

1.1.- ANTECEDENTES

Según la Encuesta Nacional Agropecuaria (2008), realizada por el INE (Instituto Nacional de Estadística), la cantidad producida de leche en Bolivia es de 259739227 litros año. Según el departamento de Tarija mediante una proyección para el año 2010 produce alrededor de 7427879 litros año; ocupando así el cuarto lugar con el 3% a nivel nacional, quedando entre los primeros lugares el departamento de Santa Cruz con el 73%, Cochabamba el 15% y el tercer lugar La Paz con el 7% (ANIL, 2012).

En el año 1978 nace en Tarija la primera industria Industrializadora de Leche (PIL), dependiente de la Corporación Boliviana de Fomento y en el año 1996, dentro de la política de privatización emprendida por el Estado Boliviano, pasa a propiedad de los productores lecheros denominándose así PIL TARIJA S.A. la cual posee una capacidad instalada de leche cruda de 40000 litros/día. En el año 1994 nace PROLAC (Productos Lácteos), que posee una capacidad instalada de 5000 litros/día (ANIL, 2012). En el año 1997 nace “DEL RANCHO” y el 2013, se inaugura “LACTEOS BOL”.

La leche, es la base de numerosos derivados de productos lácteos, como ser: queso, yogurt, leche en polvo, leche condensada, etc. Es muy frecuente el empleo de los derivados de la leche en las industrias agroalimentarias, químicas y farmacéuticas (ANIL, 2012).

A nivel regional las diferentes industrias lácteas que se conocen en el departamento de Tarija producen distintos productos derivados de la leche con el fin de abastecer el mercado local y regional.

En la tabla 1.1, se muestra los diferentes tipos de yogurt que son producidos por estas empresas.

Tabla 1.1
Producción de yogurt por las empresas lácteas de la región

PROLAC	PIL	DEL RANCHO	LACTEOS BOL
Yogurt batido	Yogurt batido	*Yogurt natural	Yogurt saborizado
Yogurt frutado	Yogurt bebible		
	Yogurt aflanado		
	Yogurt frutado		
	Yogurt natural		

Fuente: ANIL, 2012; (*Del Rancho, ____)

Sin embargo el yogurt, es un alimento con un alto contenido de calcio y de gran valor nutricional que puede ser consumido con cereales, frutas entre otras. Al yogurt también, se puede considerar probiótico; esto debido a que en el proceso de fermentación se le añade diferentes cepas y que éstos ayudan a mejorar la flora intestinal de nuestro organismo.

La semilla de Chía (*Salvia Hispanica L.*), es una semilla oleaginosa que tiene un diámetro de 1mm aproximadamente, es un grano entero de color gris, negra o blanca que contiene salvado, germen y endospermo (Gillot, 2011).

Esta semilla contiene elevado porcentaje de aceite vegetal. Contiene un 30% de aceites, de los cuales más del 60% es Omega 3 y tiene 8 veces más calcio que la leche. Su producción en Bolivia se concentra en los departamentos de Santa Cruz y Cochabamba (SENASAG, 2012).

1.2.- JUSTIFICACIÓN

- En el departamento de Tarija existe un bajo consumo de derivados lácteos por lo tanto hay una deficiencia de calcio. Con el presente trabajo, se pretende incorporar hacia el mercado local un producto probiótico (yogurt enriquecido con chía) que permita ayudar a disminuir las enfermedades de los huesos, como ser la osteoporosis.

- Así mismo, el presente trabajo tiene como finalidad elaborar un producto probiótico con chía que permita coadyuvar a disminuir las enfermedades cardiovasculares; ya que la chía contiene aceites esenciales como ser el omega 3 el cual permite reducir este tipo de enfermedades y por ende ayuda a reducir el colesterol.
- Con la elaboración de yogurt aflanado enriquecido con chía, se incluye una opción para el consumo de hierro en la dieta alimentaria. Principalmente, para mujeres en edad fértil y niños menores a 2 años que podría ayudar este mineral al organismo a disminuir los problemas de anemia.
- El presente trabajo surge como una alternativa para incentivar a que las industrias lácteas locales, puedan incorporar al mercado productos enriquecidos con cereales. Especialmente, yogurt aflanado enriquecido con chía, lo cual podría constituirse en una importante fuente de omega 3, para coadyuvar en la dieta alimentaria de las personas.

1.3.- OBJETIVOS

Los objetivos a realizar en el presente trabajo se detallan a continuación:

1.3.1.- OBJETIVO GENERAL

- Elaborar yogurt aflanado enriquecido con chía, mediante el proceso de fermentación láctica con la finalidad de obtener un producto de calidad nutritiva.

1.3.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las características fisicoquímicas de la chía y la leche para conocer los aportes nutricionales que estos proporcionan.
- Identificar las variables en el proceso de fermentación como ser tiempo, pH y temperatura.

- Realizar un balance de materia y energía con la finalidad de cuantificar las cantidades másicas y energéticas a nivel experimental.
- Determinar las características fisicoquímicas y microbiológicas del yogurt aplanado enriquecido con chía para así conocer su aporte nutricional.
- Determinar el tiempo de almacenamiento del producto elaborado.

1.4.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

- La mayoría de la población del departamento de Tarija no consume leche y derivados lácteos, esto acarrea una serie de consecuencias para el organismo; tales como deficiencia de calcio en los huesos (osteoporosis) y problemas gastrointestinales en los niños y mujeres embarazadas, como ser recuperación de la flora microbiana y constipación.
- En el departamento de Tarija existe una importante producción de cereales que podrían ser aprovechados en la dieta alimentaria; pero la mayoría de las personas no consumen este tipo de alimento que podría ser beneficioso para la salud. Especialmente, en microelementos (minerales) y ácidos grasos poliinsaturados (omega 3), este último que ayudaría a los problemas de colesterol y enfermedades cardiovasculares.
- Así mismo, las industrias lácteas del departamento de Tarija no elaboran un derivado lácteo que incorpore algún tipo de cereal (chía) y que podría ser aprovechado en los desayunos escolares y subsidios para coadyuvar en la desnutrición.

1.5.- FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál será el proceso de fermentación láctica a utilizar, para la elaboración del yogurt aflanado enriquecido con chía para así obtener un producto de calidad nutritiva?

1.6.- FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL

Se obtendrá un yogurt Aflanado de la leche de vaca enriquecido con chía mediante el proceso de fermentación láctica con calidad organoléptica, nutricional e inocua.

2.1.- ORIGEN DEL YOGURT

Aunque no se sabe cuándo fue descubierto el yogur; sus orígenes se remontan a las épocas prehistóricas. Las antiguas tribus del Este Europeo, que eran pastores nómadas, preservaron la leche de vacas, ovejas, cabras en recipientes hechos de partes de animales como pieles o estómagos (autosuficiencia económica, 2003-2010).

Sin embargo no hay acuerdo científico aunque hay dos corrientes. La primera ubica su aparición en los Balcanes y la segunda afirma que el origen de este producto fueron los pueblos nómadas asiáticos y que a través de Turquía se difundió ante todo el mundo (Guzmán, ____).

El instituto de Pasteur de París y su equipo, lograron aislar de una muestra del yogur proveniente de una tribu búlgara famosa por su vida larga, el bacilo responsable de su fermentación, conocido desde entonces como el lactobacilo bulgaricus (autosuficiencia económica, 2003-2010).

2.1.1.-TIPOS DE YOGURT

Según (Castro, 2005), los tipos de yogurt se dividen de acuerdo a lo siguiente:

Por el método de elaboración:

- Yogur batido
- Yogur coagulado o aflanado

Por el contenido de grasa

- Yogur entero
- Yogur parcialmente descremado
- Yogur descremado

Por el sabor:

- Yogur natural
- Yogur frutado
- Yogur saborizado

2.1.2.- YOGURT AFLANADO

Uno de los productos de la leche, es el yogurt aflanado que es el producto obtenido cuando la fermentación y coagulación de la leche se lleva a cabo en el envase mismo; el yogurt así producido es una masa homogénea semi-sólida, tipo gel, el cual debe permanecer intacto (Pazmiño, 2010).

2.1.3.- YOGURT PROBIÓTICO

El yogurt, se ha considerado como un alimento probiótico. Un alimento probiótico se considera “un cultivo o mezcla de cultivos de microorganismos vivos incorporados a algunos productos para beneficiar la salud del huésped humano o animal a través de la flora intestinal”, esto quiere decir, que éste tipo de alimentos se elaboran a partir de bacterias benéficas para el organismo, que, al ingerirlos, pueden sobrevivir a los ácidos del estómago y llegar intactas al intestino donde llevan a cabo su misión (García, 1999 - 2000).

Como ya es sabido, el tracto gastrointestinal contiene una microflora normal, es decir, tenemos miles y millones de bacterias (buenas y malas) que habitan en nuestro intestino. Es por esto que se necesita que haya una relación mayor de bacterias benéficas, que compitan por ocupar los lugares de las bacterias patógenas como la E. coli y Streptococcus entre otras (García, 1999 - 2000).

Estos cultivos lácteos tienen la capacidad de intervenir en los procesos digestivos, regulan el sistema inmune del organismo. Y previenen el cáncer, puesto que, su consumo tiene efectos antimutagénicos (Espinoza y Zapata, 2010).

Además, los cultivos lácteos participan en la movilidad del intestino, esto se debe principalmente a la producción de ácido lo que estimula los movimientos de

peristaltismo (movimientos del tracto gastrointestinal) y ayudan así a la excreción de las heces fecales (Espinoza y Zapata, 2010).

2.1.4.-COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL YOGURT NATURAL

Según (Espinoza y Zapata, 2010); la composición química del yogurt se caracteriza por:

1. **Hidratos de carbono.**-La forma de azúcar que predomina en el yogurt es la lactosa, pero como al estar digerida por los microorganismos no provoca intolerancia.
2. **Proteínas de alto valor biológico.**-Forman, mantienen y renuevan todos los tejidos de nuestro cuerpo. La concentración proteica en este lácteo, es superior a la concentración presente en la leche, esto es debido a la incorporación de extracto seco lácteo en la elaboración. Consumiendo 250 ml de yogurt cubren los requerimientos diarios de proteínas de origen animal (15g) de un adulto promedio.

Con respecto a las proteínas existen dos puntos muy importantes mencionar que son altamente digestibles debido a la proteólisis provocada por las cepas bacterianas; y que se encuentran ya coaguladas antes de ser ingeridas, por lo tanto al consumir yogurt no existen molestias estomacales e intestinales.

3. **Grasas.**-Los lípidos influyen directamente en la consistencia y textura del producto. Siempre que el aporte de grasas en nuestra dieta este dentro de los valores normales establecidos, este será beneficioso para nuestra salud, ya que es una fuente energética, están presentes en las membranas celulares y ejercen función de protección a nuestros órganos internos.

En la tabla 2.1 se muestra el contenido de macronutrientes por cada 100g de yogurt natural:

Tabla 2.1
Nutrientes del yogurt natural

Energía Kcal	55,5
Grasa (g)	2,6
Proteína (g)	4,2
Hidratos de carbono (g)	5,5

Fuente: Almeyda y Moscaiza, 2010

2.1.5.- VITAMINAS Y MINERALES MÁS SOBRESALIENTES DEL YOGURT NATURAL

En la tabla 2.2 se muestra el contenido de vitaminas y minerales por cada 100 g:

Tabla 2.2
Contenido de vitaminas y minerales de yogurt natural

Vitaminas	Cantidad	Minerales	Cantidad
Tiamina (B1) (mg)	0,04	Calcio (mg)	142
Riboflavina (B2) (mg)	0,03	Fósforo (mg)	90
Piridoxina (B6) (mg)	0,05	Zinc (mg)	0,59
Vitamina (B12) (µg)	Tr	Hierro (mg)	0,09
Ácido fólico (µg)	3,70	Yodo (mg)	3,70
Vitamina (C) (mg)	0,70	Magnesio (mg)	14,3
Vitamina (D) (mg)	0,06	Potasio (mg)	214
Vitamina (E) (mg)	0,04	Sodio (mg)	63

Fuente: Almeyda y Moscaiza, 2010

Entre las funciones de algunas vitaminas y minerales tenemos:

- **Calcio, fósforo y magnesio.**-Facilitan los procesos de mineralización de los huesos, junto con la vitamina D.
- **Vitamina B2.**-Mejora la utilización energética de nuestro cuerpo
- **Vitamina B12.**-Nutriente esencial del tejido nervioso.

- **Zinc.**-Importante mineral para el sistema inmunológico que también contribuye a la correcta utilización energética de los carbohidratos.
- **Vitamina C.**-Fundamental para cicatrizar heridas, mantenimiento de cartílagos, huesos y dientes sanos.
- **Vitamina D.**-Antioxidante que bloquea los efectos de los radicales libres (Espinoza y Zapata, 2010).

2.1.6.- BENEFICIOS DEL CONSUMO DEL YOGURT NATURAL

- **Metabolismo de vitaminas:** Mientras exista un equilibrio en la micro flora, las funciones metabólicas de síntesis y absorción de vitaminas (especialmente la K, B12 y ácido fólico) se va a llevar a cabo (García, 1999 - 2000).
- **Previene y mejora los síntomas de diarrea.** Esto se debe a que el yogur ayuda a restablecer la flora bacteriana intestinal sana, que se destruye por las diarreas. Por otro lado, este alimento fortalece el sistema inmunológico ayudándolo a defenderse contra las infecciones (Espinoza y Zapata, 2010).
- **Regulan el sistema inmune o de defensa del organismo:** Las bacterias probióticas pueden estimular la producción de inmunoglobulinas A (IgA), células plasmáticas, linfocitos y macrófagos; todos ellos responsables de la defensa de nuestro organismo (García, 1999 - 2000).
- **Reduce los valores de colesterol sanguíneo.** Diferentes estudios demuestran que el consumo de yogur desnatado baja los niveles de colesterol en sangre, en consecuencia, este alimento debe formar parte de la dieta de aquellas personas que presentan riesgo cardiovascular (Espinoza y Zapata, 2010).
- **Previenen el cáncer:** El consumo de yogur ha demostrado tener efectos antimutagénicos. Según el Nacional Institute of Cáncer de Estados Unidos, la

gente que consume yogurt, tiene mucho menos riesgo de padecer cáncer que la gente que no lo consume (García, 1999 - 2000).

