayo	Unidad
Coliformes totales	NB 32005:2	UFC/ml
Coliformes fecales	NB 32005:2	UFC/ml
Bacterias aerobias mesófilas	NB 32003:05	UFC/ml
Salmonella	NB 32007:03	P/A/25ml

Fuente: (CEANID, 2017)

3.6 ANÁLISIS SENSORIAL DE ALIMENTOS

Detrás de cada alimento que nos llevamos a la boca existen múltiples procedimientos para hacerlos apetecibles y de buena calidad para el estudio. Uno de estos aspectos es el análisis sensorial, que consiste en evaluar las propiedades organolépticas de los productos es decir: todo lo que se puede percibir por los sentidos (Barda, 2000).

Se trabaja con personas, en lugar de máquinas, e instrumentos de medición es el ser humano, por lo tanto se toman todos los recaudos para que la respuesta sea objetiva; estas personas no necesariamente deben ser expertos, por eso es tan importante trabajar con un grupo de evaluadores denominamos panel de evaluación sensorial (Barda, 2000).

3.6.1 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA ELEGIR MUESTRA PATRON DEL YOGURT SABOR MANZANA

Se realizó la evaluación de dos muestras de yogurt de la industria de Pilandina (YPIL) y del Laboratorio del Taller de Alimentos, (YLTA), Los cuales fueron evaluados por 20 jueces no entrenados (Anexo B), los atributos evaluados son: color, sabor, textura y acidez para determinar muestra patrón.

3.6.2 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA DETERMINAR ACIDEZ EN LA ETAPA DE FERMENTACIÓN

Para determinar acidez en la etapa de fermentación se realizó una evaluación sensorial para 8 muestras, las cuales fueron evaluadas por 25 jueces no entrenados utilizando la test 2 (Anexo B).

3.6.3 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA AJUSTAR ACIDEZ DEL YOGUR BATIDO

Para ajustar el atributo acidez del yogurt batido se realizó una evaluación sensorial para tres muestras, las cuales fueron evaluadas por 20 jueces no entrenados utilizando el test 3 (Anexo B).

3.6.4 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL YOGURT BATIDO, PARA LOS ATRIBUTOS SABOR, COLOR Y PRESENTACIÓN

Para determinar los atributos sabor, color y presentación se procedió a realizar una evaluación sensorial para tres muestras, las cuales fueron evaluadas por 21 jueces no entrenados utilizando el test 4 (Anexo B).

3.6.5 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA AJUSTAR COLOR DEL YOGURT BATIDO ENRIQUECIDO CON ESPIRULINA

Para ajustar el atributo color y se procedió a realizar una evaluación sensorial para cuatro muestras, las cuales fueron evaluadas por 21 jueces no entrenados utilizando el test 5 (Anexo B).

3.6.6 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL PRODUCTO TERMINADO CON LA MUESTRA PATRÓN

Para realizar una comparación de la muestra patrón con el producto terminado para el atributo color se procedió a realizar una evaluación sensorial para dos muestras, las cuales fueron evaluadas por 20 jueces no entrenados utilizando el test 6 (Anexo B).

3.7 CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA DEL PRODUCTO TERMINADO

Para caracterizar las propiedades fisicoquímicas del producto terminado, se realizó la determinación de los parámetros indicados en la tabla 3.9.

Tabla 3.7
Características fisicoquímicas del producto terminado

Parámetros	Unidades
Acidez (ácido láctico)	%
Calcio total	mg/kg
Cenizas	%
Densidad relativa	%
Grasa	%
Hierro total	mg/Kg
Hidratos de carbono	%
Materia grasa	%
Humedad	%
Proteína total	%
Sólidos solubles	°Brix
Valor energético	Kcal/100g
Fósforo	mg/kg

Fuente: CEANID, 2017

3.7.1 CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICA DEL PRODUCTO TERMINADO

La caracterización microbiológica del producto terminado se detallan en la tabla 3.10, análisis realizado en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID).

Tabla 3.8
Caracterización microbiológica del producto terminado

Parámetros	Unidades
Bacterias aerobias mesófilas	UFC/g
Salmonella	P/A725ml
Coliformes totales	UFC/ml
Coliformes fecales	UFC/ml

Fuente: CEANID, 2017

3.8 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño factorial se entiende aquel, en el que se investiga todas las posibles combinaciones de los factores en cada ensayo completo o réplicas de experimento (Montgomery, 1991).

Sin embargo el diseño factorial es muy importante porque se usa ampliamente en el trabajo de investigación y por qué constituye la base para otros diseños de gran valor práctico (Montgomery, 1991).

En el diseño factorial existen varios tipos como el 2^k que consiste en k factores cada uno con dos niveles y 3^k que consta de k factores cada uno con tres niveles, estos niveles, estos niveles pueden ser cualitativos y cuantitativos (Montgomery, 1991).

Cada uno de los niveles, peor en el diseño 2^k tiene diferentes notaciones como ser la notación "+,-" luego con letras minúsculas para identificar las combinaciones de los tratamientos y por último se utiliza los dígitos 1 y 0 para denotar los niveles alto y bajo del factor (Montgomery, 1991).

El diseño factorial a ser utilizado en el trabajo experimental, se muestra en la ecuación 3.1.

$$2^k \quad \text{(Ecuación 3.1)}$$

Donde:

2 = número de niveles

k = número de variables

3.8.1 DISEÑO EXPERIMENTAL EN LA ETAPA DE FERMENTACIÓN PARA EL PROCESO DE ELABORACION DE YOGURT

Para realizar el diseño experimental en la etapa de fermentación del yogurt enriquecido con espirulina, se tomó en cuenta de acuerdo a la (ecuación 3.1), cuyo diseño factorial corresponde, según la ecuación 3.2.

$$2^3 = 2 \times 2 \times 2 = 8 \text{ corridas/prueba} \quad \text{(Ecuación 3.2)}$$

Correspondiendo a tres factores de niveles de variación de cada factor son los siguientes:

- Temperatura °C (T) = 2 niveles (43-47)°C

- Cultivo lácteo (CL) = 2 niveles (0,0026-0,0035)%
- Tiempo fermentación (t) = 2 niveles (4-5) horas

En la tabla 3.7, se muestran los niveles de variación utilizados para los factores (nivel superior y nivel inferior), que fue aplicado en la etapa de fermentación.

Tabla 3.9
Niveles de variación de los factores en la dosificación

Variables		Nivel superior	Nivel inferior
Temperatura	(T)	% (-)	% (+)
Cultivo lácteo	(CL)	% (-)	% (+)
Tiempo fermentación	(t)	% (-)	% (+)

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3.8, se observa el diseño experimental que fue aplicado en la etapa de fermentación. Conformando por tres variables como ser: temperatura, porcentaje de cultivo lácteo y tiempo de fermentación.

Tabla 3.10
Diseño factorial para variables del proceso de fermentación del yogurt enriquecido con espirulina

Nº de tratamientos	Combinación de tratamientos	Factores			Interacción			Respuesta	
		T	CL	t	T CL	T t	CL t	T CL t	Y _i
1	(1)	-	-	-	+	+	+	-	Y ₁
2	T	+	-	-	-	-	+	+	Y ₂
3	CL	-	+	-	-	+	-	+	Y ₃
4	T CL	+	+	-	+	-	-	-	Y ₄
5	T t	-	-	+	+	-	-	+	Y ₅
6	T CL	+	-	+	-	+	-	-	Y ₆
7	CL t	-	+	+	-	-	+	-	Y ₇
8	T CL t	+	+	+	+	+	+	+	Y ₈

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

Y= Variable respuesta (Porcentaje de ácido láctico) %.

4.1 CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

Para caracterizar la materia prima, se tomó en cuenta los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos los cuales detallamos a continuación:

4.1.1 CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE LA MATERIA PRIMA

En la tabla 4.1, se detallan los resultados del análisis físico químico de la leche de vaca, realizados en el Centro de Análisis de Investigaciones y Desarrollo (CEANID), dependiente de la Facultad Ciencia y Tecnología.

Tabla 4.1
Composición fisicoquímica de la leche de vaca

Parámetros	Unidad	Resultado	Límites permisibles	
			Mínimo	Máximo
Acidez (ácido láctico)	%	0,16	Sin referencia	
Calcio total	mg/100g	1245	Sin referencia	
Cenizas	%	0,74	Sin referencia	
Densidad relativa (20°C)	-	1,328	Sin referencia	
Fósforo	mg/100g	126	Sin referencia	
Materia grasa	%	4,0	Sin referencia	
Hidratos de carbono	%	4,93	Sin referencia	
Hierro total	mg/100g	0,63	Sin referencia	
Humedad	%	86,93	Sin referencia	
pH (20°C)	-	6,8	Sin referencia	
Proteína total (Nx6,38)	%	3,40	Sin referencia	
Sólidos totales	%	13,07	Sin referencia	
Valor energético	Kcal/100g	69,32	Sin referencia	

Fuente: CEANID, 2018

En la tabla 4.1 se muestran los resultados obtenidos de las propiedades fisicoquímicas de la leche, cuya composición es: acidez (ácido láctico) de 0,16%, calcio total 1245 mg/100g, cenizas 0,74%, densidad relativa 1,328, fósforo 126 mg/100g, materia grasa 4,0%, hidratos de carbono 4,93%, hierro total 0,63 mg/100g, humedad 86,93%, pH (20°C) 6,8, proteína total (Nx6,38) 3,40%, sólidos totales 13,07% y valor energético 69,32 Kcal/100g.

4.1.2 CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICAS DE LA MATERIA PRIMA

En la tabla 4.2, se detallan los resultados del análisis microbiológico en la leche de vaca, realizados en el Centro de Análisis de Investigación y Desarrollo (CEANID); dependiente de la Facultad de Ciencias y Tecnología.

Tabla 4.2
Composición microbiológica de la leche de vaca

Parámetros	Unidad	Resultado	Límites permisibles	
			Mínimo	Máximo
Bacterias aerobias mesófilas	UFC/ml	$2,4 \times 10^6$	Sin referencia	
Coliformes totales	UFC/ml	$<1,0 \times 10^1$	Sin referencia	
Coliformes fecales	UFC/ml	$4,9 \times 10^3$	Sin referencia	
Salmonella	P/A/25ml	Ausencia	Sin referencia	

Fuente: CEANID, 2018

En la tabla 4.2, se muestran los resultados obtenidos de los análisis microbiológicos de la leche de vaca, la cual tiene: bacterias aerobias mesófilas $2,4 \times 10^6$ UFC/ml, coliformes totales $<1,0 \times 10^1$ UFC/ml, coliformes fecales $4,9 \times 10^3$ UFC/ml y salmonela ausencia P/A/25ml.

4.2 CARACTERIZACIÓN DE LAS VARIABLES DE PROCESO DE ELABORACIÓN DE YOGURT BATIDO ENRIQUECIDO CON ESPIRULINA

Para realizar la caracterización de las variables de proceso de yogurt batido enriquecido con espirulina se tomó en cuenta los siguientes aspectos:

4.2.1 ELECCIÓN DE LA MUESTRA PATRÓN

Para la elección de muestra patrón en el presente trabajo, se tomó en cuenta un producto similar del mercado local; ya que no existe yogurt enriquecido con espirulina. En tal sentido, se utilizó yogurt PIL Andina (YPIL) y yogurt (LTA) del Laboratorio Taller de Alimentos sabor manzana, por sus características de coloración verde.

Posteriormente las dos muestras fueron evaluadas por 20 jueces no entrenados utilizando escala hedónica de 5 puntos (Anexo C), para los atributos de textura, color, sabor y acidez.

4.2.2 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO TEXTURA PARA MUESTRA PATRON

En la tabla 4.3, se muestran los resultados promedios obtenidos de la evaluación sensorial para el atributo textura, extraídos de la tabla C.1 del (Anexo C) en escala hedónica.

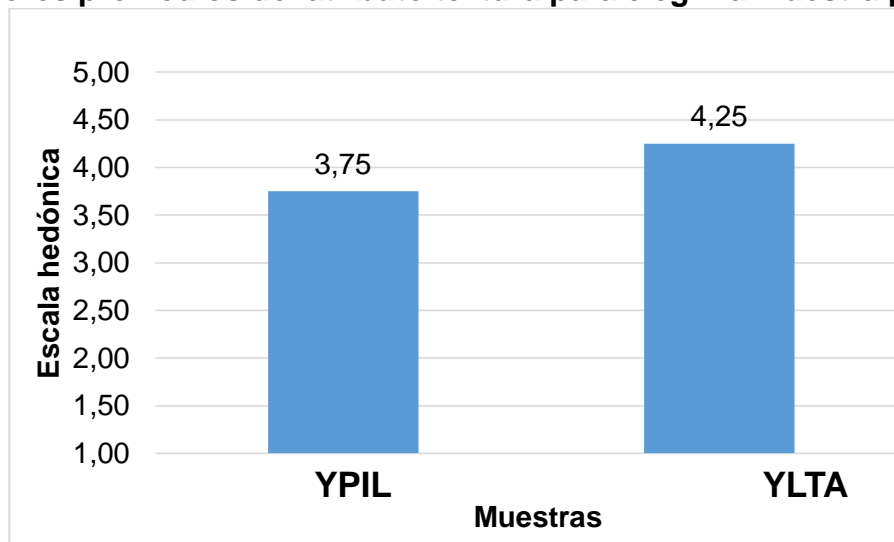
Tabla 4.3
Valores promedios del atributo textura para muestra patrón

Jueces	Muestras (Escala hedónica)	
	YPIL	YLTA
1	3	4
2	5	4
3	4	3
4	5	4
5	4	5
6	3	4
7	4	3
8	3	5
9	4	5
10	4	5
11	4	4
12	4	5
13	3	4
14	3	5
15	4	5
16	3	5
17	4	3
18	3	4
19	4	5
20	4	3
\bar{x}	3,75	4,25

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.1 se muestran los datos promedios, extraídos de la tabla 4.3 del atributo textura para elegir muestra patrón.