- **Generar tolerancia a la lactosa.** Este es un punto muy importante, ya que su consumo es posible entre las personas que no toleran los lácteos. Las bacterias ácido lácteas contienen lactasa (enzima que digiere la lactosa) (Espinoza y Zapata, 2010).
- **Gran fuente de calcio.** Las pérdidas diarias de este mineral en nuestro organismo deben ser repuestas a través de la dieta diaria. El calcio presente en el yogur se ha disuelto en el ácido láctico, haciéndose así más absorbible para nuestro sistema digestivo y para su fácil paso posterior a todo nuestro cuerpo. Es notable que destaquemos que este producto lácteo tiene efecto preventivo ante el cáncer de colon (Espinoza y Zapata, 2010).
- **Modulan la motilidad del intestino:** Es ya sabido que las bacterias probióticas participan en la movilidad del intestino, esto se debe principalmente a la producción de ácido lo que estimula los movimientos de peristaltismo (movimientos del tracto gastrointestinal) y ayudan así a la excreción de las heces fecales. Es por esto que es muy bueno que las personas estreñidas consuman alimentos que contengan probióticos como el yogur (García, 1999 - 2000).

2.1.7.- REQUISITOS ORGANOLÉPTICOS DEL YOGURT NATURAL

Según (Espinoza y Zapata, 2010) los requisitos organolépticos del yogurt son los siguientes:

a) Apariencia

El producto se debe presentar envasado. El envase no debe estar hinchado. El producto no debe presentar coloraciones anormales, manchas, hongos ni suero libre en su superficie. En el caso del yogur aflanado, una leve película de suero en su superficie no se considera defecto.

b) Consistencia

El yogur líquido tiene menor consistencia; el yogur batido es de consistencia suave, cremosa y escurre; el yogur aflanado es más firme con consistencia de flan.

c) Color masa interna

El yogur natural debe ser de color blanco brillante. Aquellos saborizados deben presentar el color correspondiente al ingrediente o aditivo agregado (colorante, mermelada, pulpa de frutas, etc.).

d) Textura

Suave al paladar, sin grumos ni harinosidad, y características en el caso de contener ingredientes tales como nueces, trozos de frutas y similares. En el caso del yogur rotulado como con fibra, la harinosidad no constituye defecto.

2.2.- MATERIAS PRIMAS E INSUMOS PARA LA ELABORACIÓN DEL YOGURT NATURAL AFLANADO ENRIQUECIDO CON CHÍA

Los insumos necesarios para la elaboración de yogurt aflanado son los siguientes:

2.2.1.- LECHE

Según (Carrizo et al, 2007), la leche se define de diferentes puntos de vista de acuerdo a lo siguiente:

- Desde el punto de vista biológico: Secreción normal de las glándulas mamarias de las hembras de los mamíferos, unos días después del parto y destinada a la alimentación de su cría.
- Desde el punto de vista bromatológico: “El producto íntegro y fresco del ordeño completo de una o varias vacas, sanas, bien alimentadas y en reposo, exento de calostro y que cumpla con los caracteres físicos y bacteriológicos que se establecen”.
- Desde el punto de vista físico: La leche es un triple sistema disperso, ya que coexisten en ella varios estados: emulsión, suspensión coloidal y solución verdadera. Los triglicéridos que se encuentran en la leche están en estado de emulsión en forma globular, las proteínas en estado de suspensión coloidal y las sales en solución verdadera.

2.2.2.- CARACTERÍSTICAS DE LA LECHE

Entre las características de la leche tenemos las físicas, químicas y microbiológicas que se detallan a continuación:

2.2.2.1.- PROPIEDADES FÍSICAS DE LA LECHE

Algunas propiedades físicas de la leche ver tabla 2.3 como su densidad, viscosidad y tensión superficial dependen de sus constituyentes; otras como el punto de congelación (crioscópico) y ebullición, dependen de las sustancias en solución; finalmente, otras como el pH y la conductividad, dependen únicamente de los iones o de los electrones (Maza y Legorreta, 2012).

Tabla 2.3
Composición física de la leche

El PH a 20 °C	6,6 a 6,8
Punto de congelación	-0,530°C a -0,560°C
Punto de ebullición	100,17 °C a 100,5 °C
Tensión superficial a 15 °C	47 – 53 din/cm
Viscosidad a 10 °C	2,8 cp
Conductividad eléctrica a 25 °C	40 x 10 ⁻⁴ a 50 x 10 ⁻⁴ mho
La acidez	1,3 a 1,7 g/l
Densidad a 20 °C	1,029 a 1,033 g/ml

Fuente: (Maza y Legorreta, 2012).

2.2.2.2.- PROPIEDADES QUÍMICAS DE LA LECHE:

La composición química depende de la raza del ganado, la época del año (en invierno es más rica en grasas), la hora y el intervalo del ordeño (Flores, 2010).

Una composición tan diversificada, con grasas, proteínas y glúcidos, determina que la leche sea un alimento muy completo (Flores, 2010).

La leche contiene un 3,5 y 5.25 % de grasas finamente subdivididas en gotitas de 1 a 10 micrones de diámetro confiere opacidad. Entre el 3 al 4% corresponde a proteínas en forma proteínas (sustancias orgánicas nitrogenadas) entre los que predomina la caseína (Flores, 2010).

Menos importantes son la lacto-albúmina (albúmina de la leche) y la lacto-globulina. Cuando la leche se acidifica, se "corta": los proteínas coagulan dando grumos semisólidos. Son escasas las sales Inorgánicas: 0,5%, finalmente, en baja proporción pero cumpliendo funciones biológicas, se encuentran las vitaminas A y D, esta última decisiva para la fijación del fosfato de calcio en dientes y huesos (Flores, 2010).

En la tabla 2.4 se muestra la composición promedio de la leche de vaca por cada 100g.

Tabla 2.4
Composición de la leche de vaca

	Leche de vaca (%)
Hidrato de carbono	4,6
Proteínas	3,1
Caseína	2,80
Albúmina	0,70
Lactosa	4,9
Grasas	3
Cenizas	0,75
Residuo seco	11,7
Agua	87,0

Fuente: Botanical, 1999

a) ENZIMAS.

La leche contiene varias enzimas. Algunas se hallan en las membranas de los glóbulos de grasa, por lo que son arrastradas cuando se separa la crema; entre ellos están las reductasas aldehídicas, fosfatasa (Flores, 2010).

Las principales enzimas presentes en la leche son las siguientes: la lacto peroxidasa, reductasaldolasa (asociada a la membrana del glóbulo de grasa), catalasa, lipasas (responsables de la rancidez de la leche), fosfatasa (en la membrana del glóbulo de grasa), proteasas (asociadas a la caseína) amilasas (hay enzimas desnitrificantes y enzimas sacarificantes, α y β amilasas respectivamente), lisozima (es importante desde el punto de vista de la nutrición ya que facilita la precipitación de la caseína en forma de floculo lo que mejora su digestibilidad; por otra parte posee propiedades bacteriostáticas) (Flores, 2010).

b) ACIDOS GRASOS

Tienen una gran variedad de ácidos grasos; se han logrado identificar 150, aunque los más importantes son 13 y son los siguientes Butírico, Caproico, Caprílico, Cáprico, Láurico, Mirístico, Palmítico, Esteárico, Araquídico, Oleico, Vacénico, Linolenico, Liniolenico (Flores, 2010).

Los últimos cuatro son ácidos grasos no saturados y los restantes son saturados; estos últimos constituyen la mayor parte de la grasa, alrededor del 60% mientras que los no saturados (son los que presentan una, dos o tres dobles ligaduras entre carbonos) son el 35% aproximadamente (Flores, 2010).

Según Arias, 1999 de todos los ácidos grasos existentes, el ácido butírico podría ser el más importante, pues se lo cree el responsable del sabor característico de la mantequilla y de la crema, así como del sabor rancio.

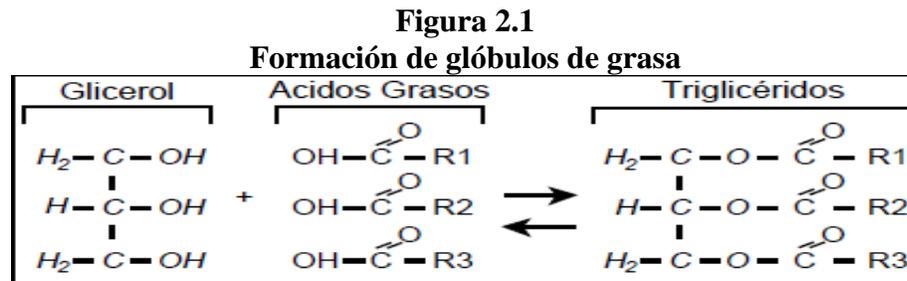
c) EL AGUA

El contenido de agua en la leche es variable, pudiendo estar en un rango de 80 a 90%; el agua sirve como medio de solución, dispersión o suspensión para los otros componentes. El alto contenido de agua en la leche, posibilita que la distribución de sus componentes sea uniforme (Arias, 1999).

d) MATERIA GRASA

La grasa se encuentra presente en pequeños glóbulos suspendidos en agua. Cada glóbulo se encuentra rodeado de una capa de fosfolípidos, que evitan que los glóbulos se aglutinen entre sí repeliendo otros glóbulos de grasa y atrayendo agua (Universidad de Wisconsin-Madison_____).

La mayoría de los glóbulos de grasa se encuentran en la forma de triglicéridos formados por la unión de glicerol con ácidos grasos como se muestra en la siguiente figura 2.1:



Fuente: (Universidad de Wisconsin-Madison_____).

e) **PROTEÍNAS**

Las proteínas constituyen una parte importante de la leche, por ser vitales para la vida y el desarrollo humano, los componentes fundamentales de las proteínas son los aminoácidos. Estos se combinan de maneras diversas: enlaces peptídicos, puentes disulfuro, enlaces hidrogeno y enlaces iónicos ya sea con el grupo amino o el grupo carboxilo (Arias, 1999).

La caseína, es el componente principal de la proteína láctea (80%), es una fosfoproteína, pues sus grupos fosfato están sólidamente unidos. Este confiere a la proteína una estabilidad especial, de tal forma que no se coagula por la cocción. La proteína lleva incorporados también oxígeno y azufre. La partícula de la caseína carece de homogeneidad pues consta más bien de varios componentes o fracciones de: alfa caseína, beta caseína, gamma caseína y diversas caseínas (Arias, 1999).

La de interés en la industria es la β-lactoglobulina, que se desnaturaliza a temperaturas superiores a 74°C, precipita y es responsable en gran parte del sabor a cocido de la leche al liberar grupos sulfhidrilos (SH). También las globulinas son

termolábiles y coagulan a temperaturas superiores a 75°C, solo la α -lactoalbumina es relativamente estable (Arias, 1999).

f) MINERALES

La leche es una fuente excelente para la mayoría de los minerales requeridos para el crecimiento del lactante. La digestibilidad del calcio y fósforo es generalmente alta, en parte debido a que se encuentran en asociación con la caseína de la leche. Otro mineral de interés en la leche es el hierro. Las bajas concentraciones de hierro en la leche no alcanzan a satisfacer las necesidades del lactante, pero este bajo nivel pasa a tener un aspecto positivo debido a que limita el crecimiento bacteriano en la leche el hierro es esencial para el crecimiento de muchas bacterias (Universidad de Wisconsin-Madison_____).

Mediante la tabla 2.5 se muestra la concentración de minerales en la leche:

Tabla 2.5
Concentración de minerales en la leche

Mineral	Cantidad (mg/100ml)
potasio	138
Calcio	125
Cloro	103
Fosforo	96
Sodio	58
azufre	30
Magnesio	12
Otros minerales	<0,1

Fuente: (Universidad de Wisconsin-Madison_____).

g) VITAMINAS.

La leche es el alimento que contiene la variedad más completa de vitaminas, sin embargo, estos se hallan en pequeñas cantidades y algunos no alcanzan para los

requerimientos diarios. Las vitaminas se clasifican en dos grupos según sean solubles en lípidos o en agua (Flores,2010).

- **Vitaminas liposolubles:** Estas vitaminas son resistentes al calor, se hallan en la materia grasa y son menos abundantes (solo la D), que en la leche humana (Flores, 2010). En la tabla 2.6 se muestra la cantidad presente de vitaminas en la leche:

Tabla 2.6
Concentración de vitaminas liposolubles

Vitaminas	Cantidad presente (mg/litro)
vitaminas A	100 a 500
vitamina D	2
vitamina E	500 a 1000
vitamina K	solo hay trazos

Fuente: (Flores,2010).

- **Vitaminas hidrosolubles:** Se hallan en la fase acuosa y se muestran de acuerdo a la tabla 2.7:

Tabla 2.7
Concentración de vitaminas hidrosolubles

Vitaminas	Cantidad presente (mg/litro)
vitamina B1 (tiamina o aneurina)	400 a 1000
vitamina B2 (riboflavina o lactoflovina)	800 a 3000
vitamina B12 (cianocobalamina)	presente en muy pequeñas cantidades
vitaminas B3 o PP (ácido nicotínico)	5 a 10
vitamina C (ácido ascórbico)	10 a 20

Fuente: (Flores, 2010).