Figura 4.1
Valores promedios del atributo textura para elegir la muestra patrón



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.1, se puede observar que la muestra de mayor aceptación por los jueces es la muestra YLTA (4,25); sin embargo la muestra YPIL (3,75) tiene menor puntaje en escala hedónica.

4.2.2.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ATRIBUTO TEXTURA PARA ELEGIR MUESTRA PATRON

En la tabla 4.4, se muestra el análisis de varianza para el atributo textura para determinar muestra patrón en base a los resultados de tabla C.1, (Anexo C).

Tabla 4.4
Análisis de varianza del atributo textura para elegir la muestra patrón

Fuente de varianza (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fcal	Ftab
Total	22,00	39,00	-	-	-
Entre muestras	2,50	1,00	2,50	4,25	8,18
Entre jueces	8,00	19,00	0,42	0,70	3,03
Error	11,5	19	0,60	-	-

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.4, $F_{cal} < F_{tab}$ ($4,25 < 8,18$), para los tratamientos (muestras). Por lo tanto no se rechaza hipótesis planteada $p < 0,05$ y se puede decir que no hay diferencia estadísticamente significativa; por lo que cualquier muestra puede ser tomada en cuenta. Se tomó como la mejor opción por los jueces la muestra YLTA (4,25); para la muestra patrón para el atributo textura.

4.2.3 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO COLOR PARA MUESTRA PATRÓN

En la tabla 4.5, se muestran los resultados promedios obtenidos de la evaluación sensorial para el atributo color; extraído de la tabla C.3 (Anexo C) en escala hedónica.

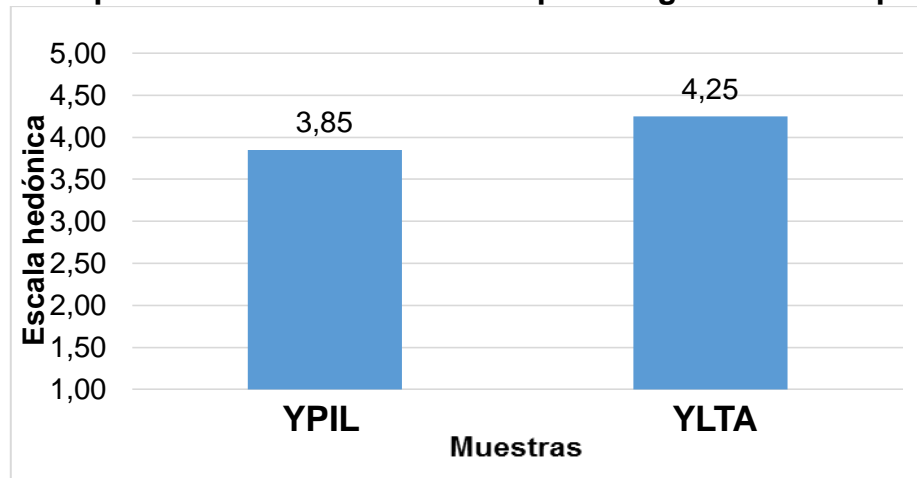
Tabla 4.5
Valores promedios del atributo color para elegir la muestra patrón

Jueces	Muestras (Escala hedónica)	
	YPIL	YLTA
1	4	4
2	3	4
3	4	5
4	5	3
5	3	5
6	3	5
7	3	4
8	4	5
9	5	5
10	5	3
11	3	5
12	5	5
13	3	4
14	4	5
15	4	4
16	4	5
17	3	5
18	4	3
19	3	4
20	5	2
\bar{x}	3,85	4,25

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.2, se muestran los datos promedios, extraídos de la tabla 4.5, del atributo color para elegir muestra patrón.

Figura 4.2
Valores promedios del atributo color para elegir la muestra patrón



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.2, se puede observar que la muestra de mayor aceptación por los jueces es la muestra YLTA (4,25); sin embargo la muestra YPIL (3,85) tiene menor puntaje en escala hedónica.

4.2.3.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ATRIBUTO COLOR PARA ELEGIR LA MUESTRA PATRÓN

En la tabla 4.6, se muestra el análisis de varianza para el atributo color, para determinar muestra patrón en base a los resultados de tabla C.3, (Anexo C).

Tabla 4.6
Análisis de varianza del atributo color para elegir la muestra patrón

Fuente de varianza (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fcal	Ftab
Total	29,90	39,00	-	-	-
Entre muestras	1,60	1,00	1,60	1,57	8,18
Entre jueces	8,90	19,00	0,46	0,46	3,03
Error	19,40	19,00	1,02	-	-

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.6, $F_{cal} < F_{tab}$ ($1,57 < 8,18$) para los tratamientos (muestras). Por lo tanto, no se rechaza la hipótesis planteada para $p < 0,05$ y se puede decir que no hay diferencia estadísticamente significativa; por lo que cualquier muestra puede ser tomada en cuenta. Se tomó como mejor opción por los jueces la muestra YLTA (4,25); como la mejor para la muestra patrón para el atributo color.

4.2.4 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO SABOR PARA MUESTRA PATRON

En la tabla 4.7, se muestran los resultados promedios obtenidos de la evaluación sensorial para el atributo sabor, extraídos de la tabla C.5, (Anexo C), en escala hedónica.

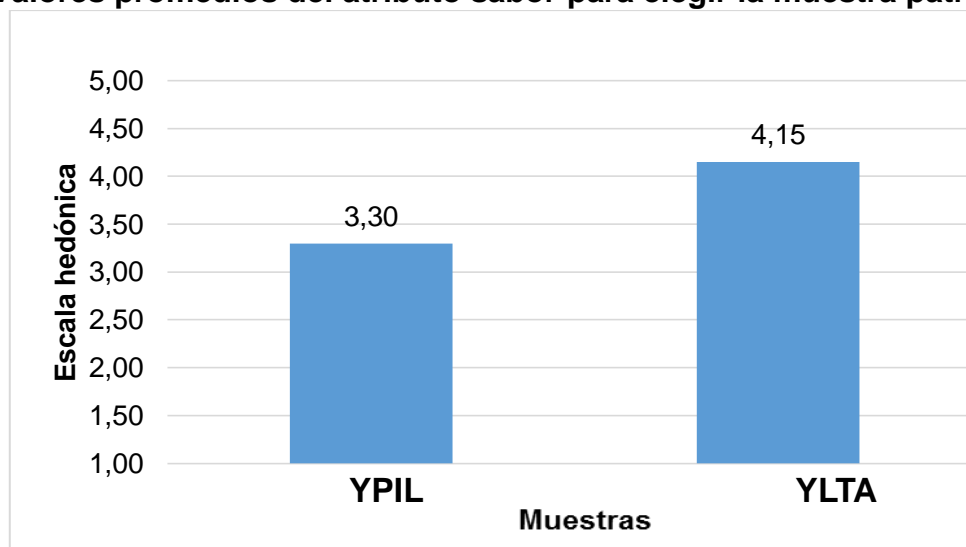
Tabla 4.7
Valores promedios del atributo sabor para elegir la muestra patrón

Jueces	Muestras (Escala hedónica)	
	YPIL	YLTA
1	3	4
2	4	5
3	3	4
4	3	5
5	3	4
6	4	4
7	2	4
8	2	4
9	4	4
10	4	4
11	4	5
12	3	5
13	4	3
14	4	2
15	4	5
16	2	5
17	3	4
18	2	4
19	4	5
20	4	3
\bar{x}	3,30	4,15

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.3, se muestran los datos promedios, extraídos de la tabla 4.6 del atributo sabor para elegir muestra patrón.

Figura 4.3
Valores promedios del atributo sabor para elegir la muestra patrón



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.3, se puede observar que la muestra de mayor aceptación por los jueces es la muestra YLTA (4,15); sin embargo la muestra YPIL (3,30) tiene menor puntaje en escala hedónica.

4.2.4.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA PRUEBA DE DUNCAN DEL ATRIBUTO SABOR PARA ELEGIR LA MUESTRA PATRÓN

En la tabla 4.8, se muestra la prueba de Duncan de las muestras YPIL y YLTA, para elegir la muestra patrón del atributo sabor.

Tabla 4.8
Prueba de Duncan para elegir la muestra patrón del atributo sabor

Tratamientos	Valor	Diferencia	Significancia
YLTA - YPIL	4,15-3,30	0,85>0,57	Si hay ≠ significativa

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.7, Si existe diferencia significativa entre los tratamientos (YLTA – YPIL), para un límite de confianza ($p < 0,05$).

Por lo tanto se toma la muestra YLTA (4,15), de mayor preferencia por los jueces del atributo sabor.

4.2.5 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO ACIDEZ PARA MUESTRA PATRÓN

En la tabla 4.9, se muestran los resultados promedios obtenidos de la evaluación sensorial para el atributo acidez, extraído de la tabla C.10 del (Anexo C), en escala hedónica.

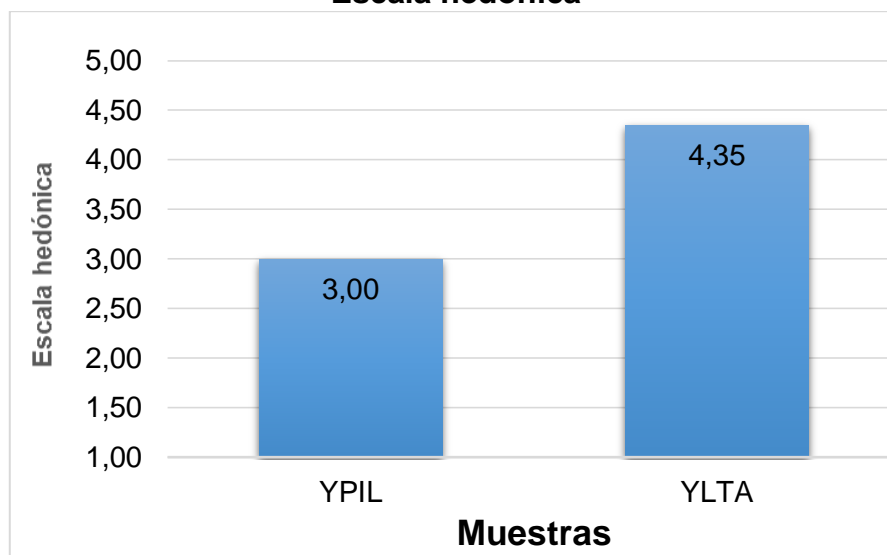
Tabla 4.9
Valores promedios del atributo acidez para elegir la muestra patrón

Jueces	Muestras (Escala hedónica)	
	YPIL	YLTA
1	3	5
2	3	5
3	4	4
4	3	5
5	2	4
6	2	4
7	3	5
8	2	4
9	4	5
10	3	4
11	3	4
12	4	5
13	4	3
14	4	3
15	4	5
16	2	5
17	3	4
18	2	4
19	3	5
20	2	4
\bar{x}	3,00	4,35

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.4, se muestran los datos promedios, extraídos de la tabla 4.9 del atributo acidez para elegir muestra patrón.

Figura 4.4
Valores promedios del atributo acidez para elegir la muestra patrón
Escala hedónica



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.4, se puede observar que la muestra de mayor aceptación por los jueces es la muestra YLTA (4,35); sin embargo la muestra YPIL (3,00) tiene menor puntaje en escala hedónica.

4.2.5.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA PRUEBA DE DUNCAN DEL ATRIBUTO ACIDEZ PARA ELEGIR LA MUESTRA PATRÓN

En la tabla 4.10, se muestra la prueba de Duncan de las muestras YPIL y YLTA, para elegir la muestra patrón del atributo acidez.

Tabla 4.10

Prueba de Duncan para elegir la muestra patrón del atributo acidez

Tratamientos	Valor	Diferencia	Significancia
YLTA - YPIL	4,35-3,00	1,35>0,485	Si hay ≠ significativa

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.10, Si existe diferencia significativa entre los tratamientos (YLTA – YPIL) para un límite de confianza ($p < 0,05$). Por lo tanto, se toma la muestra YLTA (4,35), de mayor preferencia por los jueces del atributo acidez.

Concluyendo que la muestra (YLTA), yogurt del Laboratorio del Taller de Alimentos es la muestra elegida como muestra patrón para el atributo textura (4,25); color (4,25); sabor (4,15) y acidez (4,35). Así mismo realizado el análisis estadístico para los atributos textura ($4,25 < 8,18$) y color ($1,57 < 4,60$) no hay evidencia estadística; pero para el atributo sabor ($9,63 > 8,18$) y acidez ($33,76 > 8,18$), si hay evidencia estadística, en tal sentido YLTA es elegida como muestra patrón del yogurt enriquecido con espirulina.

4.3 PRUEBAS PRELIMINARES PARA ELEGIR EL MÉTODO DE ELABORACIÓN YOGURT BATIDO

A nivel experimental se realizaron pruebas preliminares para elegir el método de elaboración de yogurt, se tomó en cuenta la metodología del Laboratorio del Taller de Alimentos. Para tal efecto, se realizó tres pruebas con diferentes dosificaciones en porcentaje de azúcar, leche en polvo, cultivo láctico, gelatina neutra y leche fresca que se muestra en el cuadro 4.1.

Cuadro 4.1
Formulación en porcentaje de insumos para elegir el método del yogurt batido

Formulación	Porcentaje
Azúcar	(7,5356 – 9,5004)
Leche en polvo	(0,7098 – 1,0364)
Cultivo lácteo	(0,0026 – 0,0043)
Gelatina neutra	(0,2659 – 0,3283)
Leche fresca	(89,1307 - 91,4861)

Fuente: Elaboración propia

Así mismo para realizar las pruebas preliminares se tomó en cuenta las variables del proceso, temperatura en la etapa de inoculación entre (43°C - 47°C), tiempo de fermentación entre (4 – 6) horas y temperatura de pasterización de la leche de 81°C , según (L.T.A., 2017).

4.3.1 DOSIFICACIÓN PRELIMINAR PARA LA PRUEBA 1 PARA YOGURT BATIDO

En la tabla 4.11, se muestra la dosificación de insumos utilizado para realizar la prueba 1 de yogurt batido sin saborizante, ni colorante.

Tabla 4.11
Dosificación de insumos para la prueba 1 del yogurt batido

Materia prima e insumos	Cantidad (%)
Leche entera fresca	91,4861
Azúcar	7,5356
Leche en polvo	0,7098
Cultivo lácteo	0.0026
Gelatina neutra	0,2659

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.11, se muestra la dosificación realizada para la prueba 1 en el cual se procedió a realizar una valoración de los atributos: textura y grado de dulzor. Donde evaluaron el personal del LTA, donde pudieron observar que se obtuvo un yogurt fluido y grado de dulzor muy suave.

4.3.2 DOSIFICACIÓN PRELIMINAR PARA LA PRUEBA 2 PARA YOGURT BATIDO

En la tabla 4.12, se muestra la dosificación de insumos utilizado para realizar la prueba 2 de yogurt batido sin saborizante, ni colorante.

Tabla 4.12
Dosificación de insumos para la prueba 2 del yogurt batido

Materia prima e insumos	Cantidad (%)
Leche entera fresca	90,0964
Azúcar	8,7303
Leche en polvo	0,8730
Cultivo lácteo	0.0035
Gelatina neutra	0,2968

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.12, se muestra la dosificación realizada para la prueba 2 en el cual se procedió a realizar una valoración de los atributos: textura y grado de dulzor. Donde evaluaron el personal del LTA, donde pudieron observar que

se obtuvo un yogurt más consistente en el atributo textura y un grado de dulzor más pronunciado aceptable para un yogurt batido.

4.3.3 DOSIFICACIÓN PRELIMINAR PARA LA PRUEBA 3 PARA YOGURT BATIDO

En la tabla 4.13, se muestra la dosificación de insumos utilizado para realizar la prueba 3 de yogurt batido sin saborizante, ni colorante.

Tabla 4.13
Dosificación de insumos para la prueba 3 del yogurt batido

Materia prima e insumos	Cantidad (%)
Leche entera fresca	89,1307
Azúcar	9,5004
Leche en polvo	1,0364
Cultivo lácteo	0.0043
Gelatina neutra	0,3282

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.13, se muestra la dosificación realizada para prueba 3 en el cual se procedió a realizar una valoración de los atributos: textura y grado de dulzor. Donde evaluaron el personal del LTA, donde pudieron observar que se obtuvo un yogurt más viscoso en cuanto al atributo textura y un grado de dulzor muy elevado según la evaluación organoléptica.

En base a los resultados de la prueba 1, prueba 2 y prueba 3, se realizó una valoración de los tres productos de los atributos: textura y grado de dulzor. Donde evaluaron el personal del L.T.A. con la finalidad de elegir una de las tres pruebas preliminares.

Concluyendo que la prueba 2, con una formulación de leche entera fresca 90,0964%, azúcar 8,7303%, leche en polvo 0,8730%, cantidad de cultivo, 0,0035% y cantidad de gelatina neutra 0,2968%. Es la prueba de mayor aceptación por su agradable textura y grado de dulzor, para realizar las pruebas del yogurt batido enriquecido con espirulina.

4.4 PRUEBAS PRELIMINARES PARA EL ATRIBUTO ACIDEZ DEL YOGURT BATIDO

Para realizar la prueba preliminar de yogurt batido se procedió a elaborar ocho muestras de yogurt natural, en distintas, temperatura entre (43 - 47)°C, cultivo lácteo entre (0,0026 – 0,0035)%, tiempo de fermentación (4 – 5) horas. Tomando en cuenta la formulación de la prueba 2 de las muestras preliminares extraído de la tabla 4.12.

En el cuadro 4.2, se puede observar la variación de temperatura, cultivo láctico y tiempo del yogurt batido en la etapa de fermentación.

Cuadro 4.2
Variación de temperatura, cultivo y tiempo en la etapa de fermentación

Muestras	Temperatura (°C)	Cantidad de cultivo (%)	Tiempo de fermentación (horas)
YO1	43	0,0026	4
YO2	47	0,0026	4
YO3	43	0,0035	4
YO4	47	0,0035	4
YO5	43	0,0026	5
YO6	47	0,0026	5
YO7	43	0,0035	5
YO8	47	0,0035	5

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, se realizó una evaluación sensorial de las 8 muestras de yogurt batido, las que fueron evaluadas por 25 jueces no entrenados para atributo acidez en escala hedónica de 5 puntos (Anexo B).

4.4.1 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO ACIDEZ EN LA ETAPA DE FERMENTACIÓN

En la tabla 4.12, se muestran los resultados promedios obtenidos de la evaluación sensorial realizado para el atributo acidez y extraídos de la tablaC.15 (Anexo C), en escala hedónica.

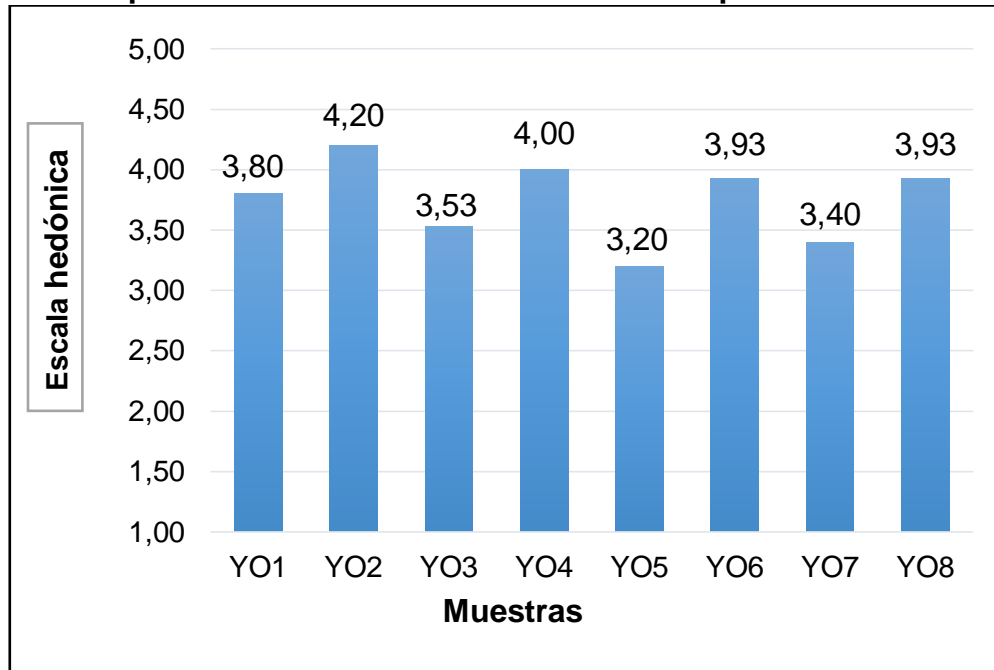
Tabla 4.14
Valores promedios del atributo acidez en la etapa de fermentación

Jueces	Muestra (Escala hedónica)							
	YO1	YO2	YO3	YO4	YO5	YO6	YO7	YO8
1	4	5	4	5	4	4	4	4
2	3	4	4	3	3	4	3	4
3	4	5	4	5	4	5	4	5
4	4	4	4	5	3	5	3	2
5	5	4	4	5	4	4	4	4
6	4	5	3	4	3	5	3	5
7	4	5	3	4	4	5	2	4
8	2	3	4	4	3	4	4	5
9	5	4	3	3	3	4	4	3
10	4	5	2	4	2	2	3	2
11	4	5	4	3	3	2	3	4
12	4	3	3	2	3	4	4	5
13	3	2	4	4	4	4	3	5
14	3	4	3	4	2	4	3	3
15	4	5	4	5	3	3	4	4
16	4	4	4	3	3	3	2	2
17	4	4	3	4	3	3	3	3
18	5	2	3	3	3	2	2	1
19	4	3	5	5	5	5	2	2
20	3	4	3	5	3	4	3	3
21	4	4	3	3	3	4	2	2
22	4	5	4	5	3	4	3	4
23	3	4	5	4	4	4	4	4
24	4	5	5	2	3	4	4	4
25	4	5	3	3	4	4	3	4
\bar{x}	3,80	4,20	3,53	4,00	3,20	3,93	3,40	3,93

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.5, se muestran los datos promedios, extraídos de la tabla 4.14, para atributo acidez en la etapa de fermentación.

Figura 4.5
Valores promedios del atributo acidez en la etapa de fermentación



Fuente: Elaboración Propia

En la figura 4.5, se puede observar que las cuatro muestras de mayor agrado por los jueces de acuerdo a la evaluación sensorial son las muestras Y02 (4,20); Y04 (4,00); Y06 (3,93); Y08 (3,93); en comparación a las muestras: Y05 (3,20); Y07 (3,40); Y03 (3,53) y Y01 (3,80), las cuales tienen un menor puntaje en escala hedónica.

4.4.1.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA DUNCAN DEL ATRIBUTO ACIDEZ EN LA ETAPA DE FERMENTACIÓN

En la tabla 4.13, se muestra la prueba de Duncan de las muestras extraído de la tabla 4.12, en la etapa de fermentación para atributo acidez.

Tabla 4.15
Prueba de Duncan en la etapa de fermentación del atributo acidez

Tratamientos	Valor	diferencia	Significancia
YO2 - YO4	4,20-4,00	0,20<0,44	No hay ≠ significativa
YO2 - YO8	4,20-3,93	0,27<0,47	No hay ≠ significativa
YO2 - YO6	4,20-3,93	0,27<0,49	No hay ≠ significativa
YO2 - YO1	4,20-3,80	0,40<0,50	No hay ≠ significativa
YO2 - YO3	4,20-3,53	0,67>0,51	si hay ≠ significativa
YO2 - YO7	4,20-3,40	0,80>0,51	si hay ≠ significativa
YO2 - YO5	4,20-3,20	1,00>0,52	si hay ≠ significativa
YO4 - YO8	4,00-3,93	0,07<0,44	No hay ≠ significativa
YO4 - YO6	4,00-3,93	0,07<0,47	No hay ≠ significativa
YO4 - YO1	4,00-3,80	0,20<0,49	No hay ≠ significativa
YO4 - YO3	4,00-3,53	0,47<0,50	No hay ≠ significativa
YO4 - YO7	4,00-3,40	0,60>0,51	si hay ≠ significativa
YO4 - YO5	4,00-3,20	0,80>0,51	si hay ≠ significativa
YO8 - YO6	3,93-3,93	0,00<0,52	No hay ≠ significativa
YO8 - YO1	3,93-3,80	0,13<0,44	No hay ≠ significativa
YO8 - YO3	3,93-3,53	0,40<0,47	No hay ≠ significativa
YO8 - YO7	3,93-3,40	0,53>0,49	si hay ≠ significativa
YO8 - YO5	3,93-3,20	0,73>0,50	si hay ≠ significativa
YO6 - YO1	3,95-3,80	0,13<0,51	No hay ≠ significativa
YO6 - YO3	3,95-3,53	0,40<0,51	No hay ≠ significativa
YO6 - YO7	3,95-3,40	0,53>0,52	si hay ≠ significativa
YO6 - YO5	3,95-3,20	0,73>0,44	si hay ≠ significativa
YO1 - YO3	3,80-3,53	0,27<0,47	No hay ≠ significativa
YO1 - YO3	3,80-3,40	0,40<0,49	No hay ≠ significativa
YO1 - YO3	3,80-3,20	0,60>0,50	si hay ≠ significativa
YO3 - YO7	3,53-3,40	0,13<0,51	No hay ≠ significativa
YO3 - YO5	3,53-3,20	0,33<0,51	No hay ≠ significativa

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.13, existe diferencia significativa entre los tratamientos YO2-YO3; YO2-YO7; YO2-YO5; YO4-YO7; YO4-YO5; YO8-YO7; YO8-YO5; YO6-YO7; YO6-YO5 y YO1-YO5. Sin embargo para los tratamientos: YO2-YO4; YO2-YO8; YO2-YO6; YO2-YO1; YO4-YO8; YO4-YO6; YO4-YO1; YO4-YO3; YO8-YO6; YO8-YO1; YO8-YO3; YO6-YO1; YO6-YO3; YO1-YO3; YO1-YO7; YO3-YO7 y YO3-YO5, no existe diferencia significativa para ($p < 0,05$). En tal sentido, se tomó en cuenta la preferencia

de los jueces por las muestras Y02 (4,20); Y04 (4,00) y Y06 (3,93) en escala hedónica para el atributo acidez, como la mejor opción.

Concluyendo que las muestras Y02 (4,20), Y04 (4,00) y Y06 (3,93), son consideradas de mayor preferencia por los jueces en el atributo acidez. Así mismo realizado el análisis estadístico para el atributo acidez $F_{cal} > F_{tab}$ (4,08 > 2,66), si existe evidencia estadística, en tal sentido las tres muestras son tomadas en cuenta en el proceso de fermentación.

4.4.2 AJUSTE DE ACIDEZ EN EL PROCESO DE FERMENTACIÓN

En base al atributo acidez de las ocho muestras que fueron realizadas anteriormente se tomó en cuenta las siguientes muestras Y02, Y04 y Y06, de preferencia por los jueces, en la cual se procedió realizar la siguiente modificación en cuanto cultivo láctico entre (0,0026-0,0035)%, temperatura constante de 45°C, para las tres muestras y tiempo de fermentación 4 horas para las tres muestras, para el ajuste de acidez.

En el cuadro 4.3, se muestran la variación de cultivo láctico en base a los resultados de la tabla 4.15.