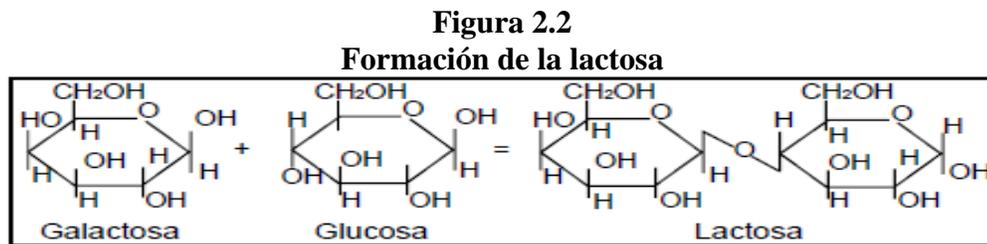
De las vitaminas hidrosolubles la leche vacuna tiene más vitaminas del complejo B que la leche humana; algunos son muy resistentes a las temperaturas altas (como la

B1) mientras que otros se destruyen fácilmente con el calor (como la C) (Flores, 2010).

h) LACTOSA

La lactosa es el carbohidrato más importante de la leche, está formado por una molécula de glucosa y otra de galactosa, su fórmula general es igual a la de la sacarosa ($C_{12}H_{22}O_{11} \cdot H_2O$) pero tiene propiedades diferentes debido a su estructura cíclica (Universidad de Wisconsin-Madison_____).

La lactosa como se muestra en la figura 2.2 representa cerca de la mitad de los sólidos no grasos, contribuyendo con aproximadamente el 30% de las calorías, el nivel de lactosa en la leche depende en parte de la condición infecciosa de la ubre o mastitis; es seis veces menos dulce que la sacarosa siendo su poder edulcorante muy reducido en comparación con otros disacáridos (Universidad de Wisconsin-Madison_____).



Fuente: (Universidad de Wisconsin-Madison_____).

2.2.2.3.- PROPIEDADES MICROBIOLÓGICAS DE LA LECHE

Los microorganismos, especialmente las bacterias y los hongos realizan distintos y complejas acciones químicas en los que participan variados números de enzimas; esta actividad la desarrollan sobre el medio que los rodean, y la leche, por su composición química, ofrece un medio de cultivo apropiado, especialmente para las bacterias, es así que podemos hallar bacterias que se alimentan básicamente de las proteínas

(actividad proteolítica), sobre las grasas (actividad bioquímica lipolítica), o azúcares (actividad sacarolítica) (Flores, 2010).

En la sacarolisis (actividad bioquímica sobre el azúcar de la leche), la lactosa se desarrolla en glucosa y galactosa, para luego por fermentación, producir ácido láctico. Se produce también una coagulación que, a diferencia de la proteolítica, es de naturaleza ácida, provocando un cierto olor agradable por la formación de algunos gases como el di acetilo. En los microorganismos responsables de esta coagulación ácida tenemos: *Streptococcus lactis* y *Streptococcus cremoris*, que forman fundamentalmente ácido láctico (por eso son homofermentativos); en cambio la *Leuconostocitrovarum*, aporte de ácido láctico forma otros compuestos tales como acetoina y el ya nombrado di acetilo (que proceden del ácido cítrico presente en la leche) (Flores, 2010).

2.2.2.- SACAROSA

Este carbohidrato es muy abundante en el reino vegetal y se conoce vulgarmente como “azúcar”. Su fórmula empírica es $C_{12}H_{22}O_{11}$. El azúcar refinado se obtiene comercialmente a partir de la caña de azúcar o de la remolacha azucarera. Se utiliza mucho en la industria alimentaria como edulcorante, pudiendo ser obtenido en forma cristalizada o como jarabe (Castro, 2005).

El azúcar en el yogurt tiene dos funciones principales, la fermentación y el darle aroma. Las bacterias se alimentan de los azúcares de la leche, que descomponen en glucosa y galactosa también se alimentan del azúcar añadido para producir dicha fermentación. Es aconsejable añadir el azúcar antes de proceder al tratamiento térmico, ya que así se garantiza la destrucción de las formas vegetativas de los microorganismos contaminantes, mohos y levaduras e incluso de algunos esporos (Castro, 2005).

2.2.3.- COLORANTES

Los colorantes son un tipo de aditivo alimentario utilizado **para recuperar o aumentar el color de los alimentos**, durante su almacenamiento o tras los tratamientos tecnológicos a que se vean sometidos (Consumoteca, 2009-2013).

Existen colorantes naturales, obtenidos a partir de los pigmentos vegetales como son los carotenoides y las xantofilas, y **colorantes artificiales**, que son productos obtenidos por la síntesis química, como la tartracina (E 102) y el amaranto (E 123) (Consumoteca, 2009-2013).

La adición de colorantes a los yogures persigue aumentar el atractivo del producto. No obstante, la FAO/WHO (1976) ha establecido unas orientaciones sobre los colorantes y las concentraciones a las que pueden ser utilizados en el yogurt (Castro, 2005).

2.2.4.- LECHE EN POLVO

En la industria es muy frecuente la utilización de leche en polvo, entera o desnatada, para el enriquecimiento de la leche destinada a la elaboración de yogurt de consistencia espesa y suave. La proporción de leche en polvo añadida a la mezcla base puede oscilar entre (1 a 6) %, recomendándose por lo general valores entre (3 A 4) %, ya que si se añade porcentajes superiores A ello puede conferir al yogurt “sabor a polvo” (Soluciones Prácticas, 2008 – 2013).

La finalidad de la adición de este estabilizante a la mezcla base es mejorar y mantener las características deseables del yogurt, es decir, textura, viscosidad/consistencia, aspecto y cuerpo (Soluciones Prácticas, 2008 – 2013).

2.2.5.- CULTIVO DEL YOGURT

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 (Soluciones Prácticas, 2008 – 2013).

2.2.5.1.- DESCRIPCIÓN DE LOS MICROORGANISMOS PRESENTES EN LA FERMENTACIÓN DE LA LECHE

- **Lactobacillus bulgaricus**

También conocido como *Lactobacillus delbrueckii* subespecie *bulgaricus*, es una bacteria de tipo Gram positiva de forma bacilar que suele formar largas cadenas. No es una bacteria móvil ni produce esporas. Esta bacteria es considerada acidofila, ya que crece y se reproduce mejor en ambientes ácidos (pH de 4,6 a 5,4). Otra particularidad de esta bacteria son las complejas necesidades nutricionales, incluida la incapacidad de fermentar azúcares que no sean la lactosa (el azúcar contenido en la leche). La fermentación ácida de la lactosa provoca un descenso del pH (se produce ácido láctico que da el sabor ácido al yogurt, que causa la coagulación de la leche, mediante la desnaturalización de sus proteínas y actúa como conservante) (Staff, 2011).

- **Streptococcus thermophilus**

Es un microorganismo termo-tolerante, es decir que puede resistir a tratamientos térmicos y de pasteurización a 62 °C por 20 o 30 minutos. La

temperatura ideal de crecimiento es de 37°C a 42°C. Los yogures tienen un mínimo de 100 millones de microorganismos vivos por gramo de yogur. Sólo estas dos bacterias mencionadas son las propias del yogur natural. El *Bifidus* activo y el *L. casei* *immunitas*, no son bacterias propias del yogurt, aunque sus propiedades sean beneficiosas y aumenten la capacidad del organismo para defenderse de las agresiones externas (Staff, 2011).

2.2.6.- SABORIZANTES

Los saborizantes son preparados de sustancias que contienen los principios sápidos-aromáticos, extraídos de la naturaleza (vegetal) o sustancias artificiales, de uso permitido en términos legales, capaces de actuar sobre los sentidos del gusto y del olfato, pero no exclusivamente, ya sea para reforzar el propio (inherente del alimento) o transmitiéndole un sabor y/o aroma determinado, con el fin de hacerlo más apetitoso. Suelen ser productos en estado líquido, en polvo o pasta. Es de uso habitual la utilización de las palabras sabores, esencias, extractos y oleorresinas como equivalentes a los saborizantes (Martínez, 2012).

2.2.7.- LA CHÍA

Es un cultivo anual originario del sudoeste de México y noroeste de América Central. Según la evidencia científica, comenzó a emplearse en la alimentación humana unos 3.500 años a.c (SENASAG, 2012).

La semilla de Chía (*Salvia Hispánica L.*) es una semilla oleaginosa. Es la fuente más rica de la naturaleza de ácidos grasos Omega-3, con un gran contenido adicional de proteína de alta calidad, fibra, vitaminas, minerales y antioxidantes, es 100% vegetal (no tiene colesterol), es libre de gluten, tiene un suave sabor y olor a nuez (Gillot, 2011).

La Chía es un grano entero que contiene salvado, germen y endospermo. Es un tipo de semilla llamado Dicotiledoneo (dos cotiledones). La estructura de la semilla de chía naturalmente encapsula el Omega-3, protegiéndolo de la oxidación, es estable > 6 años (Gillot, 2011).

Se utilizó entera en las comidas diarias mezclada con otros alimentos y emulsionada con agua como bebida refrescante; molida en harina integrando medicinas; prensada para obtener su aceite (Lo Presti, 2002 - 2008).

Su alto contenido de antioxidantes previene la oxidación celular y enfermedades como el cáncer. El contenido de fibra que tiene permite prevenir el estreñimiento. Su uso fue difundido para diabéticos, y personas con pérdida de la memoria. (SENASAG, 2012).

2.2.7.1.- CLASIFICACIÓN BOTÁNICA DE LA CHÍA

La chía, *Salvia hispanica L.*, es una especie anual que pertenece a la familia de la menta. Mide entre un metro y un metro y medio de altura, y sus tallos son ramificados de sección cuadrangular con pubescencias cortas y blancas. Las hojas miden de ochenta a cien milímetros de longitud y cuarenta a sesenta milímetros de ancho. Las flores de color azul intenso o blancas se producen en espigas terminales (Lo Presti, 2002 - 2008).

Las semillas son ovales, suaves, brillantes y miden entre uno y medio y dos milímetros de longitud. Según la variedad, su color puede ser blanco o negro grisáceo con manchas irregulares tirando a un color rojo oscuro (Lo Presti, 2002 - 2008).

La clasificación botánica de la chía se muestra en la tabla 2.8:

Tabla 2.8
Clasificación botánica de la chía

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta o Angiosperma
Clase	Magnoliophyta o Dicotiledóneas
Sub clase	Asteridae
Orden	Limiales
Familia	Lamiaceae
Genero	salvia L
Especie	S. Hispánica L

Fuente: Salud vida, 2006

2.2.7.2.- COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CHÍA

El aceite de Chía (Salvia Hispánica) se caracteriza por ser una excelente fuente vegetal del ácido graso esencial **Linolénico (OMEGA 3)**, cuyo porcentaje se compara con las semillas que contienen omega 3 como se muestra en la tabla 2.9:

Tabla 2.9
Comparación de semillas oleaginosas con omega 3

Aceite de chía	60%
Aceite de Linaza	45%
Aceite de cáñamo	15%
Aceite de Soja	8.%

Fuente: Universidad de Chile, 2006

Si se considera que el requerimiento diario de ácido linolénico esencial se calcula para individuos normales en un 0,5% de las calorías totales (2000 Kcal), puede estimarse de la composición determinada que el consumo de 5 gramos de semilla por día cumple con el requerimiento diario de este ácido graso esencial (Universidad de Chile, 2006).

En la tabla 2.10 se muestra la información nutricional de la chía por cada 25g

Tabla 2.10
Información Nutricional de la semilla de chía

Calorías	113
Proteínas	4,7 g
Ac. Grasos Omega 3	4,6 g
Lípidos totales	8,4 g
Lípidos saturados	0,7 g
Fibra	4,5 g
Colesterol	0 mg
Sodio	0 mg
Calcio	179 mg
Hierro	12,2 mg
Magnesio	117 mg
Manganeso	1,46 mg
Zinc	0,93 mg
Fósforo	231 mg
Cobre	0,61 mg
Molibdeno	0,95 mg
Vitamina A	176 ug
Tiamina (B1)	0,36 mg
Niacina	2,1 mg.
Riboflavina	0,06 mg.

Fuente: Salud vida, 2006

2.2.7.3.- VENTAJAS DE LA SEMILLA DE CHÍA

Según (Tiempo-natural, 2014) las ventajas que nos ofrece la semilla de chía son las siguientes:

- **Es la mayor fuente vegetal de OMEGA-3, 100% natural.**
- Previene enfermedades y logra el óptimo funcionamiento del organismo.
- Tiene altos valores nutricionales y medicinales.
- Beneficia al sistema nervioso y mejora la actividad cerebral.
- Favorece al funcionamiento de las neuronas y transmisiones químicas al cerebro.