Cuadro 4.3
Variación de las variables de control en la etapa de fermentación

Muestras	Temperatura (°C)	Cantidad de cultivo (%)	Tiempo de fermentación (horas)
Y02	45	0,0026	4
Y04	45	0,0035	4
Y06	45	0,0026	4

Fuente: Elaboración propia

4.4.2.1 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA AJUSTAR EL VALOR DE ACIDEZ

En la tabla 4.16, se muestran los resultados promedios obtenidos de la evaluación sensorial para ajustar el valor de acidez en el proceso de fermentación, extraído de la tabla C.20 (Anexo C), en escala hedónica.

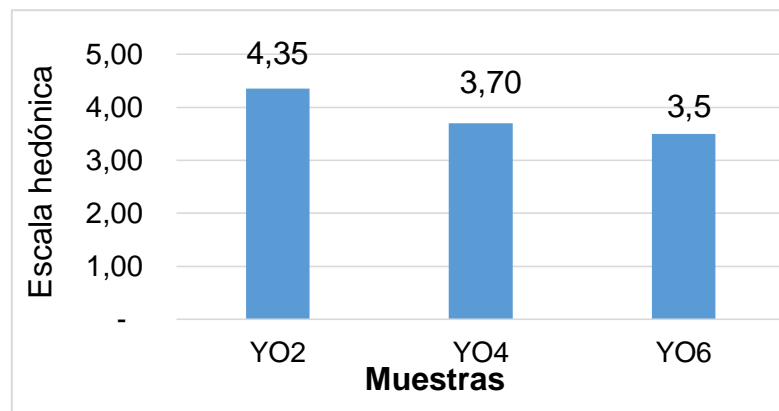
Tabla 4.16
Valores promedios para el ajuste del valor de acidez

Jueces	Muestras (Escala hedónica)		
	Y02	Y04	Y06
1	4	4	5
2	4	4	3
3	5	4	3
4	5	3	4
5	5	4	4
6	5	4	3
7	5	4	3
8	5	3	4
9	4	5	3
10	4	3	4
11	4	4	5
12	4	4	2
13	3	1	3
14	3	2	4
15	5	4	3
16	4	3	4
17	4	5	3
18	4	5	3
19	5	4	4
20	5	4	3
\bar{x}	4.35	3.70	3.50

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.6 se muestran los datos promedios, extraídos de la tabla 4.16 para ajustar el valor acidez, en el proceso de fermentación.

Figura 4.6
Valores promedios para ajuste de acidez en el proceso de fermentación



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.6, se puede observar que la muestra de mayor aceptación por los jueces es la muestra Y02 (4,35); sin embargo la muestra Y04 (3,70) y Y06 (3.5) tienen un menor puntaje en escala hedónica.

4.4.2.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DUNCAN PARA AJUSTE EL VALOR DE ACIDEZ

En la tabla 4.17, se muestra los resultados de la prueba de Duncan para las muestras Y02, Y04 y Y06, para el ajuste del valor de acidez.

Tabla 4.17
Prueba de Duncan, para el ajuste del valor de acidez

Tratamientos	Valor	Diferencia	Significancia
Y02-Y04	4,35-3,70	0,65>0,51	Si hay diferencia sig.
Y02-Y06	4,35-3,50	0,85>0,54	Si hay diferencia sig.
Y04-Y06	3,70-3,50	0,20<0,51	No hay diferencia sig.

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.17, no existe diferencia significativa entre los tratamientos (Y04-Y06), para un límite de confianza ($p < 0,05$), sin embargo que para la muestras (Y02-Y04) y (Y02-Y06), si existe diferencia significativa, por lo tanto es tomada en cuenta la muestra Y02 (4,35), de mayor preferencia por los jueces en el ajuste del valor de acidez.

4.5 DISEÑO EXPERIMENTAL PARA DETERMINAR LAS VARIABLES EN LA ETAPA DE FERMENTACIÓN DEL YOGURT ENRIQUECIDO CON ESPIRULINA

Para determinar las variables (temperatura de inoculación, cantidad de cultivo y tiempo de fermentación) en el proceso de fermentación, se procedió a realizar el proceso factorial (tabla 3.8) con los niveles de variación (tabla 3.7); donde las variable respuesta fue la acidez (porcentaje de ácido) expresada en °Dornic. Los resultados se muestran en la tabla 4.18.

Tabla 4.18
Ácido láctico expresado en % del yogurt natural enriquecido con
espirulina en la etapa de fermentación

corridas	Variables			Replic a I	Replica II	Total (y _i)
	Temperatura (T)	Cantidad de cultivo (CL)	Tiempo (t)			
(1)	43	0,0026	4	0,61	0,66	1,27
T	47	0,0026	4	0,56	0,64	1,20
CL	43	0,0035	4	0,65	0,77	1,42
T CL	47	0,0035	4	0,61	0,60	1,21
t	43	0,0026	5	0,69	0,43	1,12
T t	47	0,0026	5	0,65	0,59	1,24
CL t	43	0,0035	5	0,68	0,70	1,38
T CL t	47	0,0035	5	0,65	0,60	1,25

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.19, se muestran los resultados obtenidos del análisis de varianza (Anexo D) de los valores de la variable respuesta (Acidez) para un diseño factorial 2³ en base a los resultados de la tabla 4.18.

Tabla 4.19
Análisis de varianza para las variables del yogurt enriquecido con
espirulina en la etapa de fermentación

Fuente de varianza (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad GL	Cuadrados medios MC	Fcal	Ftab	Signifi- cancia
Total	818,93750	15	-	-	-	-
Factor T	52,56250	1	52,56250	0,86256	5,32	No
Factor CL	115,56250	1	115,56250	1,89641	5,32	No
Factor t	7,56250	1	7,56250	0,12410	5,32	No
Interacción T CL	95,06250	1	95,06250	1,56000	5,32	No
Interacción T t	45,56250	1	45,56250	0,74769	5,32	No
Interacción CL t	7,56250	1	7,56250	0,12410	5,32	No
Interacción T CL t	7,56250	1	7,56250	0,12410	5,32	No
Error experimental	487,5000	8	60,93750	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.19, los factores: Temperatura de inoculación (T), cantidad de cultivo láctico (CL), tiempo de fermentación (t) y las interacciones: (T CL) temperatura inoculado – cantidad de cultivo, (T t)

temperatura inoculado – tiempo de fermentación, (CL t) cantidad de cultivo – tiempo de fermentación, (T CL t) temperatura de inoculación – cantidad de cultivo – tiempo de fermentación no son significativos en el proceso de fermentación para una $p < 0,05$.

En base al análisis estadístico realizado por el diseño 2^3 , se puede decir que ningún factor tomado en cuenta incide directamente en la etapa de fermentación del yogurt batido enriquecido con espirulina.

4.6 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA EL ATRIBUTO SABOR EN LA ETAPA DE SABORIZACION Y ENRIQUECIMIENTO

En la tabla 4.20, se muestran los resultados promedios obtenidos de la evaluación sensorial para el atributo sabor, tabla C.25 (Anexo C).

Tabla 4.20
Valores promedios del atributo sabor en la etapa de saborización y enriquecimiento

Jueces	Muestras (Escala hedónica)		
	YE01	YE02	YE03
1	4	3	3
2	4	3	2
3	3	4	3
4	3	2	3
5	4	3	1
6	4	5	3
7	5	4	2
8	5	3	3
9	4	3	3
10	4	2	2
11	3	4	5
12	4	5	4
13	4	5	3
14	4	5	5
15	4	5	4
16	4	4	3
17	4	4	5
18	3	4	4
19	4	3	5
20	3	3	4
21	5	3	4
\bar{x}	3,90	3,67	3,38

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 4.7, se muestran los datos promedios, extraídos de la tabla 4.20, del atributo sabor en la etapa de saborización y enriquecimiento.

Figura 4.7
Valores promedios del atributo sabor en la etapa de saborización y enriquecimiento



Fuente: Elaboración Propia

En la figura 4.7, se puede observar que la muestra de mayor aceptación por los jueces es la muestra: YE01 (3,90), sin embargo la muestra YE02 (3,67); YE03 (3,38), tienen un menor puntaje en la escala hedónica.

4.6.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ATRIBUTO SABOR EN LA ETAPA DE SABORIZACION Y ENRIQUECIMIENTO

En la tabla 4.21, se muestran el análisis de varianza para el atributo sabor en la etapa de saborización y enriquecimiento, tabla C.25 (Anexo C).

Tabla 4.21
Análisis de varianza para el atributo sabor en la etapa de saborización y enriquecimiento

Fuente de varianza (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fcal	Ftab
Total	54,32	62	-	-	-
Entre muestras	2,89	2	1,45	1,86	5,18
Entre jueces	20,32	20	1,02	1,31	2,37
Error	31,11	40	0,78	-	-

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.21, $F_{cal} < F_{tab}$ ($1,86 < 5,18$) para tratamientos (muestras). Por lo tanto no se rechaza la hipótesis planteada $p < 0,01$ y se puede decir que no hay diferencia estadísticamente significativa; por lo que cualquier muestra puede ser tomada en cuenta. Se tomó como mejor opción por los jueces la muestra YE01 (3,90); en la etapa de saborización y enriquecimiento para el atributo sabor.

4.7 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA EL ATRIBUTO PRESENTACIÓN EN LA ETAPA DE SABORIZACION Y ENRIQUECIMIENTO

En la tabla 4.22, se muestran los resultados promedios obtenidos de la evaluación sensorial para el atributo presentación, extraído de la tabla C 27, (Anexo C), en escala hedónica.

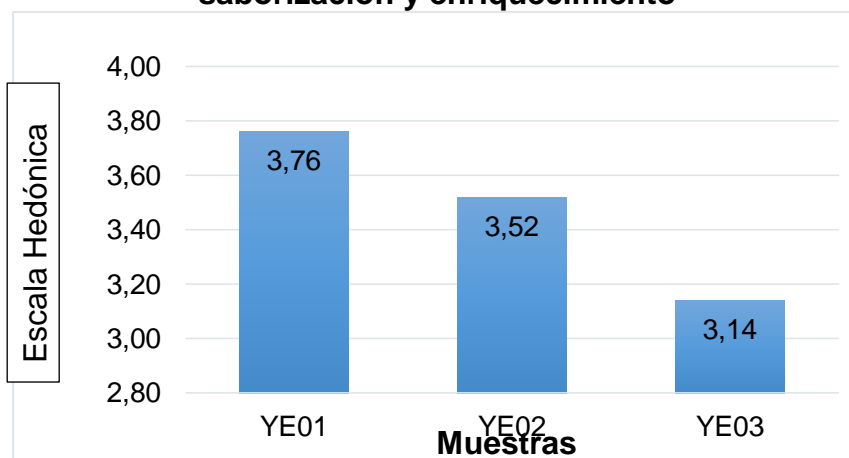
Tabla 4.22
Valores promedios del atributo presentación en la etapa de saborización y enriquecimiento

Jueces	Muestra (Escala hedónica)		
	YE01	YE02	YE03
1	4	4	3
2	4	3	2
3	4	3	2
4	4	3	2
5	4	3	2
6	4	4	4
7	4	4	3
8	2	3	5
9	4	3	2
10	4	3	2
11	3	5	4
12	4	4	3
13	3	4	2
14	3	4	4
15	4	2	3
16	3	2	2
17	4	4	4
18	4	4	5
19	5	5	5
20	4	4	4
21	4	3	3
\bar{x}	3,76	3,52	3,14

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.8, se muestran los resultados promedios, extraídos de la tabla 4.22, del atributo presentación en la etapa de saborización y enriquecimiento.

Figura 4.8
Valores promedios del atributo presentación en la etapa de saborización y enriquecimiento



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.8, se puede observar que la muestra de mayor agrado por los jueces es la muestra: YE01 (3,76), sin embargo las muestras YE02 (3,52); YE03 (3,14), tienen un menor puntaje en la escala hedónica.

4.7.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA EL ATRIBUTO PRESENTACION EN LA ETAPA DE SABORIZACION Y ENRIQUECIMIENTO

En la tabla 4.23, se muestra el análisis de varianza para el atributo presentación, en la etapa de saborización y enriquecimiento, en base a resultados tabla C.27, (Anexo C).

Tabla 4.23
Análisis de varianza para el atributo presentación del yogurt batido enriquecido con espirulina

Fuente de varianza (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fcal	Ftab
Total	49,71	62	-	-	-
Entre muestras	4,10	2	2,05	3,52	5,18
Entre jueces	22,38	20	1,12	1,93	2,37
Error	23,24	40	0,58	-	-

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar en la tabla 4.23, $F_{cal} < F_{tab}$ ($3,52 < 5,18$) para los tratamientos (muestras). Por lo tanto no se rechaza la hipótesis planteada $p < 0,01$ y se puede decir que no hay diferencia estadísticamente significativa, por lo tanto cualquier muestra puede ser tomada en cuenta. Se tomó como mejor opción por los jueces la muestra YE01 (3,76); para el atributo presentación.

4.8 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA EL ATRIBUTO COLOR EN LA ETAPA DE SABORIZACION Y ENRIQUECIMIENTO

En la tabla 4.24, se muestran los resultados promedios obtenidos de la evaluación sensorial para el atributo color, extraído de la tabla C 29, (Anexo C), en escala hedónica.

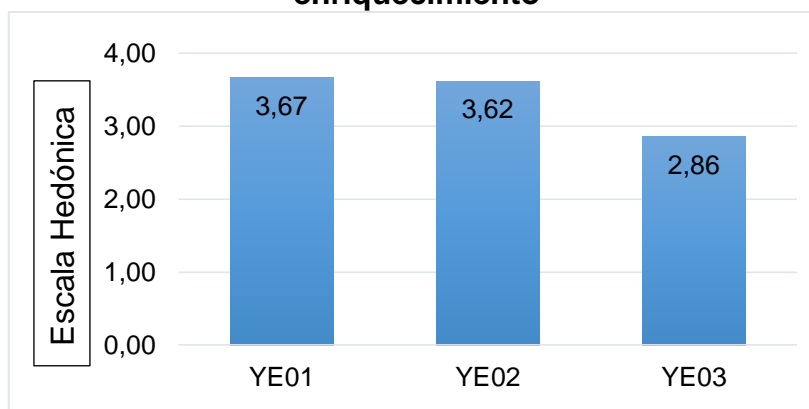
Tabla 4.24
Valores promedios del atributo color en la etapa de saborización y enriquecimiento

Jueces	Muestras (Escala hedónica)		
	YE01	YE02	YE03
1	4	3	2
2	4	3	2
3	4	3	2
4	4	3	3
5	4	4	2
6	4	4	3
7	5	4	3
8	3	3	5
9	4	3	3
10	3	3	2
11	3	5	4
12	4	5	3
13	3	5	3
14	3	4	3
15	3	2	3
16	3	4	1
17	5	4	3
18	3	3	4
19	5	4	5
20	3	5	3
21	3	2	1
\bar{x}	3,67	3,62	2,86

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.9, se muestran los resultados promedios, extraídos de la tabla 4.24, del atributo color en la etapa de saborización y enriquecimiento.

Figura 4.9
Valores promedios del atributo color en la etapa de saborización y enriquecimiento



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.9, se puede observar que la muestra de mayor aceptación por los jueces es la muestra: YE01 (3,67).

4.8.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA DUNCAN DEL ATRIBUTO COLOR EN LA ETAPA DE SABORIZACION Y ENRIQUECIMIENTO

En la tabla 4.25, se muestra la prueba de Duncan para YE01, YE02 y YE03, en la etapa de saborización y enriquecimiento del atributo color.

Tabla 4.25
Prueba de Duncan en la etapa de saborización y enriquecimiento del atributo color

Tratamientos	Valor	diferencia	Significancia
YE01-YE02	3,67-3,62	0,05<0,69	No hay ≠ significativa
YE01-YE03	3,67-2,86	0,81>0,72	Si hay ≠ significativa
YE02-YE03	6,62-2,86	0,24<0,86	No hay ≠ significativa

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla 4.25, no existe diferencia significativa entre los tratamientos (YE01-YE02). Sin embargo para (YE01-YE03) si hay diferencia significativa ($p < 0,01$), por lo tanto se toma la muestra YE01 (3,67), de mayor preferencia por los jueces del atributo color.

4.9 PRUEBA PARA EL AJUSTE DEL ATRIBUTO COLOR DEL YOGURT BATIDO ENRIQUECIDO CON ESPIRULINA

De acuerdo a la evaluación sensorial test 4 (Anexo B) se tomó la muestra ganadora (YE01) en el atributo color para darle un ajuste, debido a los comentarios de los jueces que les gustaría un color menos intenso del yogurt, para lo cual se elaboraron 4 muestras, haciendo una variación de color en relación de un litro de yogurt, para los siguientes códigos: Y-31 (0%), Y-32 (2%), Y-33 (4%) y Y-34 (6%).

4.9.1 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA AJUSTAR EL ATRIBUTO COLOR DEL YOGURT ENRIQUECIDO CON ESPIRULINA

En la tabla 4.26, se muestran los resultados promedios obtenidos de la evaluación sensorial para reajustar el atributo color, tabla C 34, (Anexo C).

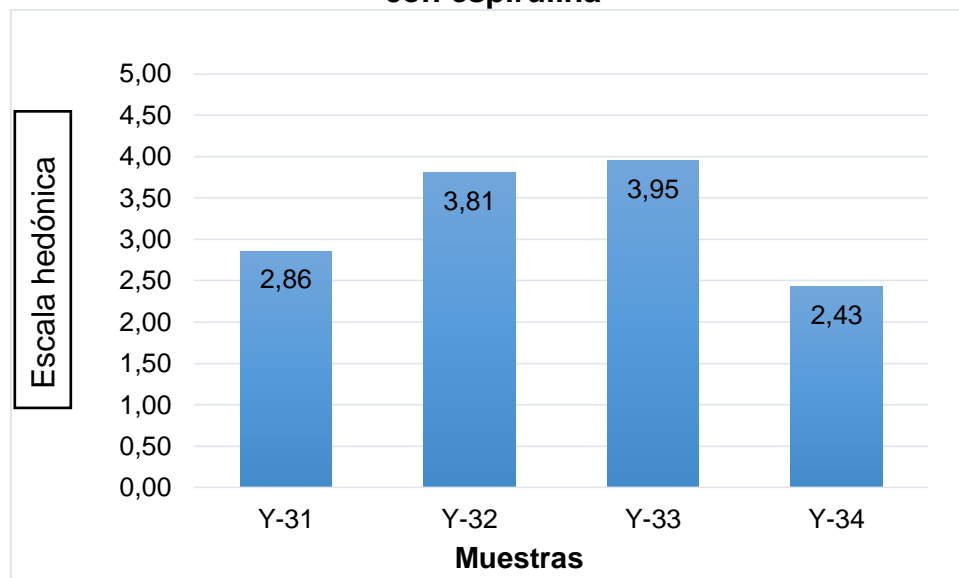
Tabla 4.26
Valores promedios para ajustar el atributo color del yogurt enriquecido con espirulina

Jueces	Muestras (Escala Hedónica)			
	Y-31	Y-32	Y-33	Y-34
1	2	4	5	3
2	2	4	5	3
3	3	3	4	2
4	3	4	5	2
5	3	2	3	2
6	2	4	5	2
7	2	4	5	3
8	3	4	5	3
9	3	3	5	4
10	3	4	5	3
11	2	3	4	3
12	2	3	5	2
13	3	5	4	2
14	4	5	3	1
15	4	5	2	2
16	5	5	3	1
17	4	5	3	2
18	1	2	2	4
19	2	2	3	4
20	5	4	3	1
21	2	5	4	2
\bar{x}	2,86	3,81	3,95	2,43

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.10, se muestran los resultados promedios, extraídos de la tabla 4.26, para ajustar el atributo color del yogurt enriquecido con espirulina.

Figura 4.10
Valores promedios para ajustar el atributo color del yogurt enriquecido con espirulina



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.10, se puede observar que la muestra de mayor aceptación por los jueces es la muestra: Y-33 (3,95), Sin embargo la muestra Y-32 (3,81); Y-31 (3,86) y Y-34 (2,43), tienen un menor puntaje en la escala hedónica.

4.9.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA PRUEBA DE DUNCAN PARA AJUSTAR EL ATRIBUTO COLOR

En la tabla 4,27 se muestra la prueba de Duncan de las muestras Y-31, Y-32, Y-33 y Y-34, para ajustar el atributo color, del yogurt enriquecido con espirulina.

Tabla 4.27
Prueba de Duncan para el ajuste del atributo color del yogurt
enriquecido con espirulina

Tratamientos	Valor	diferencia	Significancia
Y-33 – Y-32	3,95-3,81	0,14<0,86	No hay ≠ significativa
Y-33 – Y-31	3,95-2,86	1,09>0,90	Si hay ≠ significativa
Y-33 – Y-34	3,95-2,43	1,52>0,93	Si hay ≠ significativa
Y-32 – Y-31	3,81- 2,86	0,95>0,86	Si hay ≠ significativa
Y-32 – Y-34	3,81-2,43	1,38>0,90	SI hay ≠ significativa

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla 4.27, no existe diferencia significativa éntrelos tratamientos (Y-33–Y-32); sin embargo para los tratamientos (Y-33–Y-31), (Y-33–Y-34), (Y-32–Y-31) y (Y-32–Y-34) si existe diferencia significativa para ($p < 0,01$). Por lo tanto, se toma la muestra Y-33 (3,95), de mayor preferencia por los jueces para el atributo color.

4.10 PRUEBA COMPARATIVA PARA EL ATRIBUTO COLOR CON LA MUESTRA PATRÓN

Para realizar la prueba comparativa con la muestra patrón, se tomó en cuenta la muestra Y-33 del producto terminado, extraída de la tabla C.39 (Anexo C), de mayor preferencia de los jueces para el atributo color, se realizó una evaluación sensorial del yogurt batido enriquecido con espirulina codificada como (YES) y muestra patrón (YPA), para determinar cuál de las dos muestra es de preferencia por los jueces.

4.10.1 EVALUACIÓN SENSORIAL COMPARATIVA PARA EL ATRIBUTO COLOR CON LA MUESTRA PATRÓN

En la tabla 4.28, se muestran los resultados promedios obtenidos de la evaluación sensorial para comparar el atributo color con la muestra patrón extraído de la tabla C 39, (Anexo C), en escala hedónica.

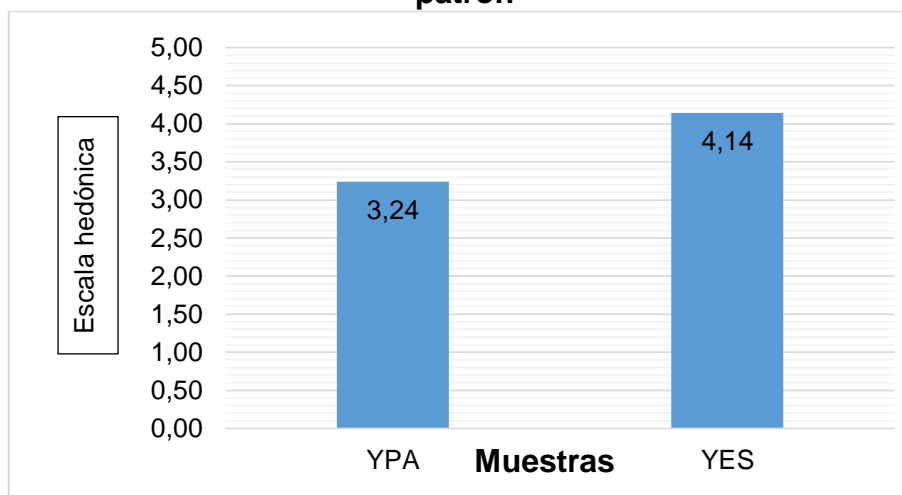
Tabla 4.28
Valores promedios del atributo color para comparar con la muestra patrón

Jueces	Muestras (Escala hedónica)	
	YPA	YES
1	2	4
2	3	5
3	3	4
4	4	5
5	3	4
6	3	5
7	3	5
8	4	5
9	2	3
10	4	5
11	3	4
12	3	5
13	3	4
14	3	4
15	3	4
16	2	5
17	3	5
18	5	4
19	4	3
20	3	2
21	5	2
\bar{x}	3,24	4,14

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.11, se muestran los resultados promedios extraídos de la tabla 4.28, para comparar el atributo color con la muestra patrón.

Figura 4.11
Valores promedios para del atributo color para comparar con la muestra patrón



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.11, se puede observar que la muestra de mayor aceptación por los jueces es la muestra YES (4,14); sin embargo la muestra YPA (3,24), tiene menor puntaje en escala hedónica.

4.10.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DUNCAN DEL ATRIBUTO COLOR PARA COMPARAR CON LA MUESTRA PATRÓN

En la tabla 4.29, se muestran la prueba de Duncan de las muestras YES y YPA, para comparar con la muestra patrón del atributo color.

Tabla 4.29
Prueba de Duncan del atributo color para comparar con la muestra patrón

Tratamientos	Valor	diferencia	Significancia
YES - YPA	4,14-3,24	0,90>0,84	Si hay ≠ significativa

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.29, si existe diferencia significativa entre los tratamientos (YES-YPA), para $p < 0,01$. Por lo tanto, se toma la muestra YES (4,14) de mayor preferencia por los jueces del atributo color.

Concluyendo que la muestra YES (4,14) yogurt batido enriquecido con espirulina es de mayor preferencia por los jueces para el atributo color, así mismo realizado el análisis estadístico ($9,09 > 8,10$).

4.11 CONTROL DE ACIDEZ, pH Y SÓLIDOS SOLUBLES EN EL PROCESO DE FERMENTACIÓN PARA LA ELABORACIÓN DEL YOGURT BATIDO ENRIQUECIDO CON ESPIRULINA

Una vez definida las variables en el proceso de fermentación (temperatura de inoculación, cantidad de cultivo lácteo y tiempo de fermentación), se procedió a controlar acidez en (% ácido láctico), pH y sólidos solubles en intervalos de 25 minutos para tal efecto se utilizó la técnica NB 229:98.

4.11.1 CONTROL DE ACIDEZ EN LA ETAPA DE FERMENTACIÓN DEL YOGURT BATIDO ENRIQUECIDO CON ESPIRULINA

En la tabla 4.30, se muestran los resultados obtenidos de los valores de control de acidez expresados (ácido láctico) en función del tiempo de fermentación un intervalo de tiempo de 25 min.

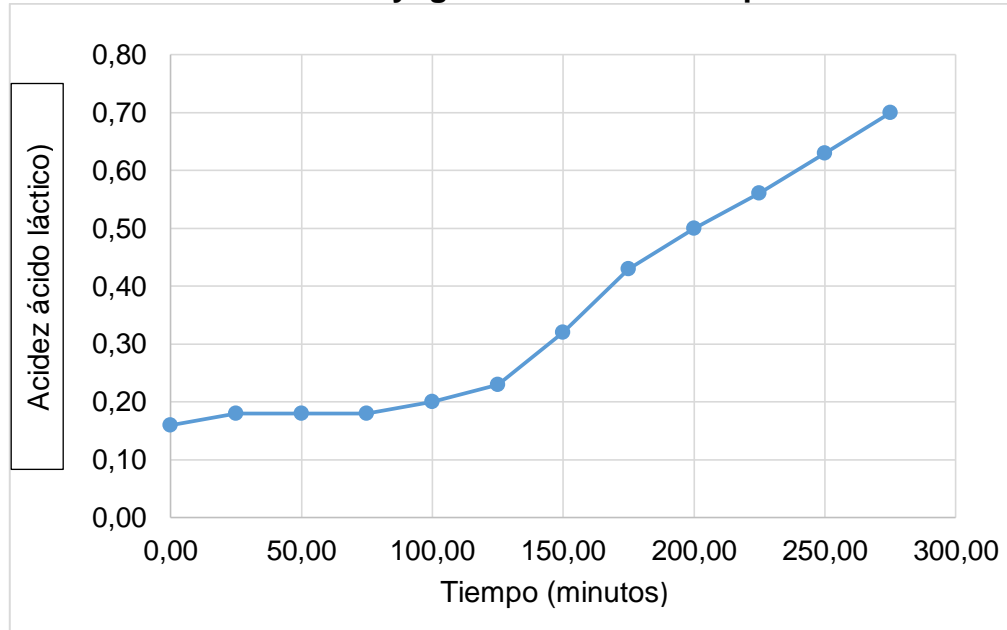
Tabla 4.30
Control de acidez en el proceso de fermentación

Tiempo (minutos)	Acidez (ácido láctico)
0,00	0,16
25,00	0,18
50,00	0,18
75,00	0,18
100,00	0,20
125,00	0,23
150,00	0,32
175,00	0,43
200,00	0,50
225,00	0,56
250,00	0,63
275,00	0,70

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.12, se muestran la variación de control de acidez de la tabla 4.30 para el control de acidez en el proceso de fermentación.