- Ayuda a disminuir el índice de enfermedades cardiovasculares.
- Ayuda a normalizar la presión arterial elevada.
- Reduce los niveles de **colesterol y triglicéridos**.
- Protege al corazón contra daños causados por ataques cardiacos
- Previene la **arteriosclerosis** y el mal de **Alzheimer** y favorece la funcionalidad de la **memoria en adultos**.
- Fortalece el **sistema inmunológico**.
- Tiene efectos beneficiosos en enfermedades inflamatorias y degenerativas como: **asma, artritis, reuma, psoriasis e inflamaciones intestinales**.
- Ayuda a prevenir el **déficit atencional en niños**, la hiperactividad y agresividad, mejora la concentración y la memoria.
- Ayuda en el tratamiento del estrés, depresión y migrañas.
- Recomendada para la **etapa de gestación y lactancia**, es indispensable para el desarrollo visual y neurológico del feto, además previene la hipertensión y depresión post parto.
- Extraordinaria **fuerza de fibra** que favorece a una buena digestión, y evita el estreñimiento regulando los movimientos intestinales.
- Reduce la sensación de hambre y ansiedad, ayudando al control del apetito, además, la fibra arrastra las grasas de los alimentos fuera del organismo. Ayuda a bajar de peso.
- Previene enfermedades como la **diverticulosis** y el **cáncer de colon**.
- Mantiene los niveles adecuados de azúcar en la sangre, siendo favorable para la **prevención de la diabetes** ya que la fibra retarda la absorción de carbohidratos y grasas.
- **Fuente de proteínas** que proporciona todos los aminoácidos esenciales, siendo un gran aporte para las personas vegetarianas.
- Favorece el **desarrollo muscular** y la **regeneración de los tejidos**, ideal para los atletas y etapas de crecimiento.
- Energizante natural.
- **Libre de Gluten**, por tanto, recomendado para celíacos.

- **Fuente de antioxidantes** que retarda el envejecimiento celular y previene afecciones cardiovasculares, inflamaciones, virus, tumores y enfermedades degenerativas, cáncer de pulmón y cáncer de estómago.
- Alivia los síntomas premenstruales y menopáusicos.
- El alto contenido de **Calcio** fortalece los huesos y dientes, previene la **osteoporosis**. Posee 500% más de calcio que la leche (absorbible)
- Excelente **fuente de minerales** (hierro, potasio, magnesio y fosforo), previenen la **anemia**, mejora las funciones cerebrales y colaboran en la absorción de calcio.
- Excelente **fuente de vitaminas B** (B1, B2, B3), A y E
- Mejora la hidratación del organismo
- Beneficia a la piel y los cabellos.
- Tiene bajo contenido de sodio

2.2.7.4.- BENEFICIOS DE LA CHÍA

Según (Gillot, 2011) los beneficios que nos ofrece la chía son los siguientes:

- ✓ **Salud Cardiovascular:** Los ácidos grasos Omega- 3 pueden normalizar la presión sanguínea y los niveles de colesterol malo, al tiempo que ayudan a promover un corazón y vasos sanguíneos sanos.
- ✓ **Mejora el sistema inmunológico:** La actividad natural de los ácidos grasos Omega-3 ayuda a regular la síntesis de sustancias que pueden causar fiebre, dolor, hinchazón o irritación.
- ✓ **Apoya una sana respuesta inflamatoria:** Los ácidos grasos Omega-3 contienen sustancias dinámicas que estimulan la acción antiinflamatoria. Es por esto que tienen beneficios clínicamente probados en enfermedades como Artritis Reumatoide, Síndrome de Crohn, Soriasis.

- ✓ **Promueve la salud mental:** Los antioxidantes inhiben la acción de los radicales libres en las células cerebrales y por lo tanto retardan el deterioro de las capacidades cognitivas, como en la enfermedad de Alzheimer.

2.2.7.5.- DOSIFICACIÓN RECOMENDADA

Según (Tiempo-natural, 2014) la semilla de Chía puede ser consumida de dos formas:

a) Para prevención

- **5 g** diarios de semilla de Chía para cubrir la necesidad de **OMEGA-3** que requiere el organismo y así mantener óptimamente la salud.

5 gr equivale a 1 cucharilla
Tomar: 1/2 cucharilla por la mañana y
1/2 cucharilla por la tarde

b) Para tratamiento

- **25 g** diarios de semilla de Chía en casos críticos y problemas de salud.

25 gr equivale a 2 cucharadas soperas.
Tomar: 1 cucharada por la mañana y
1 cucharada por la tarde

Esta dosificación está recomendada para personas de hasta 12 años.

Para niños de 2 a 5 años: 5 g por día 1 cucharilla: 1/2 por la mañana y 1/2 por la tarde

Para niños de 5 a 12 años: 10 g por día (2 cucharillas: 1 por la mañana y 1 por la tarde).

3.1.- DESARROLLO DE LA PARTE EXPERIMENTAL

En presente trabajo, toda la parte experimental de elaboración de “yogurt aflanado enriquecido con chía” se lo realizo en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID), que es una unidad de servicio dependiente de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho de Tarija que tiene como objetivo atender las necesidades de análisis, asesoramiento técnico, respaldo a las actividades académicas e investigación.

3.2.- EQUIPOS Y MATERIAL DE LABORATORIO

El trabajo se lo realizo con los siguientes equipos y materiales de laboratorio que se detallan a continuación:

3.2.1.- EQUIPOS DE PROCESO

A continuación se muestran los equipos a utilizados para la elaboración del yogurt aflanado enriquecido con chía.

a) Balanza analítica de precisión

Este equipo se utilizó para realizar el pesado de los insumos que se van a necesitar para la elaboración del trabajo de investigación y se muestran sus especificaciones técnicas:

- ✓ Marca: Kern ABS
- ✓ Modelo: ABS 220-4
- ✓ Voltaje: 100v – 240 v



- ✓ Capacidad máxima: 220 g
- ✓ Capacidad mínima: 0,1mg
- ✓ Consumo: 300MA
- ✓ Linealidad: +/- 0.2mg
- ✓ Temperatura de trabajo: 10°C – 30°C

b) Baño María

Se utilizó en el proceso de fermentación en la cual se controló su PH y acidez sus especificaciones técnicas se muestran a continuación:

- ✓ Industria: USA
- ✓ Marca: Blue M Electric Company
- ✓ Serie No: M5 - 1040
- ✓ Modelo No: MW-1130 A-1
- ✓ Línea de voltaje: 120/1HP/60Hz
- ✓ Temperatura Máxima: 5°C
- ✓ Temperatura Mínima: 100°C
- ✓ Línea de corriente: L1=20 A L2= 20 A



c) Heladera

Este equipo se utiliza en la conservación del producto terminado y se controla su tiempo de vida útil, sus especificaciones son las siguientes:

- ✓ Industria: Brasileiro
- ✓ Modelo: Industrial
- ✓ Marca: Brastemp
- ✓ Potencia: ¼ HP
- ✓ Volumen: 18 pies

d) Estufa por convección mecánica

Este equipo se utiliza para lo que es referente al tratamiento térmico de la chía y sus especificaciones técnicas son las siguientes:

- ✓ Capacidad (L): 150
- ✓ Marca: SELECTA
- ✓ Temperatura: 5°C - 250°C
- ✓ Homogeneidad: +/- 2%
- ✓ Estabilidad: +/-25°C
- ✓ Error de consigna: +/- 2°C
- ✓ Resolución: 1°C
- ✓ Consumo: 2000w
- ✓ Peso: 68kg



3.2.2.- INSTRUMENTOS DE LABORATORIO Y MATERIAL DE LABORATORIO

Los instrumentos y el material de laboratorio que se utilizaron se detallan a continuación:

3.2.2.1.- INSTRUMENTO DE LABORATORIO

Los instrumentos de laboratorio a utilizar en la elaboración del trabajo de investigación son los siguientes:

a) Termómetro

Se detalla a continuación las características técnicas del termómetro que se utilizó en la medición de la temperatura en los diferentes procesos de elaboración de yogurt aplanado enriquecido con chía.

- Marca: SANAI LAB
- Rango: -10°C a +100°C
- Termómetro líquido orgánico



b) Refractómetro

Este instrumento de laboratorio se utiliza para medir los sólidos solubles en la materia prima (leche) como en el producto final (yogurt aplanado enriquecido con chía). Sus especificaciones técnicas son las siguientes:

- Marca: Atago
- Rango: 0°Brix a 32°Brix
- Modelo: REF 103
- Industria: Japonesa
- Serie: 3



c) **pH-metro de monitoreo.**- El pH-metro se utilizó para la medición del pH en la etapa de fermentación y en la determinación del tiempo de vida útil del producto final. Sus especificaciones técnicas son las siguientes:

- Marca: Thermo Electron corporation
- Rango: (0,00-14,00) pH
- Modelo: RUSSEL RLO60P
- Industria: Singapore
- Resolución: 0,01 pH
- Número de serie: 323699



d) **Mechero.-** El mechero se lo utilizó en el proceso de pasteurización de la leche por un tiempo de 30 minutos a una temperatura de 85°C, que se encuentra en el laboratorio del CEANID.

3.2.2.2.- MATERIAL DE LABORATORIO

El material que se utilizó en el trabajo de investigación se muestra en la tabla 3.1:

Tabla 3.1
Material de laboratorio a utilizar en la elaboración de yogurt aflanado enriquecido con chía

Material	Capacidad	Cantidad	Tipo de material
Vaso de precipitación	500ml	2	Vidrio
Piceta	500ml	1	Plástico
Bureta	25ml	1	Vidrio
Pinza doble nuez	-----	1	Acero inoxidable
Soporte universal	-----	1	Acero inoxidable
Vaso de precipitación	100ml	1	Vidrio
Matraz	50ml	2	Vidrio
Agitador de vidrio	-----	2	vidrio
Pipeta volumétrica aforada	9ml	2	Vidrio
Espátula	-----	1	Aluminio
Recipientes con tapa de cierre hermético	120ml	13	tergopol
Caja Petri	----	6	vidrio

Fuente: Elaboración propia

3.2.2.3.- UTENSILIOS DE COCINA

El material que se utilizó en el trabajo de investigación se muestra en la tabla 3.2:

Tabla 3.2
Material de cocina a utilizar en la elaboración de yogurt aplanado enriquecido con chía

Material	Capacidad	Cantidad	Tipo de material
Colador	-----	1	Plástico
Botella	2000ml	1	Plástico
Ollas de aluminio	2000ml	1	Aluminio
Cucharas	-----	2	Aluminio
Jarra graduada	500ml	1	Plástico

Fuente: Elaboración propia

3.3.- REACTIVOS E INSUMOS

Los reactivos e insumos utilizados en la elaboración del producto se detallan a continuación.

3.3.1.- REACTIVOS QUÍMICOS

Los reactivos utilizados en el trabajo de elaboración de yogurt aplanado enriquecido con chía se muestran en la tabla 3.3:

Tabla 3.3
Reactivos a utilizar en la elaboración del producto

Reactivo	Cantidad	Concentración
Fenolftaleína	50ml	1%
NaOH	500ml	0,1 N

Fuente: Elaboración propia

3.3.2.- INSUMOS ALIMENTARIOS

Los insumos que se usaron en el presente trabajo se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 3.4
Insumos alimentarios a utilizar en la elaboración del producto

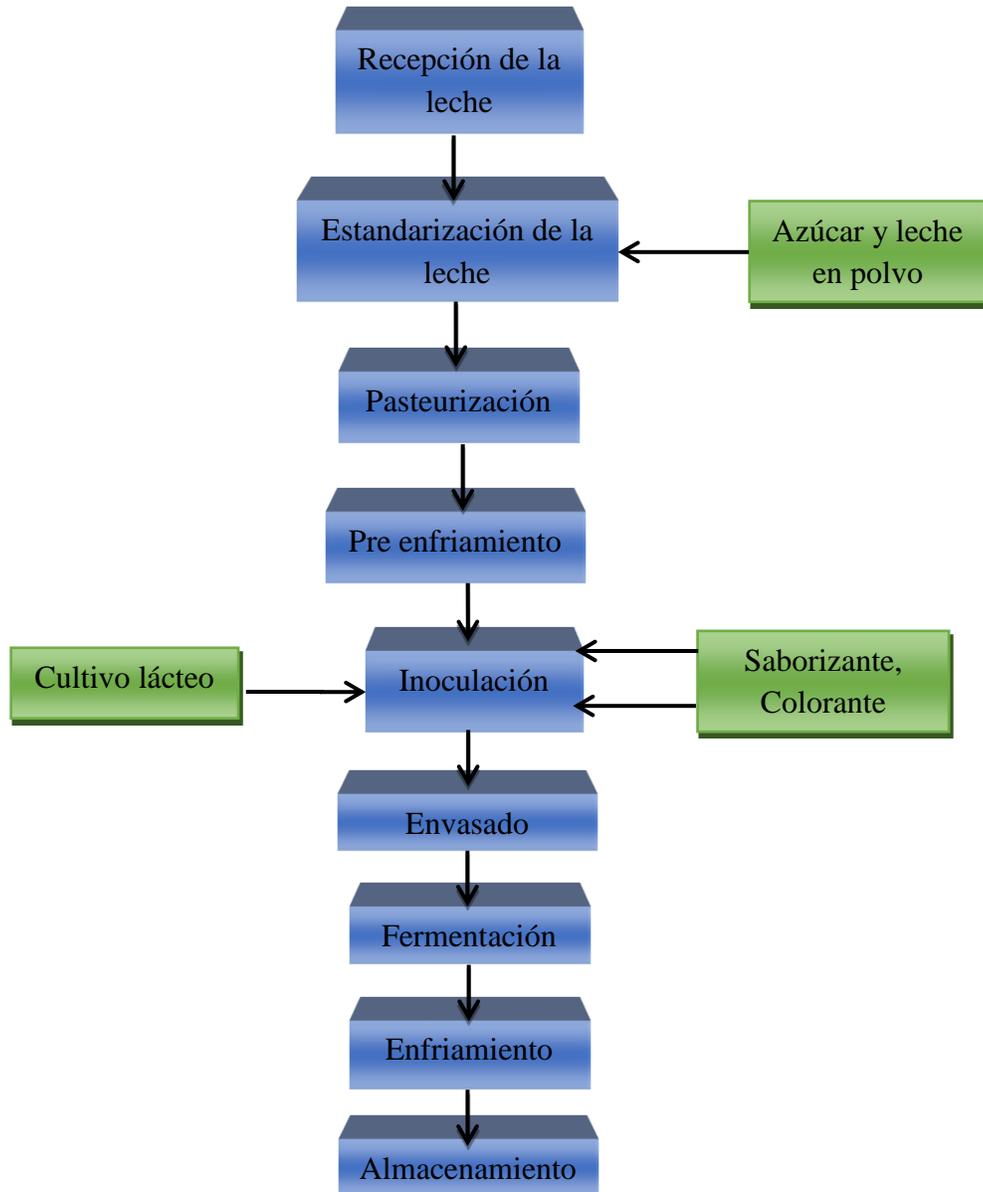
Insumo	Descripción	Origen
Azúcar	Granulada	Bermejo
Cultivo lácteo	Liofilizado	Europa
Saborizantes (vainilla)	Líquido	Suiza
Leche en polvo	Sólido	Tarija
Colorantes (amarillo huevo)	Sólido	Suiza

Fuente: Elaboración propia

3.4.- DIAGRAMA DE PROCESO PARA LA ELABORACIÓN DE YOGURT AFLANADO ENRIQUECIDO CON CHÍA

En la figura 3.1, se muestra el diagrama de flujo de la elaboración de yogurt aflanado enriquecido con chía adaptado según (García y Olmo____).