Figura 4.12
Variación de la acidez del yogurt natural en la etapa de fermentación



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la figura 4.12, para tiempo 0 min en porcentaje de ácido láctico es 0,16% en la etapa de fermentación, entre el minuto (25, 50 y 75) el % de ácido láctico es 0,18 se puede observar que se mantiene constante durante este tiempo. Así mismo al final del proceso de fermentación en tiempo 275 min el % de acidez es de 0,70.

4.11.2 CONTROL DE pH EN LA ETAPA DE FERMENTACIÓN DEL YOGURT BATIDO ENRIQUECIDO CON ESPIRULINA

En la tabla 4.31, se muestran los resultados obtenidos de los valores de control de pH en función del tiempo de fermentación un intervalo de tiempo de 25 min.

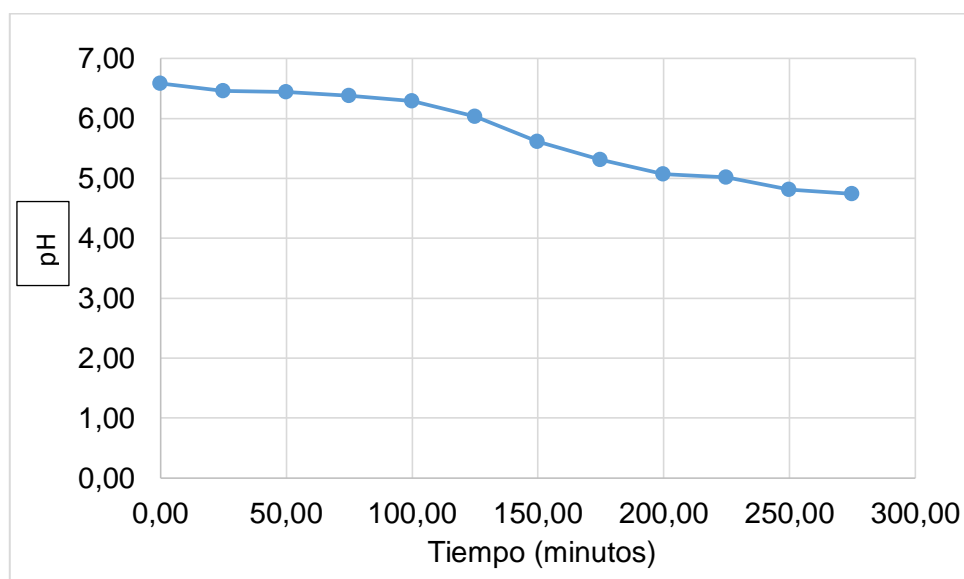
Tabla 4.31
Variación de pH del yogurt batido en la etapa de fermentación

Tiempo (minutos)	pH
0,00	6,58
25,00	6,46
50,00	6,44
75,00	6,38
100,00	6,29
125,00	6,03
150,00	5,61
175,00	5,31
200,00	5,07
225,00	5,02
250,00	4,81
275,00	4,74

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.13, se muestran la variación de control de pH de la tabla 4.30 para el control en el proceso de fermentación.

Figura 4.13
Variación del pH del yogurt batido en la etapa de fermentación



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la figura 4.13, para tiempo 0 el pH inicial es de 6,58. Así mismo a medida que transcurre en tiempo de fermentación el pH va disminuyendo hasta alcanzar un valor de pH 4,74 al final del proceso de fermentación al min 275.

4.11.3 CONTROL DE SÓLIDOS EN LA ETAPA DE FERMENTACIÓN DEL YOGURT BATIDO ENRIQUECIDO CON ESPIRULINA

En la tabla 4.32, se muestran los resultados obtenidos de los valores de control de sólidos solubles (°Brix) en función del tiempo de fermentación en un intervalo de tiempo de 25 min.

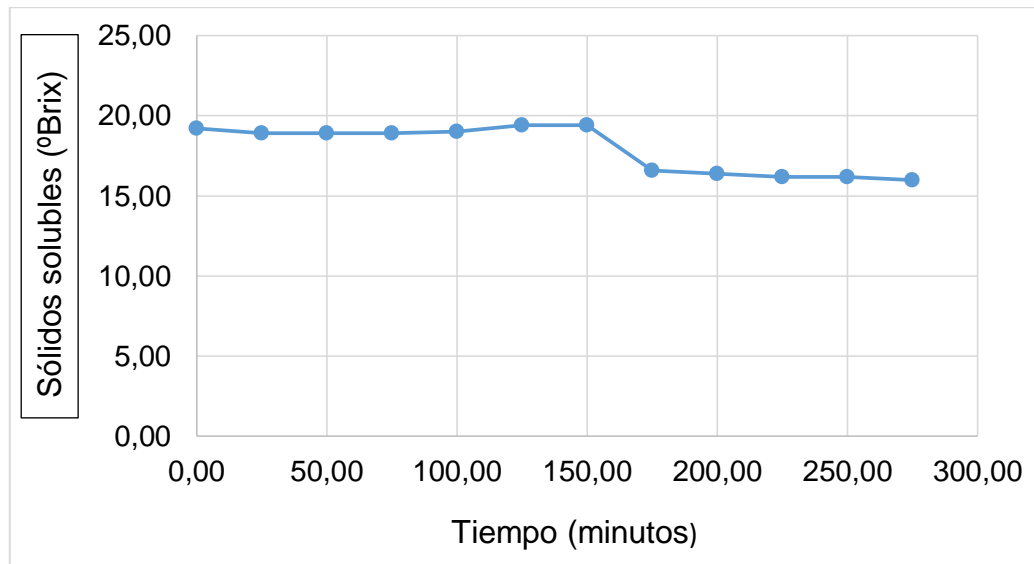
Tabla 4.32
Variación de sólidos del yogurt batido en la etapa de fermentación

Tiempo (minutos)	sólidos
0,00	19,20
25,00	18,90
50,00	18,90
75,00	18,90
100,00	19,00
125,00	19,40
150,00	19,40
175,00	16,60
200,00	16,40
225,00	16,20
250,00	16,20
275,00	16,00

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.14, se muestran la variación de control de sólidos solubles de la tabla 4.30 para el control de (°Brix) en el proceso de fermentación.

Figura 4.14
Variación de sólidos solubles del yogurt batido en la etapa de fermentación



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la figura 4.14, para tiempo 0 los sólidos solubles son de 19,20 (°Brix). Así mismo a medida que transcurre en tiempo los sólidos bajan hasta 18,90 en los minutos 25, 50 y 75, se mantienen constante, a partir del minuto 100 va decreciendo lentamente hasta alcanzar 16 °Brix en el proceso final de fermentación.

4.12 CONTROL DE ACIDEZ YOGURT BATIDO CON ESPIRULINA DURANTE EL ALMACENAMIENTO POR 27 DÍAS

Se procedió a realizar el control de acidez de yogurt batido enriquecido con espirulina, durante el almacenamiento en un refrigerador por 27 días, se realizó el control de dos muestras: una con conservante (Benzoato de sodio y sorbato de potasio (YCC) y otra sin conservante (YSC) para determinar la acidificación a una temperatura de 6°C.

En la tabla 4.33, se muestran los valores de acidez en el yogurt enriquecido con espirulina en función del tiempo de almacenamiento.

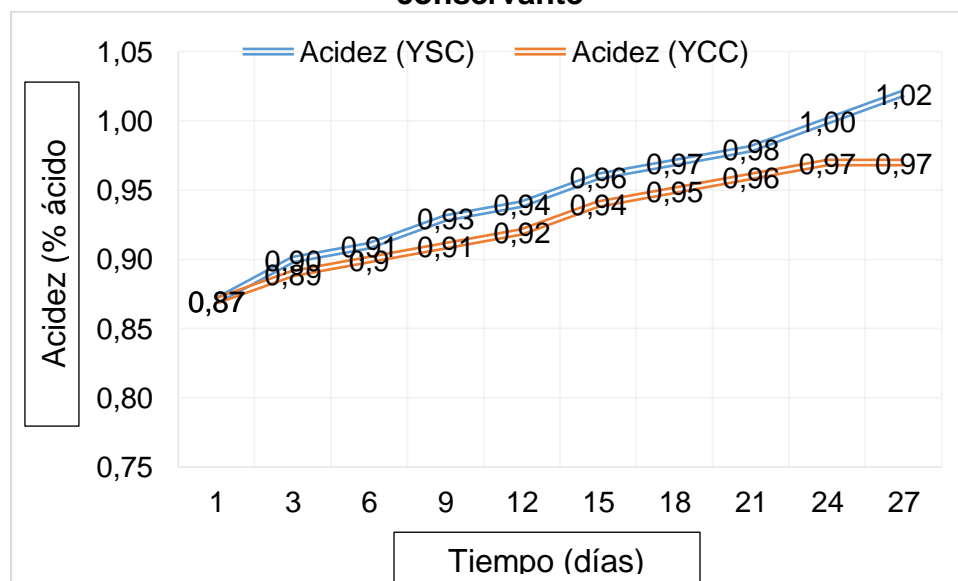
Tabla 4.33
Control de acidez del yogurt batido enriquecido con espirulina con y sin conservante

Tiempo días	% acidez (YSC)	% acidez (YCC)
1	0,87	0,87
3	0,90	0,89
6	0,91	0,9
9	0,93	0,91
12	0,94	0,92
15	0,96	0,94
18	0,97	0,95
21	0,98	0,96
24	1,00	0,97
27	1,02	0,97

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.15, se muestran la variación de acidez (% ácido láctico) con conservante YCC y sin conservante YSC, datos extraídos (tabla 4.33) para un tiempo de 27 días.

Figura 4.15
Control de acidez del yogurt batido enriquecido con espirulina con y sin conservante



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.15, se puede observar los valores de acidez en la etapa de almacenamiento de 27 días del producto terminado de una acidez inicial 0,87% ácido láctico para ambas muestras YCC y YSC, se observa que la muestra YSC (1,02 % ácido láctico) y la muestra YCC (0,97 % ácido láctico) al final del proceso de almacenamiento.

4.12.1 CONTROL DE pH YOGURT BATIDO ENRIQUECIDO CON ESPIRULINA DURANTE EL ALMACENAMIENTO EN 27 DIAS

Se procedió a realizar el control de pH de yogurt batido enriquecido con espirulina, durante el almacenamiento en un refrigerador por 27 días, se realizó el control de dos muestras: una con conservante (Benzoato de sodio y sorbato de potasio (YCC) y otra sin conservante (YSC) para determinar la variación de pH a una temperatura de 6°C.

En la tabla 4.34, se muestran los valores de pH en el yogurt enriquecido con espirulina en función del tiempo de almacenamiento

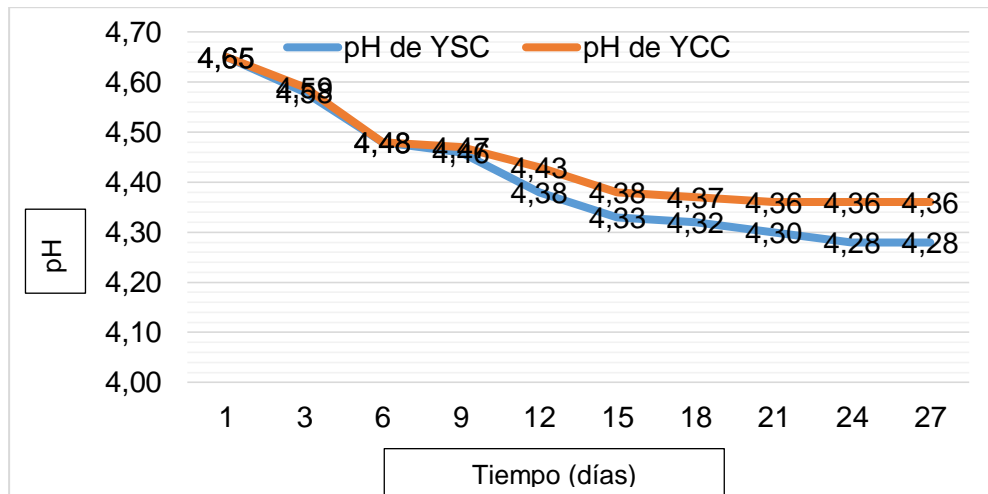
Tabla 4.34
Valores de pH del yogurt batido enriquecido con espirulina

Tiempo (cada 3 días)	pH de (YSC)	pH de (YCC)
1	4,65	4,65
3	4,58	4,59
6	4,48	4,48
9	4,46	4,47
12	4,38	4,43
15	4,33	4,38
18	4,32	4,37
21	4,30	4,36
24	4,28	4,36
27	4,28	4,36

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.16, se muestran la variación de pH con conservante YCC y sin conservante YSC, datos extraídos (tabla 4.34) para un tiempo de 27 días.