Figura 3.1
Diagrama de proceso de elaboración de yogurt afluado enriquecido con chíá



3.4.1.- DESCRIPCIÓN DEL DIAGRAMA DE FLUJO

El proceso de la elaboración de yogurt afluado enriquecido con chíá se describe a continuación.

3.4.1.1.- RECEPCIÓN DE LA LECHE

Para la elaboración del presente trabajo, se obtendrá la leche de vaca homogeneizada y pasteurizada de la fábrica de LACTEOSBOL San Lorenzo, ubicada en la comunidad de Rancho Norte carretera San Lorenzo Km 14 que pertenece a la primera sección de la provincia Méndez del departamento de Tarija.

La leche cruda es de la más alta calidad bacteriológica. Para la elaboración del yogurt esta debe tener un bajo contenido en bacterias y sustancias que puedan impedir el desarrollo de los cultivos típicos del yogur (antibióticos, residuos de sustancias de limpieza).

El control que se realiza en la leche antes de aceptarla en la fábrica es la acidez, temperatura, porcentajes de sólidos totales, control de sus características organolépticas, prueba de alcohol y mastitis.

3.4.1.2.- ESTANDARIZACIÓN DE LA LECHE

En la estandarización se realiza para el ajuste de los sólidos solubles no grasos, se concentra la leche mediante la adición de leche en polvo. El aumento de sólidos solubles no grasos incrementa la viscosidad y la estabilidad de la cuajada del yogur. La cantidad a adicionar para la elaboración del trabajo de grado será de (50 a 60) gramos de leche en polvo esto se tomó como referencia en base a los sólidos totales de la muestra patrón (PIL Tarija) y 150gr de azúcar tomado como referencia de la empresa de LACTEOSBOL.

NOTA: La leche antes de la estandarización se obtuvo homogeneizada de la empresa LACTEOSBOL que le otorga mayor viscosidad y brillantes al yogur que se obtiene con dicha leche. También evita la separación de la nata durante el periodo de incubación y asegura así una distribución uniforme de la grasa de la leche en el yogur.

3.4.1.3.- PASTEURIZACIÓN

Para la pasteurización se utilizaron ollas de aluminio a una temperatura de (80 a 85)°C por un tiempo de 30 minutos. Los objetivos de esta etapa del proceso de fabricación son:

- Eliminar microorganismos patógenos.
- Reducir la población microbiana total para que no interfiera con el desarrollo de las bacterias lácteas del cultivo iniciador.
- Desnaturalizar las proteínas del suero para mejorar la textura del producto final y para ayudar a evitar la separación del suero durante la conservación del yogur (especialmente en el yogur firme o compacto).
- Hidratar los estabilizantes (añadidos anteriormente) que se disuelven en caliente.

3.4.1.4.- ENFRIAMIENTO

La leche se enfría violentamente entre (43 a 45) °C, temperatura óptima para la siembra del cultivo.

3.4.1.5.- INOCULACIÓN

Se añadirán los componentes minoritarios no resistentes al calor (aromas, colorantes), ya que de haber sido añadidos en la primera adición de componentes minoritarios hubiesen sido destruidos por las altas temperaturas de la pasteurización.

En la inoculación se agregará los saborizantes, colorantes, la chía como también se inocula el cultivo lácteo del 0,05% a 0,5% que se utilizará. Este se encuentra conservado por liofilización por lo que se tiene que reconstituir con leche atemperada hasta que se disuelva completamente trabajando en condiciones totalmente asépticas.

3.4.1.6.- ENVASADO

La finalidad del envase es la de contener, proteger y conservar los alimentos, además de servir para informar al consumidor. El tipo de material a utilizar es el tergo Pol con tapa de cierre hermético con una capacidad de 120cm³.

3.4.1.7.- LA FERMENTACIÓN

Para la fermentación del yogur que estará en los envases, se utilizara el baño maría controlando la temperatura entre 43°C a 45°C por el tiempo necesario de 4 horas hasta que el yogurt adquiera la consistencia necesaria, esto dependiendo del grado de acidificación que se pretenda alcanzar y de la cantidad de cultivo que se añadirá.

3.4.1.8.- ENFRIAMIENTO Y TAPADO

Cuando se alcanza un pH óptimo de 4,70 se detiene la actividad de los fermentos haciendo descender la temperatura violentamente hasta 20 °C a 18 °C.

Los envases tienen que trasladarse a refrigeración con mucho cuidado, ya que el coágulo formado es muy frágil. En refrigeración se baja la temperatura de forma suave hasta temperaturas inferiores a 5 °C. A esta temperatura el coágulo adquiere firmeza.

Los yogures permanecerán en almacenamiento en esta cámara de refrigeración (heladera) hasta su consumo.

La temperatura debe mantenerse durante todo el periodo de conservación entre 2 °C y 5 °C, y nunca sobrepasar los 10 °C en las etapas intermedias de la cadena de frío.

3.5.- CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

Para la caracterización de la materia prima, se determinaron los parámetros presentados a continuación.

3.5.1.- ANÁLISIS FISICOQUÍMICO Y MINERALES DE LA MATERIA PRIMA

Los análisis se realizaron en tres laboratorios y estos se detallan continuación:

- En el Centro Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID), se hizo para la leche análisis fisicoquímicos y minerales mientras para la chía solo minerales.
- En el laboratorio RIMH (Richard Iván Medina Hoyos) se realizó el análisis microbiológico y fisicoquímico de la chía.
- Mientras que en la empresa de LACTEOSBOL (Lácteos Bolivia) se hizo los análisis fisicoquímicos ya que de esta empresa se obtendrá la leche.

En la tabla 3.5 se detalla el método o norma utilizada en los análisis.

Tabla 3.5
Análisis fisicoquímico y minerales de la leche y chía

Detalle	Método o Norma	Unidad
Calcio total	Absorción atómica	mg/Kg
Hierro total	Absorción atómica	mg/Kg
Proteína total	NB 466-81	%
Materia Grasa	Manual RIMH	%
Humedad	NB 028-88	%
Hidratos de carbono	Calculo	%
Cenizas	NB 075-74	%
pH	Potenciómetro	----
Acidez titulable	NB 2529-78	% ácido láctico
Solidos totales	NB 466-81	%
Densidad relativa a 20°C	NB 230-78	gr/cm ³

Fuente: Elaboración propia

3.5.2.-ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE LA MATERIA PRIMA

El análisis microbiológico a realizado en la materia prima se hizo en la empresa de LACTEOSBOL y en el laboratorio RIMH APROTEC. Las normas aplicadas se detallan en la tabla 3.6 y 3.7:

Tabla 3.6
Análisis microbiológico de la leche pasteurizada

Detalle	Norma	Unidad
Recuento coliformes totales	NB 33013	(UFC/ml)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.7
Análisis microbiológico de la chía sobre el tratamiento térmico

Detalle	Método	Unidad
Coliformes totales	Manual RIMH	NMP
Coliformes fecales	Manual RIMH	NMP
Mohos y levaduras	Recuento de placa	UFC
Bacterias aerobias mesófilas	Recuento de placa	UFC

Fuente: Elaboración propia

3.6.- CARACTERIZACIÓN DE LAS VARIABLES DEL PROCESO

Para realizar la caracterización de las variables del proceso de elaboración de yogurt afluado enriquecido con chíá se tiene que tomar en cuenta lo siguiente:

3.6.1.- DISEÑO EXPERIMENTAL

Un diseño experimental es un estudio en el que al menos una variable es manipulada y las unidades son aleatoriamente asignadas a los distintos niveles o categorías de las variables manipuladas (Universidad de San Carlos de Guatemala. 2011).

Según (Universidad de San Carlos de Guatemala. 2011) las ventajas del diseño experimental son las siguientes:

- Se elimina el efecto de las variables perturbadoras o extrañas, mediante el efecto de la aleatorización.
- El control y manipulación de las variables proditorias clarifican la dirección y naturaleza de la causa.
- Flexibilidad, eficiencia, simetría y manipulación estadística.

Un Diseño Factorial es estudiar el efecto de varios factores sobre una o varias respuestas, es decir, busca estudiar la relación entre los factores y la respuesta, y tiene la finalidad de conocer mejor como es esta relación y que permita tomar acciones y decisiones que mejoren el desempeño del proceso. Uno de los objetivos más importantes es determinar una combinación de niveles de los factores en la cual el desempeño del proceso es encontrar nuevas condiciones de operación que eliminen o disminuyan cierto problema de calidad en la variable de salida. Los factores pueden ser de tipo cualitativo (maquinas, tipo de material, operador, presencia o ausencia de una operación previa, etc.) o de tipo cuantitativo (temperatura, humedad, velocidad, presión, etc.) (Instituto Tecnológico De Pachuca, ____).

3.6.2.- DISEÑO EXPERIMENTAL EN LA ETAPA DE FERMENTACIÓN

Para la realización del diseño experimental se tomará en cuenta principalmente la etapa de fermentación, se optará en tomar tres factores (leche en polvo, cultivo lácteo y temperatura).

El diseño experimental a utilizar en la etapa de fermentación será el diseño factorial de 2^k como se muestra en la siguiente ecuación:

$$2^k$$

Dónde: 2= Número de niveles k= Número de variables

Por lo que en la ecuación se tomará en cuenta 3 factores la cual se muestra a continuación:

Leche en polvo (LP)= 2 niveles

Cultivo lácteo (CL)= 2 niveles

Temperatura (T) = 2 niveles

Por tanto la ecuación será de la siguiente manera

$$2^3=2 \times 2 \times 2= 8 \text{ tratamientos}$$

Los niveles de variación en el proceso de fermentación se detallan en la tabla 3.8

Tabla 3.8
Diseño factorial en la etapa de fermentación

Factores	Nivel inferior	Nivel superior
Leche en polvo	50gr	60gr
Cultivo lácteo	0,05%	0.5%
Temperatura	43°C	45°C

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3.9 se muestra el diseño experimental para la elaboración de yogurt aplanado enriquecido con chíá.

Tabla 3.9
Diseño experimental en la etapa de fermentación

Corridas	Combinación de tratamientos	Factores			Interacción				Respuestas
		LP	T	CL	LPT	LPCL	TCL	LPTCL	Y_i
1	(1)	-	-	-	+	+	+	-	Y_1
2	a	+	-	-	-	-	+	+	Y_2
3	b	-	+	-	-	+	-	+	Y_3
4	ab	+	+	-	+	-	-	-	Y_4
5	c	-	-	+	+	-	-	+	Y_5
6	ac	+	-	+	-	+	-	-	Y_6
7	bc	-	+	+	-	-	+	-	Y_7
8	abc	+	+	+	+	+	+	+	Y_8

Fuente: Elaboración propia

Donde Y_i = Acidez

3.6.3.- EVALUACIÓN SENSORIAL

La evaluación sensorial pretende explicar, al menos parcialmente, la relación compleja entre el individuo y el producto que consume. Se define como el examen de las propiedades organolépticas de un producto por los órganos de los sentidos (Huezo, 2008).

Los métodos afectivos cuantitativos miden las respuestas de los consumidores relacionadas a atributos sensoriales. En una prueba hedónica, el catador responderá a las diferentes cualidades organolépticas evaluadas dándoles una puntuación sobre una escala que puede traducirse a valores numéricos. Con esta prueba podemos conocer la calidad organoléptica de un producto para cada atributo sensorial evaluado (Huezo, 2008).

3.6.3.1.- EVALUACIÓN SENSORIAL PARA DETERMINAR LA MUESTRA PATRÓN

Para determinar la muestra patrón se realizó en el Laboratorio Taller de Alimentos (LTA) mediante una evaluación sensorial la cual se utilizó el test de escala hedónica de muestras de yogurt aplanado en la que degustaron 25 jueces no entrenados para analizar atributos de sabor, acidez, textura y aroma.

3.6.3.2.- EVALUACIÓN SENSORIAL PARA DETERMINAR LA CANTIDAD DE LECHE EN POLVO A UTILIZAR EN EL PROCESO DE FERMENTACIÓN

Se hizo una evaluación sensorial para determinar la dosificación en la fermentación, utilizando un test de escala hedónica mediante 25 jueces no entrenados, para ver la cantidad de leche en polvo a utilizar. Estos analizaron los atributos sabor, aroma, acidez y textura, prueba que se realizó en el taller de alimentos.

3.6.3.3.- EVALUACIÓN SENSORIAL EN EL DISEÑO FACTORIAL PARA DETERMINAR EL PROCESO DE FERMENTACIÓN

Se realizó una evaluación sensorial para el diseño factorial en la fermentación, utilizando un test de escala hedónica analizando los atributos sabor, acidez, textura y consistencia para esto se hará con 20 jueces no entrenados que realizara en el taller de alimentos.

3.6.3.4.- EVALUACIÓN SENSORIAL PARA COMPARAR EL PRODUCTO CON LA MUESTRA PATRÓN

Se hizo una evaluación sensorial para hacer una comparación del producto elaborado con la muestra patrón para esto se tomaran 15 jueces no entrenados que calificaran los atributos sabor, textura, acidez, consistencia y color.

3.6.3.5.- EVALUACIÓN SENSORIAL PRODUCTO TERMINADO

Para saber la aceptación del producto terminado, se realiza una evaluación sensorial para identificar el agrado o desagrado mediante test de escala hedónica que compondrá de 15 jueces no entrenados, esta prueba se realiza en el Laboratorio Taller de Alimentos (LTA).

3.7.- CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO

Los análisis fisicoquímicos que se realizó en el producto final se hicieron en los laboratorios que se detallan a continuación:

En el laboratorio RIMH se realizó los análisis fisicoquímicos del producto final. Y en cuanto a los análisis de minerales se los realizo en el CEANID (Centro Análisis de Investigación y Desarrollo) que está ubicado en la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho:

3.7.1.-ANÁLISIS FISICOQUIMICOS DEL PRODUCTO TERMINADO

Las normas o métodos aplicados para la determinación se detallan a continuación en la tabla 3.10.

Tabla 3.10
Análisis fisicoquímico del producto final

Detalle	Método o Norma	Método
Calcio total	Absorción atómica	mg/Kg
Hierro total	Absorción atómica	mg/Kg
Proteína total	NB 466-81	%
Materia Grasa	NB 228	%
Humedad	NB 074-2000	%
Cenizas	NB 075-74	%

Fuente: Elaboración propia

3.7.2.-ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL PRODUCTO TERMINADO

Las normas aplicadas en el análisis microbiológico a realizar en el producto terminado se detallan en la tabla 3.11 la cual se realizó en el CEANID (Centro Análisis de Investigación y Desarrollo) que está ubicado en la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho:

Tabla 3.11
Análisis microbiológico de la materia prima

Detalle	Método	Unidad
Coliformes totales	Manual RIMH	NMP
Coliformes fecales	Manual RIMH	NMP
Mohos y levaduras	Recuento de placa	UFC
Bacterias aerobias	Recuento de placa	UFC

Fuente: Elaboración propia

4.1.- CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DE LA MATERIA PRIMA

Los análisis se realizaron en tres laboratorios y estos se detallan continuación:

- En el Centro Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID), se hizo el análisis para la leche análisis fisicoquímicos y minerales mientras para la chía solo minerales.
- En el laboratorio RIMH se realizó el análisis microbiológico y fisicoquímico de la chía.
- Mientras que en la empresa de LACTEOSBOL (Lácteos Bolivia) se hizo los análisis fisicoquímicos ya que de esta empresa se obtiene la leche.

En la tabla 4.1 se detallan los resultados fisicoquímicos de la leche y de minerales de la leche y chía.

Tabla 4.1
Análisis fisicoquímico y minerales de la leche y chía

Detalle	Método o Norma	Unidad	Chía	Leche pasteurizada
Calcio total	Absorción atómica	mg/Kg	6992	950
Hierro total	Absorción atómica	mg/Kg	99,4	1,80
Proteína total	NB 466-81	%		3,52
Materia Grasa	NB 228	%		3,40
Humedad	NB 074-2000	%	7,35	88,99
Cenizas	NB 075-74	%	4,80	0.64

Fuente: CEANID, 2014

Los resultados obtenidos en el CEANID que se observan en la tabla 4.1 fueron para la chía: calcio total 6992 mg/Kg, Hierro total 99,4 mg/Kg, humedad 7,35% y cenizas 4,80%. Para la leche pasteurizada: 950mg/Kg, hierro total 1,80mg/Kg, proteína total 3,52%, materia grasa 3,40%, humedad 88,99% y cenizas 0,64%.

En la tabla 4.2 se detallan los resultados fisicoquímicos y microbiológicos de la leche cruda y pasteurizada.

Tabla 4.2
Análisis fisicoquímico y microbiológico de la leche

Detalle	Método o Norma	Unidad	Leche cruda	Leche pasteurizada
pH	Potenciómetro	----	6,62	
Acidez titulable	NB 2529-78	% ácido láctico	0,17	
Solidos totales	NB 466-81	%	9,5	
Densidad relativa a 20°C	NB 230-78	g/cm ³	1,029	
Recuento coliformes totales	NB 33013	(UFC/ml)		0,0

Fuente: LACTEOSBOL, 2014

Los resultados obtenidos en la empresa LACTEOSBOL se pueden observar en la tabla 4.2, fueron para la leche cruda: pH 6,62; acidez titulable 0,17% de ácido láctico; solidos totales 9,5%; densidad relativa a 20°C 1,029 g/cm³ y para la leche pasteurizada: recuento coliformes totales 0,0 UFC/ml.

En la tabla 4.3 se detallan los resultados microbiológicos de la chía después el tratamiento térmico.

Tabla 4.3
Análisis microbiológico de la chía sobre el tratamiento térmico

Detalle	Unidad	Chía (15min)	Chía (30min)
Coliformes totales	NMP/g	0,00	0,00
Coliformes fecales	NMP/g	0,00	0,00
Mohos	UFC/g	5,00X10 ²	2,00X10 ²
Levaduras	UFC/g	1,30X10 ⁴	3,00X10 ³
Bacterias aerobias mesófilas	UFC/g	8,00X10 ²	3,00X10 ²
Escherichiacoli	NMP/g	0,00	0,00

Fuente: RIMH, 2014

Como se puede observar en la tabla 4.3, los resultados que se dieron de los dos tratamientos térmicos realizados en la chía fueron los siguientes:

Para un tratamiento de 15 minutos fue: Coliformes totales 0,00NMP/g; Coliformes fecales 0,00NMP/g; Mohos $5,00 \times 10^2$ UFC/g; levaduras $1,30 \times 10^4$ UFC/g; Bacterias aerobias mesó filas $8,00 \times 10^2$ UFC/g; Escherichia coli 0,00NMP/g.

Para un tratamiento de 30 minutos fue: Coliformes totales 0,00NMP/g; Coliformes fecales 0,00NMP/g; Mohos $2,00 \times 10^2$ UFC/g; levaduras $3,00 \times 10^3$ UFC/g; Bacterias aerobias mesó filas $3,00 \times 10^2$ UFC/g; Escherichia coli 0,00NMP/g.

De acuerdo al tratamiento térmico realizado se observa que la mejor muestra es la del tratamiento de 30min.

En la tabla 4.4 se detallan los resultados fisicoquímicos de la chía realizados en el laboratorio RIMH.

Tabla 4.4
Análisis fisicoquímico de la materia prima

Detalle	Unidad	Chía
Fibra	%	36,10
Proteína total	%	16,63
Hidratos de carbono	%	20,74
Materia Grasa	%	21,75
Valor energético	Kcal/100g	345,23
pH		6,8

Fuente: RIMH, 2014

Los resultados se observan en la tabla 4.4: fibra 36,10%; proteína total 16,63%; Hidratos de carbono 20,74%; Materia Grasa 21,75%; Valor energético 345,23Kcal/100g y pH 6,8.

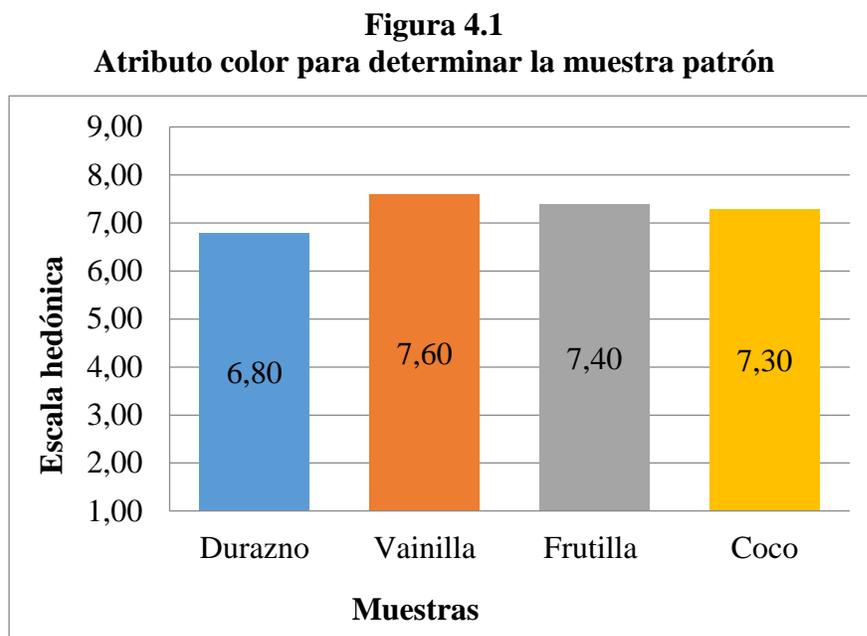
4.2 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA DETERMINAR LA MUESTRA PATRÓN

Para encontrar la muestra patrón para el yogurt aplanado enriquecido con chía se obtuvo cuatro muestras de distintos sabores como durazno, vainilla, coco y frutilla de una determinada empresa y se realizó una evaluación sensorial con 25 jueces no

entrenados para así elegir la muestra con mayor preferencia en cuanto a atributos donde MA= Durazno, MB = Vainilla, MC = Frutilla y MD = Coco.

4.2.1 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA DETERMINAR LA MUESTRA PATRÓN ATRIBUTO COLOR

En la figura 4.1 se muestran los resultados promedio de la evaluación sensorial del atributo color que fueron obtenidos del anexo C de la tabla C.1



Fuente: Elaboración propia

Para el atributo color se obtuvo una calificación promedio de 6,8 para el durazno, 7,6 para la vainilla, 7,4 para la frutilla y 7,3 para el coco.

4.2.1.1 DETERMINACIÓN DEL CUADRO ANVA PARA ATRIBUTO COLOR

En base a los resultados obtenidos se construye la tabla 4.5 para el atributo color extraído del anexo (C) de la tabla C.2.

Tabla 4.5
Análisis de varianza (ANVA) para el atributo color en la muestra patrón

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado (Fcal)	Fisher tabulado (Ftab)
Total	175,71	99			
Muestras (A)	8,11	3	2,70	2,57	5,35
Jueces (B)	91,96	24	3,83	3,65	5,93
Error	75,64	72	1,05		

Fuente: Elaboración propia

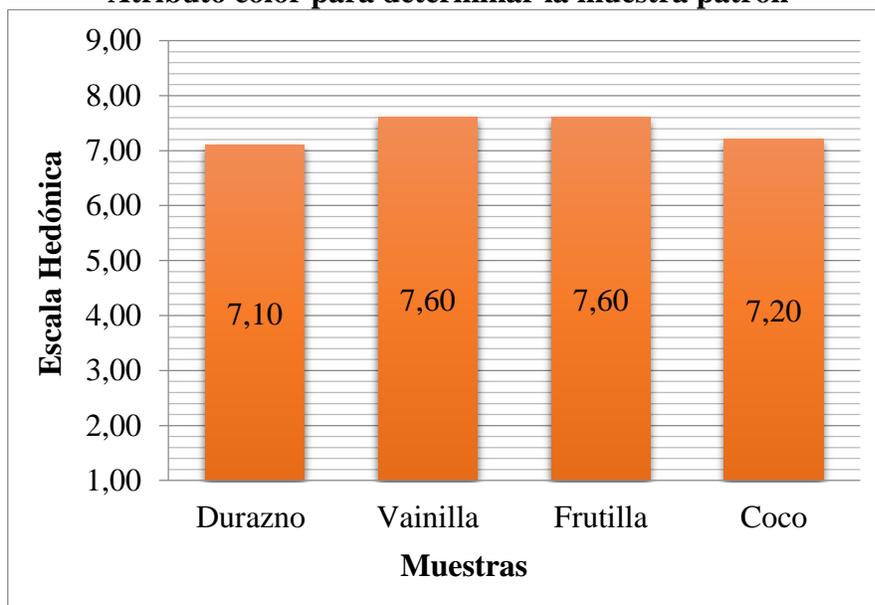
Como se puede observar en la Tabla 4.5, $F_{cal} < F_{tab}$ ($2,57 < 5,35$) para las muestras, lo cual no existe evidencia estadística de diferencias significativas entre los valores promedios entre las muestras MA, MB, MC y MD para una $p < 0.01$ por lo cual cualquiera de las muestras puede ser elegida.

Para el caso de los jueces, $F_{cal} < F_{tab}$ ($3,65 < 5,93$). Por tanto, no existe evidencia estadística de diferencias significativas entre los 25 jueces para una $p < 0.01$.

4.2.2 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA DETERMINAR LA MUESTRA PATRÓN ATRIBUTO SABOR

En la figura 4.2 se muestran los resultados promedio de la evaluación sensorial del atributo sabor que fueron sacados del anexo C de la tabla C.3.

Figura 4.2
Atributo color para determinar la muestra patrón



Fuente: Elaboración propia

Para el atributo sabor se obtuvo una calificación promedio de 7,1 para el durazno, 7,6 para el sabor vainilla, 7,6 para frutilla y 7,2 para el coco.