Figura 4.16
Control de pH del yogurt batido enriquecido con espirulina con y sin conservante



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.16, se puede observar los valores de pH en la etapa de almacenamiento de 27 días del producto terminado de pH inicial 4,65, para ambas muestras YCC y YSC, se observa que la muestra YCC logra un pH de 4,36 y la muestra YSC alcanza un pH de 4,28 al final del proceso de almacenamiento.

Realizando el control de acidez y pH en el proceso de almacenamiento del yogurt batido enriquecido con espirulina de dos muestras YCC y YSC, se puede evidenciar que durante este tiempo la muestra YSC hay un ligero ascenso de acidez y un descenso rápido de pH, sin embargo la muestra YCC tiene un ascenso de acidez mucho más lento y un descenso de pH más lento notando una diferencia significativa entre las dos muestras.

4.13 CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO DE YOGURT BATIDO NORMAL

En la caracterización del producto de yogurt batido normal se tomó en cuenta los análisis fisicoquímicos y microbiológicos para determinar en qué condiciones se encuentra un yogurt batido normal y comparar los cambios con el enriquecimiento con espirulina.

4.13.1 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL YOGURT BATIDO NORMAL

En la tabla 4.35, se muestran los resultados obtenidos del análisis físico químico realizado al yogurt blanco en el Centro de Análisis de Investigación y Desarrollo (CEANID) extraído del (Anexo A).

Tabla 4.35
Composición físico química del yogurt batido normal

Parámetros	Unidad	Resultado
Calcio total	mg/100g	85.00
Cenizas	%	0,74
Materia grasa	%	3,86
Fibra	%	n,d
Humedad	%	76,43
Proteína total (Nx6,38)	%	3,91
Valor energético	Kcal/100g	110,62

Fuente: CEANID, 2018

En la tabla 4,35, se muestran los resultados del análisis fisicoquímico del yogurt batido normal. El cual contiene calcio total 85 mg/100 g, cenizas 0,74%, materia grasa 3,86%, humedad 76.43%, proteína total 3,91% y valor energético 110,62 Kcal/100g.

4.13.2 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL YOGURT BATIDO NORMAL

En la tabla 4.36, se muestran los resultados obtenidos del análisis microbiológico realizado al yogurt batido normal del (Anexo A)

Tabla 4.36
Composición microbiológica del yogurt blanco

Parámetros	Unidad	Resultado
Bacterias aerobias mesófilas	UFC/ml	<1,0x10 ¹ (*)
Coliformes totales	UFC/ml	<1,0x10 ¹ (*)
Coliformes fecales	UFC/ml	<1,0x10 ¹ (*)
Salmonella	P/A/25ml	Ausencia

Fuente: CEANID, 2018

Como se puede observar en la tabla 4.36, en base a los análisis microbiológico del yogurt blanco contiene bacterias aerobias mesófilas $<1,0 \times 10^1$ (*) UFC/ml, coliformes totales $<1,0 \times 10^1$ (*) UFC/ml, coliformes fecales $<1,0 \times 10^1$ (*) UFC/ml y ausencia de salmonella.

4.14 CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO TERMINADO YOGURT BATIDO ENRIQUECIDO CON ESPIRULINA

Para caracterizar el producto terminado yogurt batido enriquecido con espirulina sabor manzana se tomó en cuenta los siguientes aspectos

4.14.1 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL PRODUCTO TERMINADO

En la tabla 4.37, se muestran los resultados obtenidos de análisis fisicoquímico realizado al yogurt batido enriquecido con espirulina, en el Centro de Análisis de Investigación y Desarrollo (CEANID).

Tabla 4.37
Composición físico química del yogurt enriquecido con espirulina

Parámetros	Unidad	Resultado
Calcio total	mg/100g	141
Cenizas	%	0,73
Materia grasa	%	4,51
Fibra	%	n,d
Humedad	%	76,70
Proteína total (Nx6,38)	%	4,24
Valor energético	Kcal/100g	112,83

Fuente: CEANID, 2018

En la tabla 4.37, se muestran los resultados del análisis fisicoquímico del yogurt batido enriquecido con espirulina. El cual contiene calcio total 140 mg/100 g, cenizas 0,73%, materia grasa 4,51%, humedad 76.70%, proteína total 4,24% y valor energético 112,83 Kcal/100g.

4.14.2 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL PRODUCTO TERMINADO

En la tabla 4.38, se muestran los resultados obtenidos del análisis microbiológico realizado al yogurt batido enriquecido con espirulina sabor manzana del (Anexo A)

Tabla 4.38
Composición microbiológica del yogurt enriquecido con espirulina

Parámetros	Unidad	Resultado
Bacterias aerobias mesófilas	UFC/ml	$<1,0 \times 10^1$ (*)
Coliformes totales	UFC/ml	$<1,0 \times 10^1$ (*)
Coliformes fecales	UFC/ml	$<1,0 \times 10^1$ (*)
Salmonella	P/A/25ml	Ausencia

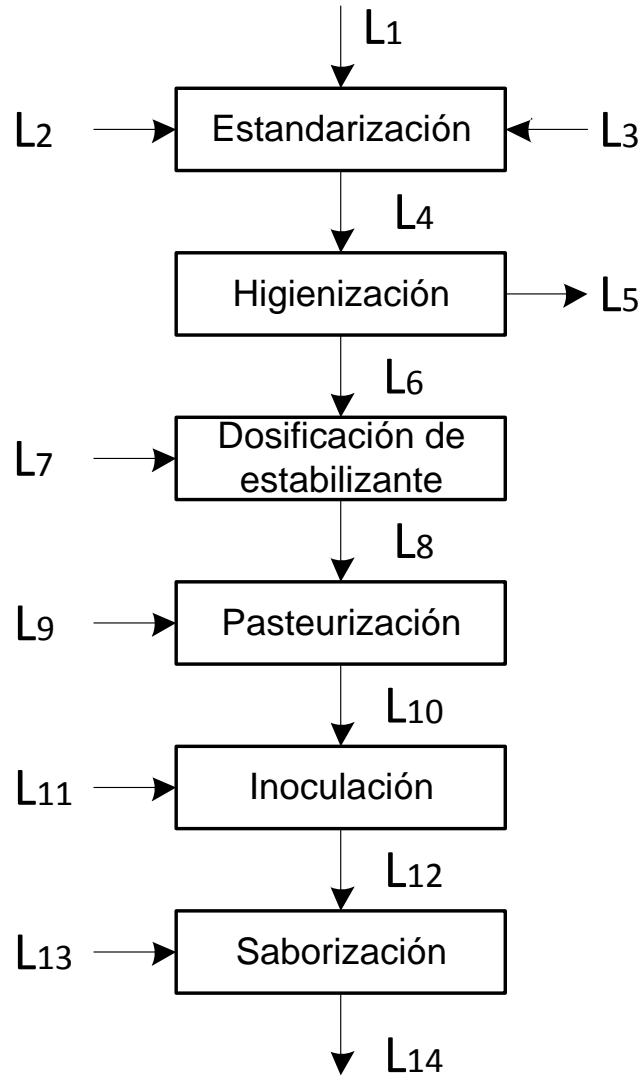
Fuente: CEANID, 2018

Como se puede observar en la tabla 4.38, en base al análisis microbiológico del yogurt batido enriquecido con espirulina sabor manzana contiene bacterias aerobias mesófilas $<1,0 \times 10^1$ (*) UFC/ml, coliformes totales $<1,0 \times 10^1$ (*) UFC/ml, coliformes fecales $<1,0 \times 10^1$ (*) UFC/ml y ausencia en salmonella.

4.15 BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE YOGURT BATIDO ENRIQUECIDO CON ESPIRULINA

El balance de materia se realizó tomando en cuenta el diagrama de bloques (figura 4.17) para el proceso de elaboración del yogurt batido enriquecido con espirulina sabor manzana, para un cálculo base de 5 litro de leche.

Figura 4.17
Proceso de elaboración del yogurt batido enriquecido con espirulina
sabor manzana



Fuente: Elaboración propia

Donde:

L₁ = Leche fresca natural (%)

L₂ = Azúcar (%)

L₃ = Leche en polvo (%)

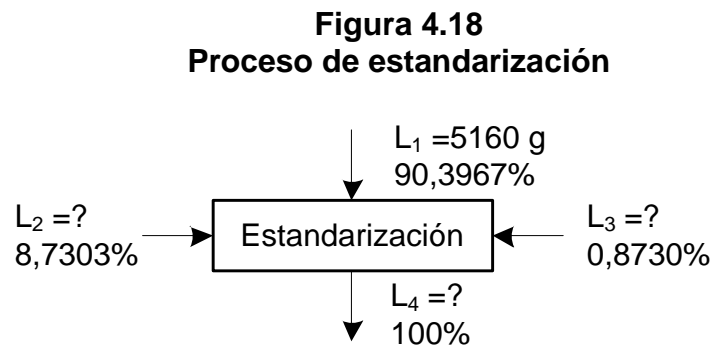
L₄ = Leche estandarizada (%)

L₅ = Impurezas (%)

- L_6 = Leche higienizada (%)
 L_7 = Gelatina neutra (%)
 L_8 = Leche dosificada con estabilizante (%)
 L_9 = Agua evaporada (%)
 L_{10} = Leche pasteurizada (%)
 L_{11} = Cultivo láctico (%)
 L_{12} = Leche inoculada (%)
 L_{13} = Espirulina en polvo (%)
 L_{14} = Yogurt enriquecido (%)

4.15.1 BALANCE DE MATERIA EN LA ETAPA DE ESTANDARIZACIÓN

En la figura 4.18, se muestra la etapa de estandarización de la mezcla para realizar el balance de materia.



Fuente: Elaboración propia

Balance general de materia en la etapa de estandarización

$$L_1 + L_2 + L_3 = L_4$$

$$L_1 = L_4 (0,9040) \longrightarrow L_4 = \frac{5160 \text{ g}}{0,9040} = 5707,9646 \text{ g}$$

$$L_2 = L_4 (0,0873)$$

$$L_3 = L_4 (0,0087)$$

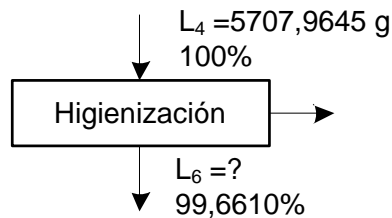
$$L_2 = 5707,9646 (0,0873) = 498,3053 \text{ g de azúcar}$$

$$L_3 = 5707,9646 (0,0087) = 49,6593 \text{ g leche en polvo}$$

4.15.2 BALANCE DE MATERIA EN LA ETAPA DE HIGIENIZACIÓN

En la figura 4.19, se muestra la etapa de higienización de la mezcla para realizar el balance de materia.

Figura 4.19
Proceso de Higienización



Fuente: Elaboración propia

Balance general de materia en la etapa de higienización

$$L_4 = L_5 + L_6$$

$$L_5 = L_4 (0,0034)$$

$$L_6 = L_4 (0,9966)$$

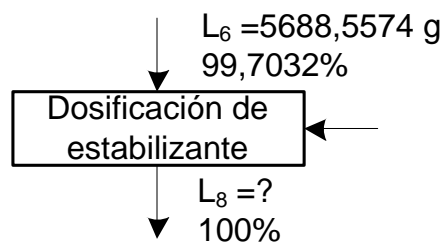
$$L_5 = 5707,9645 (0,0034) = 19,4071 \text{ g de impurezas}$$

$$L_6 = 5707,9645 (0,9966) = 5688,5574 \text{ g Leche higienizada.}$$

4.15.3 BALANCE DE MATERIA EN LA ETAPA DE DOSIFICACIÓN DE ESTABILIZANTE

En la figura 4.20, se muestra la etapa de dosificación de estabilizante para realizar el balance de materia.

Figura 4.20
Proceso de dosificación de estabilizante



Fuente: Elaboración propia

Balance general de materia en la etapa de dosificación de estabilizante

$$L_6 + L_7 = L_8$$

$$L_6 = L_8 (0,9970)$$

$$L_7 = L_8 (0,0030)$$

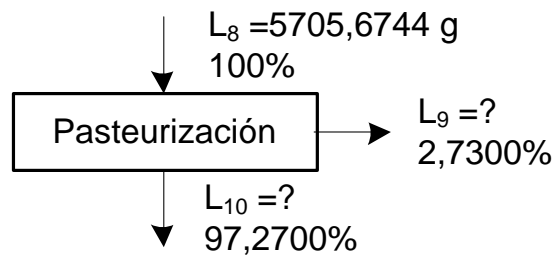
$$L_8 = \frac{5688,5574}{0,9970} = \mathbf{5705,6744 \text{ g de leche con gelatina neutra.}}$$

$$L_7 = 5705,6744 (0,0030) = \mathbf{17,1170 \text{ g de gelatina neutra}}$$

4.15.4 BALANCE DE MATERIA EN LA ETAPA DE PASTEURIZACIÓN

En la figura 4.21, se muestra la etapa de pasteurización de la mezcla para realizar el balance de materia.

Figura 4.21
Proceso de pasteurización



Fuente: Elaboración propia

Balance general de materia en la etapa de pasteurización

$$L_8 = L_9 + L_{10}$$

$$L_9 = L_8 (0,0273)$$

$$L_{10} = L_8 (0,9727)$$

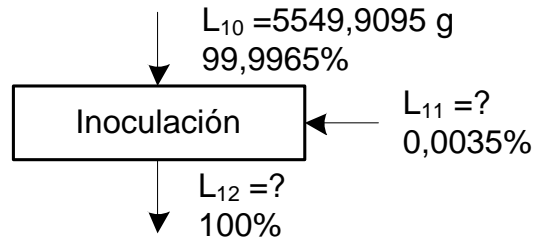
$$L_9 = 5705,6744 (0,0273) = \mathbf{155,7649 \text{ g de agua.}}$$

$$L_{10} = 5705,6744 (0,9727) = \mathbf{5549,9095 \text{ g de leche pasteurizada}}$$

4.15.5 BALANCE DE MATERIA EN LA ETAPA DE INOCULACIÓN

En la figura 4.22, se muestra la etapa de inoculación de la mezcla para realizar el balance de materia.