4.2.2.1 DETERMINACIÓN DEL CUADRO ANVA PARA ATRIBUTO SABOR

En base a los resultados obtenidos se construye la tabla 4.6 para el atributo sabor extraído del anexo (C) de la tabla C.4

Tabla 4.6
Análisis de varianza (ANVA) para el atributo sabor en la muestra patrón

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado (Fcal)	Fisher tabulado (Ftab)
Total	157,56	99			
Muestras (A)	5,8	3	1,93	1,54	5,35
Jueces (B)	61,56	24	2,57	2,05	5,93
Error	90,2	72	1,25		

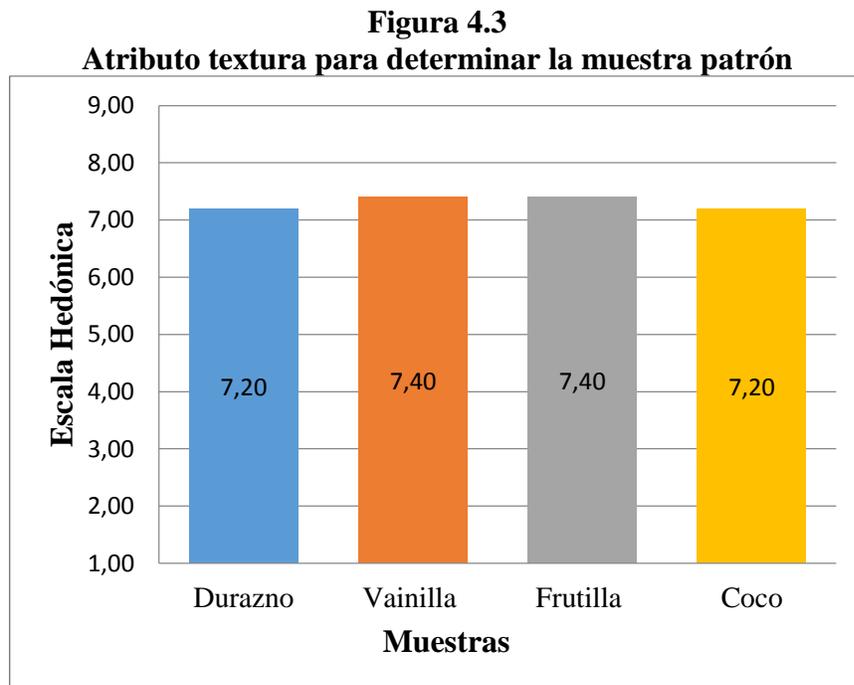
Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla 4.6, $F_{cal} < F_{tab}$ ($1,54 < 5,35$) para las muestras, lo cual no existe evidencia de diferencias significativas entre los valores promedio entre las muestras MA, MB, MC y MD para una $p < 0.01$ por lo cual cualquiera de las muestras puede ser elegida.

Para el caso de los jueces, $F_{cal} < F_{tab}$ ($2,05 < 5,93$). Por tanto, no existe evidencia estadística de diferencias significativas entre los 25 jueces para una $p < 0.01$.

4.2.3 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA DETERMINAR LA MUESTRA PATRÓN ATRIBUTO TEXTURA

En la figura 4.3 se muestran los resultados promedio de la evaluación sensorial del atributo textura que fueron sacados del anexo C de la tabla C.5



Fuente: Elaboración propia

Para el atributo textura se obtuvo los siguientes resultados para durazno 7,2, Vainilla 7,4, para Frutilla 7,4 y para Coco 7,2.

4.2.3.1 DETERMINACIÓN DEL CUADRO ANVA PARA ATRIBUTO TEXTURA

En base a los resultados obtenidos se construye la tabla 4.7 para el atributo textura extraída del anexo (C) de la tabla C.6

Tabla 4.7

Análisis de varianza (ANVA) para el atributo textura en la muestra patrón

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado (Fcal)	Fisher tabulado (Ftab)
Total	85,39	99			
Muestras (A)	0,91	3	0,30	0,42	5,35
Jueces (B)	32,64	24	1,36	1,89	5,93
Error	51,84	72	0,72		

Fuente: Elaboración propia

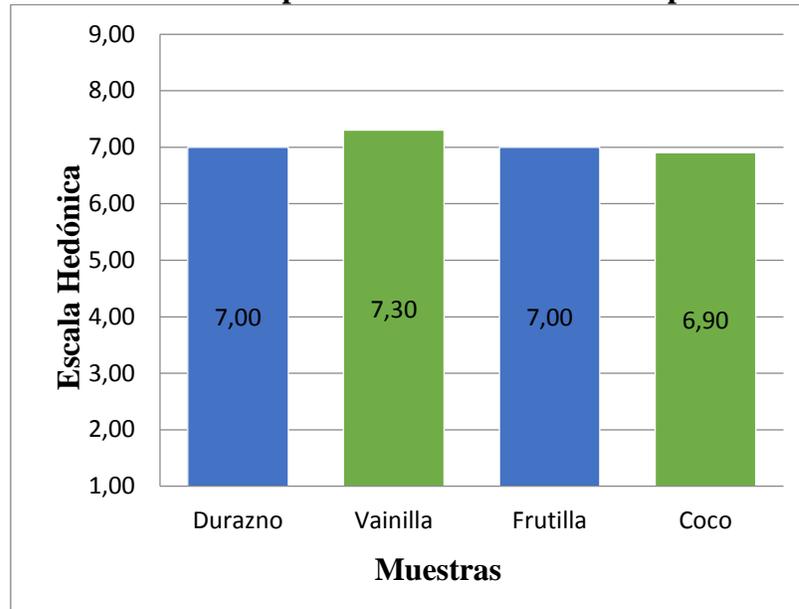
Como se puede observar en la Tabla 4.7, $F_{cal} < F_{tab}$ ($0,42 < 5,35$) para las muestras, lo cual no existe evidencia de diferencias significativas entre los valores promedio entre las muestras MA, MB, MC y MD para una $p < 0.01$ por lo cual cualquiera de las muestras puede ser elegida.

Para el caso de los jueces, $F_{cal} < F_{tab}$ ($1,89 < 5,93$). Por tanto, no existe evidencia estadística de diferencias significativas entre los 25 jueces para una $p < 0.01$.

4.2.4 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA DETERMINAR LA MUESTRA PATRÓN ATRIBUTO ACIDEZ

En la figura 4.4 se muestran los resultados promedio de la evaluación sensorial del atributo acidez que fueron obtenidos del anexo C de la tabla C.7

Figura 4.4
Atributo acidez para determinar la muestra patrón



Fuente: Elaboración propia

Para el caso de la acidez se obtuvo un puntaje medio de 7 para el durazno, 7,3 para la vainilla, 7 para la frutilla y 6,9 para el coco.

4.2.4.1 DETERMINACIÓN DEL CUADRO ANVA PARA ATRIBUTO ACIDEZ

En base a los resultados obtenidos se construye la tabla 4.8 para el atributo acidez extraída del anexo (C) de la tabla C.8

Tabla 4.8
Análisis de varianza (ANVA) para el atributo acidez en la muestra patrón

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado (Fcal)	Fisher tabulado (Ftab)
Total	136,51	99			
Muestras (A)	1,71	3	0,57	0,53	5,35
Jueces (B)	56,76	24	2,37	2,18	5,93
Error	78,04	72	1,08		

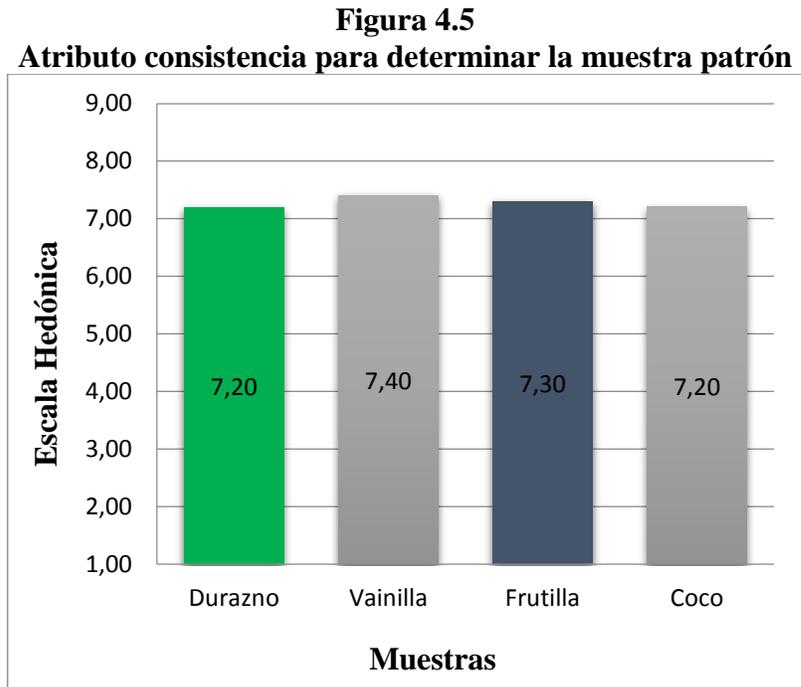
Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla 4.8, $F_{cal} < F_{tab}$ ($0,53 < 5,35$) para las muestras, lo cual no existe evidencia de diferencias significativas entre los valores promedios entre las muestras MA, MB, MC y MD para una $p < 0.01$ por lo cual cualquiera de las muestras puede ser elegida.

Para el caso de los jueces, $F_{cal} < F_{tab}$ ($2,18 < 5,93$). Por tanto, no existe evidencia estadística de diferencias significativas entre los 25 jueces para una $p < 0.01$.

4.2.5 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA DETERMINAR LA MUESTRA PATRÓN ATRIBUTO CONSISTENCIA

En la figura 4.5 se muestran los resultados promedio de la evaluación sensorial del atributo consistencia que fueron obtenidos del anexo C de la tabla C.9



Fuente: Elaboración propia

Para el atributo consistencia se obtuvo 7,2 para el durazno, 7,4 para la vainilla, 7,3 para frutilla y 7,2 para coco.

4.2.5.1 DETERMINACIÓN DEL CUADRO ANVA PARA ATRIBUTO CONSISTENCIA

En base a los resultados obtenidos se construye la tabla 4.9 para el atributo consistencia extraída del anexo (C) de la tabla C.10.

Tabla 4.9

Análisis de varianza (ANVA) para el atributo consistencia en la muestra patrón

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado (Fcal)	Fisher tabulado (Ftab)
Total	103,71	99			
Muestras (A)	0,51	3	0,17	0,22	5,35
Jueces (B)	46,96	24	1,96	2,50	5,93
Error	56,24	72	0,78		

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla 4.7, $F_{cal} < F_{tab}$ ($0,22 < 5,35$) para las muestras, lo cual no existe evidencia de diferencias significativas entre los valores promedios entre las muestras MA, MB, MC y MD para una $p < 0.01$ por lo cual cualquiera de las muestras puede ser elegida.

Para el caso de los jueces, $F_{cal} < F_{tab}$ ($2,50 < 5,93$). Por tanto, no existe evidencia estadística de diferencias significativas entre los 25 jueces para una $p < 0.01$.

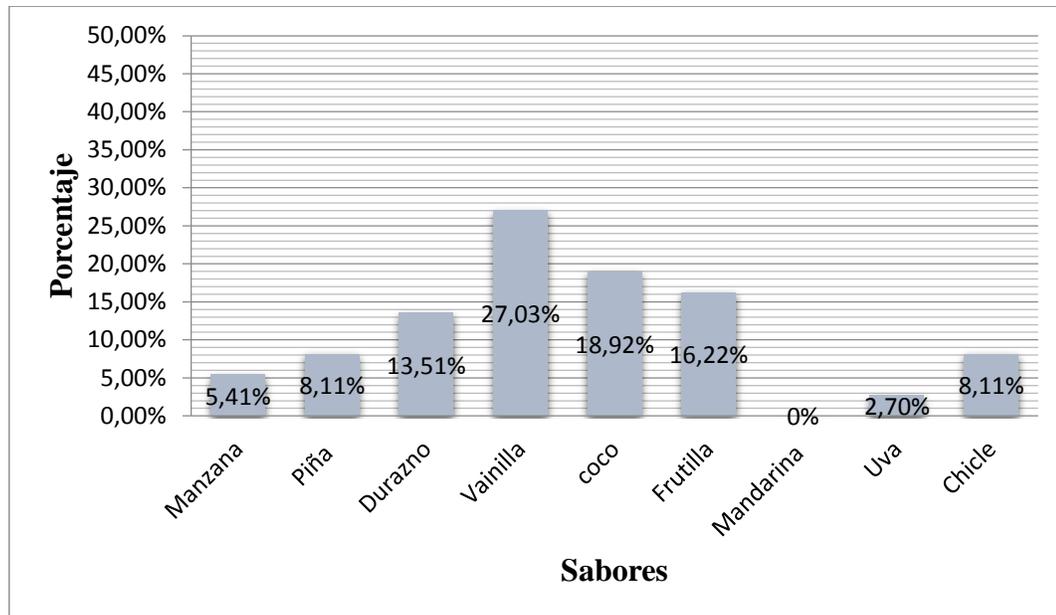
4.3 DETERMINACIÓN DE LA MUESTRA PATRÓN (ENCUESTAS)

Para tener datos más precisos a cerca del yogurt aplanado se hizo una encuesta a 25 jueces no entrenados para determinar la muestra patrón en cuanto al tipo de sabor, color y otros atributos.

4.3.1 DETERMINACIÓN DEL TIPO DE SABOR

La pregunta que se realizó fue: ¿Qué sabor de yogurt aplanado le gustaría más?, los resultados se muestran en la figura 4.6.