Figura 4.22
Proceso de inoculación



Fuente: Elaboración propia

Balance general de materia en la etapa de pasteurización

$$L_{10} + L_{11} = L_{12}$$

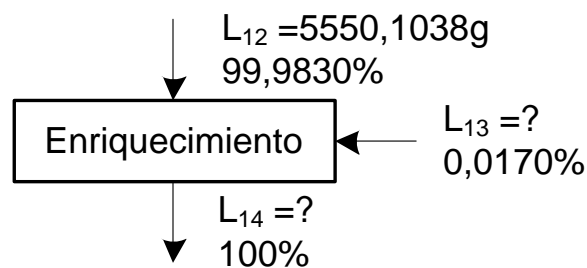
$$L_{12} = \frac{5549,9095}{99,9965} \times 100 = 5550,1038 \text{ g de leche inoculada.}$$

$$L_{11} = 5550,1038 (0,0035) = \frac{19425}{100} = 0,1943 \text{ g de cultivo láctico}$$

4.15.6 BALANCE DE MATERIA EN LA ETAPA DE ENRIQUECIMIENTO

En la figura 4.23, se muestra la etapa de saborización y enriquecimiento de la mezcla para realizar el balance de materia.

Figura 4.23
Proceso de saborización y enriquecimiento



Fuente: Elaboración propia

Balance general de materia en la etapa de enriquecimiento

$$L_{12} + L_{13} = L_{14}$$

$$L_{12} = L_{14} (0,9998)$$

$$L_{13} = L_{14} (0,0002)$$

$$L_{14} = \frac{5550,1036}{0,9998} = \mathbf{5551,2138 \text{ g de yogurt enriquecido}}$$

$$L_{13} = 5551,2138 (0,0002) = \mathbf{1,1102 \text{ g de espirulina.}}$$

Rendimiento del proceso de yogurt batido enriquecido con espirulina

$$\text{Rendimiento} = \frac{5160 \text{ g}}{5551,2138} \times 100 = \mathbf{92,95\%}$$

4.16 BALANCE DE ENERGÍA PARA EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE YOGURT BATIDO ENRIQUECIDO CON ESPIRULINA

Para realizar el balance de energía en el proceso de elaboración del yogurt enriquecido con espirulina se tomó en cuenta la etapa de calentamiento del agua utilizada para la etapa de fermentación así mismo la etapa de pasteurización de la mezcla.

4.16.1 ECUACIONES PARA EL BALANCE DE ENERGÍA EN EL PROCESO DE PASTEURIZACIÓN

Según (bardera, 1994), para realizar el balance de energía, se tomó en cuenta las siguientes ecuaciones:

$$Q_{Total} = Q_{Ganado} + Q_{Cedido} \quad (\text{Ecuación: 4.1})$$

$$Q = m * cp * (T_2 - T_1) \quad (\text{Ecuación: 4.2})$$

Para calcular el calor latente en los cambios de fases según (barderas, 1994) es:

$$Q = m * \lambda \quad (\text{Ecuación: 4.3})$$

Calculo para la cantidad energía según (Barderas, 1994) la ecuación es:

$$E = P \times t \quad (\text{Ecuación: 4.4})$$

Donde:

Q_T = Calor total (Kcal)

Q_g = calor ganado (Kcal)

Q_c = calor cedido (Kcal)

M = Agua evaporada (kg)

λ = calor latente de vaporización (kcal)

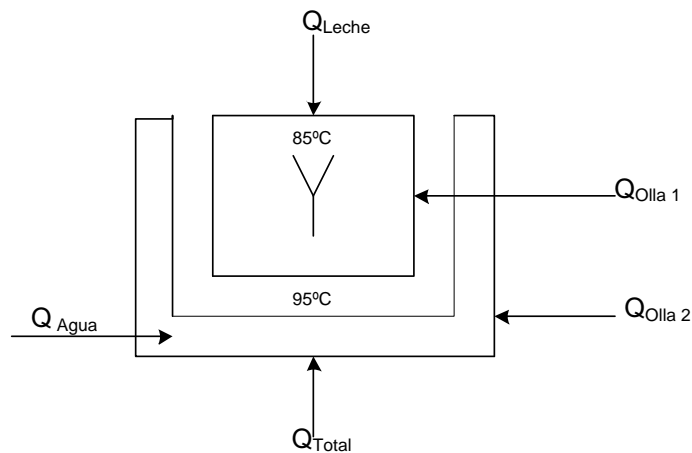
C_p = capacidad calorífica (Kcal/ Kg°C)

ΔT = diferencia de temperatura ($T_{\text{final}} - T_{\text{inicial}}$)(°C)

4.16.1.1 BALANCE DE ENERGÍA PARA 5 LITROS DE LECHE EN EL PROCESO DE PASTEURIZACIÓN

En la figura 4.24 se muestra el balance de energía en el proceso de pasteurización en la elaboración de yogurt batido enriquecido con espirulina.

Figura 4.24
Balance de energía en el proceso de pasteurización



Fuente: Elaboración propia

$$Q_T = Q_{\text{Olla 2}} + Q_{\text{Agua}} + Q_{\text{Olla 1}} + Q_{\text{Leche}}$$

$$Q = m \times c_p \times \Delta T$$

Cálculos para la energía requerida para calentar la olla 2

$C_{p \text{ olla 2}} = 0,122 \frac{\text{Kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$ (Valvias, 2013) para olla de acero inoxidable.

$$m_{\text{olla 2}} = 2,000\text{kg}$$

$$Q = 2,000\text{kg} \times 0,122 \frac{\text{Kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times (95 - 25)^\circ\text{C} = \mathbf{17,08\text{Kcal}}$$

Cálculos para la energía requerida para calentar el agua del abañó maria

$$C_{p \text{ Agua}} = 1 \frac{\text{Kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

$$m_{\text{Agua}} = 15,55\text{kg}$$

$$\lambda_{\text{Vaporización}} = 551,29 \frac{\text{Kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

$$m_{\text{Agua evaporada}} = 0,45\text{kg}$$

$$Q_{\text{Agua}} = 15,55\text{kg} \times 1 \frac{\text{Kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times (95 - 25)^\circ\text{C} + 0,45 \times 551,29 = \mathbf{465,7805\text{Kcal}}$$

Cálculos para la cantidad de energía necesaria para calentar la olla 1 (acero inoxidable)

$C_{p \text{ olla 1}} = 0,122 \frac{\text{Kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$ (Valvias, 2013) para olla de acero inoxidable.

$$m_{\text{olla 1}} = 1,350\text{kg}$$

$$Q = 1,350\text{kg} \times 0,122 \frac{\text{Kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times (85 - 25)^\circ\text{C} = \mathbf{9,882\text{Kcal}}$$

Cálculos para la cantidad de energía para pasteurizar la leche acondicionada.

$$C_{p \text{ Leche}} = 0,92 \frac{\text{Kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

$$m_{\text{Leche}} = 5,2105\text{kg}$$

$$\lambda_{\text{Vaporización}} = 551,29 \frac{\text{Kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$$

$$m_{\text{Agua evaporada}} = 0,25\text{kg}$$

$$Q_{\text{Agua}} = 5,2105\text{kg} \times 0,92 \frac{\text{Kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times (85 - 25)^\circ\text{C} + 0,25 \times 551,29 = \mathbf{425,4421\text{Kcal}}$$

El calor necesario para realizar la pasteurización de la leche acondicionada.

$$Q_T = Q_{\text{Olla 2}} + Q_{\text{Agua}} + Q_{\text{Olla 1}} + Q_{\text{Leche}}$$

$$Q_T = 17,08\text{Kcal} + 465,7805\text{Kcal} + 9,882\text{Kcal} + 425,4421\text{Kcal} = 918,1845 \text{ Kcal.}$$

$$\mathbf{Q_T = 918,1845 \text{ Kcal.}}$$

La cantidad de calor necesaria para pasteurización de 5 litros de leche de 25 a 85 °C es de **918,86 Kcal.**

5.1 CONCLUSIONES

- Las propiedades fisicoquímicas de la leche fresca contiene acidez 0,16%, calcio total 124 mg/100g, cenizas 0,74%, densidad relativa 1,328, fósforo 126 mg/100g, materia grasa 4,0%, hidratos de carbono 4,93%, hierro total 0,63 mg/100g, humedad 86,93%, pH (20°C) 6,8, proteína total (Nx6,38) 3,40%, sólidos totales 13,07% y valor energético 69,32 Kcal/100g.
- El análisis microbiológicos de la leche, tiene bacterias aerobias mesófilas $2,4 \times 10^6$ UFC/ml, coliformes totales $< 1,0 \times 10^1$ UFC/ml, coliformes fecales $4,9 \times 10^3$ UFC/ml y salmonela ausencia P/A/25ml.
- La muestra patrón (YLTA), del Laboratorio del Taller de Alimentos es la muestra elegida como muestra patrón para el atributo textura (4,25); color (4,25); sabor (4,15) y acidez (4,35). Así mismo realizado el análisis estadístico para los atributos textura ($4,25 < 8,18$) y color ($1,57 < 4,60$) no hay evidencia estadística; pero para el atributo sabor ($9,63 > 8,18$) y acidez ($33,76 > 8,18$), si hay evidencia estadística.
- Se determinó que la prueba 2, con una formulación de leche fresca 90,0964%, azúcar 8,7303%, leche en polvo 0,8730%, cultivo láctico, 0,0035% y gelatina neutra 0,2968%. Es la prueba de mayor aceptación por su agradable textura y grado de dulzor.
- En el proceso de fermentación las muestras Y02 (4,20), Y04 (4,00) y Y06 (3,93), son de mayor preferencia por los jueces para el atributo acidez. Así mismo realizado el análisis estadístico ($4,08 > 2,66$), si existe evidencia estadística, sin embargo realizado el ajuste de acidez la muestra Y02 (4,35) es elegida por los jueces. Así mismo realizando el análisis estadístico ($6,27 > 5,22$) si hay evidencia estadística para ($p < 0,05$).
- De acuerdo a los resultados experimentales en base al diseño 2^3 en la etapa de fermentación se pudo observar los factores: Temperatura de inoculación, cantidad de cultivo láctico, tiempo de fermentación, no son

significativos en el proceso de fermentación para una $p < 0,05$. Se puede decir que ningún factor tomado en cuenta incide directamente en la etapa de fermentación.

- En el proceso de saborización y enriquecimiento del atributo color de la muestra Y-33 (3,95), es elegida por los jueces. Así mismo realizando el análisis estadístico ($9,65 > 4,13$) si hay diferencia estadística para ($p < 0,01$).
- Se logró establecer una formulación del yogurt batido enriquecido con espirulina sabor manzana: leche fresca (90,0964%), azúcar (8,7303%), leche en polvo (0,8730%), cultivo láctico (0,0035%), gelatina neutra (0,2968%), espirulina en polvo (0,017%) esencia sabor manzana (0,3%), colorante (0,4%), pH (4,74) y acidez (0,70% de ácido láctico).
- El análisis fisicoquímico del yogurt blanco tiene calcio total 85 mg/100g, cenizas 0,74%, materia grasa 3,86%, humedad 76.43%, proteína total 3,91% y valor energético 110,62 Kcal/100g.
- El análisis microbiológicos del yogurt blanco tiene bacterias aerobias mesófilas $< 1,0 \times 10^1$ UFC/ml, coliformes totales $< 1,0 \times 10^1$ UFC/ml, coliformes fecales $< 1,0 \times 10^1$ UFC/ml y ausencia de salmonella.
- El análisis fisicoquímico del yogurt batido enriquecido con espirulina tiene calcio total 140mg/100g, cenizas 0,73%, materia grasa 4,51%, humedad 76.70%, proteína total 4,24% y valor energético 112,83 Kcal/100g.
- El análisis microbiológicos del yogurt batido enriquecido con espirulina se tiene: bacterias aerobias mesófilas $< 1,0 \times 10^1$ UFC/ml, coliformes totales $< 1,0 \times 10^1$ UFC/ml, coliformes fecales $< 1,0 \times 10^1$ UFC/ml y ausencia en salmonella.
- En prueba comparativa del producto terminado, comparándolo con la muestra patrón para el atributo color, la muestra de mayor preferencia por

los jueces es YES (4,14) Así mismo realizando el análisis estadístico (9,09>8,10) si hay evidencia estadística para ($p<0,01$).

- De acuerdo a los valores de acidez en el proceso de fermentación, en tiempo 0, el % ácido láctico es de 0,16 a medida que transcurre en tiempo el % de acidez va incrementando hasta alcanza una acidez de 0,70 % ácido láctico, en un tiempo de 275 minutos.
- De acuerdo a los valores de pH en el proceso de fermentación, en tiempo 0 el pH es 6,58. Así mismo a medida que transcurre en tiempo, el pH va decreciendo hasta alcanzar un pH de 4,74 en un tiempo de 275 minutos.
- De acuerdo a los valores de acidez en la etapa de almacenamiento de 27 días del producto terminado de una acidez inicial 0,87% ácido láctico para ambas muestras YCC y YSC, se observa que la muestra YSC (1,02 % ácido láctico) y la muestra YCC (0,97 % ácido láctico) acidez final.
- De acuerdo a los valores de pH en el proceso de almacenamiento por 27 días para el producto terminado, de pH inicial 4,65 para ambas muestras YCC y YSC, se observa que la muestra YCC alcanzo un pH de 4,36 y la muestra YSC alcanzo un pH de 4,28.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda a las autoridades competentes de la casa superior de estudios Juan Misael Saracho, gestionar un ambiente equipado con material de laboratorio necesario para que el estudiante tesista pueda realizar sus pruebas de investigación con más precisión y seguridad en sus resultados.
- Se recomienda realizar análisis de control de calidad a la materia prima para evitar que microorganismos peligrosos incidan en la fermentación del yogurt batido enriquecido con espirulina, con la finalidad de obtener un producto inocuo para el consumidor.