Figura 4.6
Determinación de sabor



Fuente: Elaboración propia

Los resultados que se obtuvieron en la encuesta fueron los siguientes:

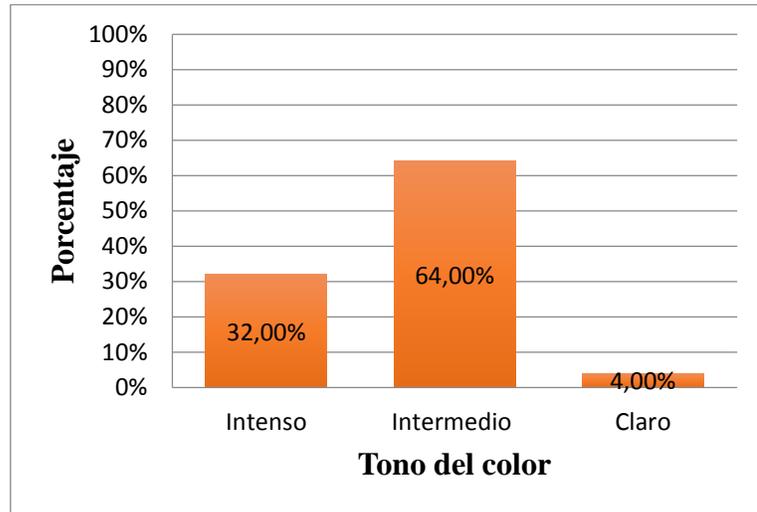
5,41% para manzana, 8,11% para piña, 13,51% para durazno, 27,03% para vainilla, 18,92% para coco, 16,22% para frutilla, 0% para mandarina, 2,70% para uva y 8,11% para chicle.

4.3.2 DETERMINACIÓN DEL COLOR

En la encuesta también se quiso saber el tono de color que a los 25 jueces no entrenados más les atrae, la pregunta fue: En el yogurt aplanado usted prefiere un color:

Los resultados se ven en la figura 4.7

Figura 4.7
Preferencia de color



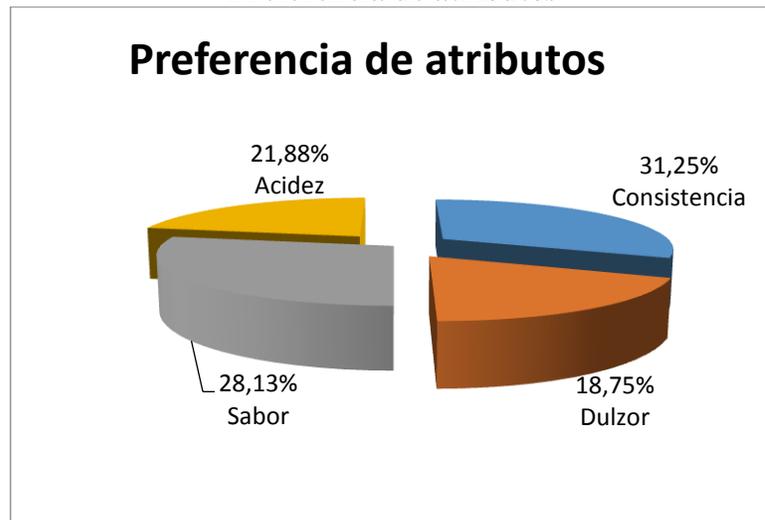
Fuente: Elaboración propia

Los resultados fueron los siguientes: Intenso 32%, intermedio 64% y claro 4%.

4.3.3 PREFERENCIA DE LOS ATRIBUTOS

Para tener referencia en cuanto a los atributos que más les atrae a los jueces no entrenados se les pregunto qué atributos son los que prefieren más y los resultados se muestran en la siguiente figura 4.8.

Figura 4.8
Preferencia de atributos



Fuente: Elaboración propia

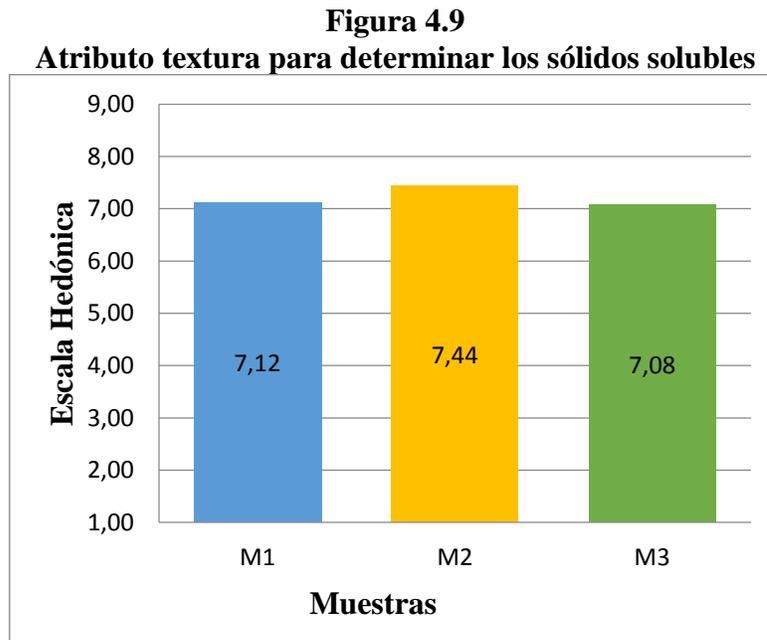
En cuanto a atributos se observa en la figura una mayor preferencia que tienen los encuestados es para el atributo consistencia con un 31,25%, para el sabor con un 28,13%, para la acidez con un 21,88% y para el dulzor con un 18,75%.

4.4 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS SÓLIDOS SOLUBLES REQUERIDOS PARA EL YOGURT AFLANADO

Para encontrar los sólidos para el yogurt aplanado se realizaron tres muestras distintas y se realizó una evaluación sensorial con 25 jueces no entrenados para así elegir la muestra con mayor preferencia.

4.4.1.- EVALUACIÓN SENSORIAL PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS SÓLIDOS SOLUBLES REQUERIDOS PARA EL YOGURT AFLANADO ATRIBUTO TEXTURA

En la figura 4.9 se muestran los resultados promedio de la evaluación sensorial del atributo textura que fueron obtenidos del anexo C de la tabla C.11.



Fuente: Elaboración propia

La calificación promedio obtenida es la siguiente: M1 7,12; M2 7,44 y M3 de 7,08.

4.4.1.1 DETERMINACIÓN DEL CUADRO ANVA PARA ATRIBUTO TEXTURA

En base a los resultados obtenidos se construye la tabla 4.10 para el atributo textura obtenida del anexo (C) de la tabla C.12.

Tabla 4.10
Análisis de varianza (ANVA) para el atributo textura para solidos solubles

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado (Fcal)	Fisher tabulado (Ftab)
Total	97	74			
Muestras (A)	1,9	2	0,97	0,92	4,62
Jueces (B)	43,9	24	1,83	1,73	1,8
Error	50,7	48	1,06		

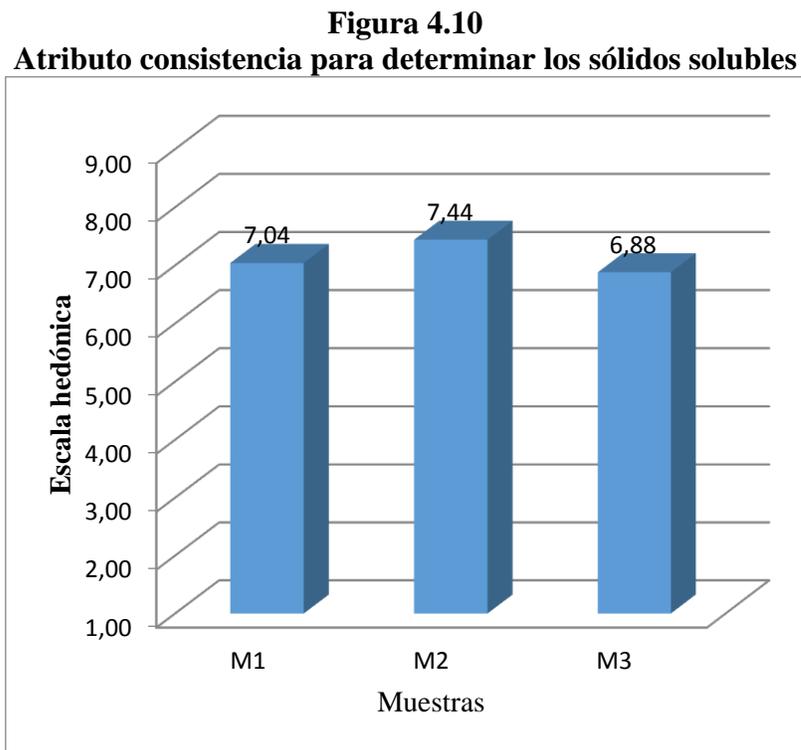
Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla 4.10, $F_{cal} < F_{tab}$ ($0,92 < 4,62$) para las muestras, lo cual no existe evidencia de diferencias significativas entre los valores promedios entre las muestras M1, M2 Y M3 para una $p < 0.01$ por lo cual cualquiera de las muestras puede ser elegida.

Para el caso de los jueces, $F_{cal} < F_{tab}$ ($1,73 < 1,8$). Por tanto, no existe evidencia estadística de diferencias significativas entre los 25 jueces para una $p < 0.01$.

4.4.2.- EVALUACIÓN SENSORIAL PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS SÓLIDOS SOLUBLES REQUERIDOS PARA EL YOGURT AFLANADO ATRIBUTO CONSISTENCIA

En la figura 4.10 se muestran los resultados promedio de la evaluación sensorial del atributo consistencia que fueron obtenidos del anexo C de la tabla C.13.



Fuente: Elaboración propia

La calificación promedio obtenida es la siguiente: M1 7,04; M2 7,44 y M3 de 6,88

4.4.2.1 DETERMINACIÓN DEL CUADRO ANVA PARA ATRIBUTO CONSISTENCIA

En base a los resultados obtenidos se construye la tabla 4.11 para el atributo consistencia extraída del anexo (C) de la tabla C.14.

Tabla 4.11
Análisis de varianza (ANVA) para el atributo consistencia para solidos solubles

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado (Fcal)	Fisher tabulado (Ftab)
Total	102	74			
Muestras (A)	4,2	2	2,10	1,83	4,62
Jueces (B)	42,6	24	1,78	1,54	1,8
Error	55,2	48	1,15		

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla 4.11, $F_{cal} < F_{tab}$ ($1,83 < 4,62$) para las muestras, no existe evidencia de diferencias significativas entre los valores promedios entre las muestras M1, M2 Y M3 para una $p < 0.01$ por lo cual cualquiera de las muestras puede ser elegida.

Para el caso de los jueces, $F_{cal} < F_{tab}$ ($1,54 < 1,8$). Por tanto, no existe evidencia estadística de diferencias significativas entre los 25 jueces para una $p < 0.01$.

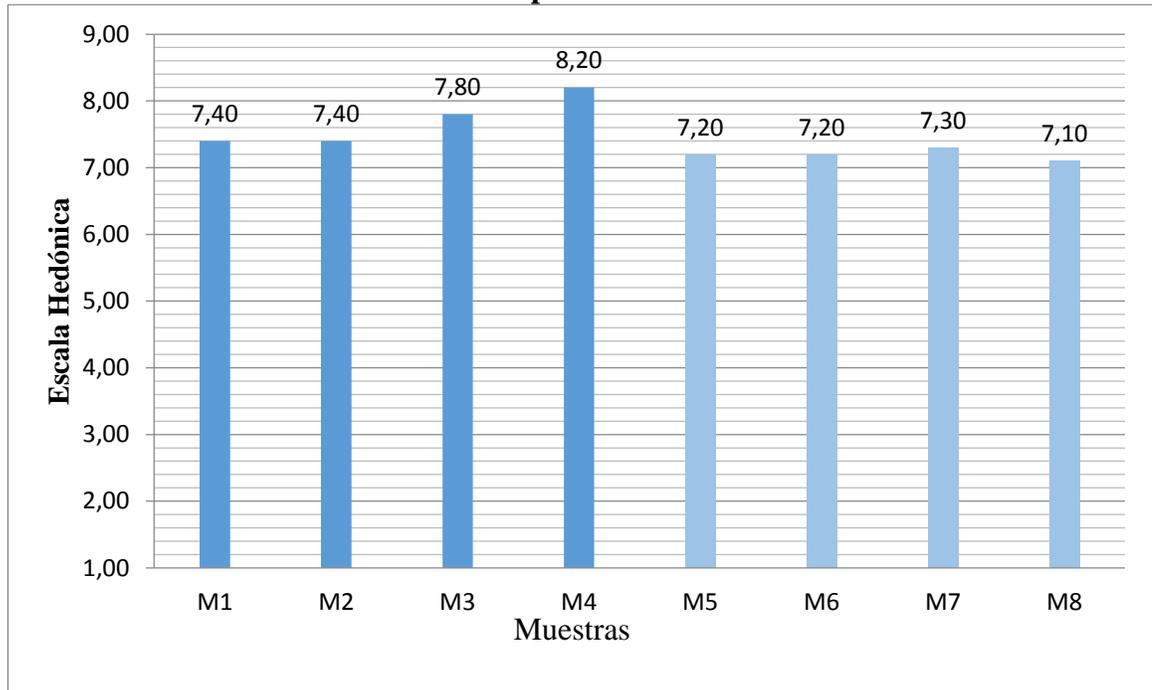
4.5.- EVALUACIÓN SENSORIAL EN LA FERMENTACIÓN DEL YOGUR AFLANADO

Se realizó una evaluación sensorial de los atributos sabor, textura, acidez y consistencia al yogurt aflanado con 20 jueces no entrenados para determinar la cantidad de sólidos, la temperatura ideal y la concentración de cultivo en el proceso de fermentación.

4.5.1 EVALUACIÓN SENSORIAL EN EL PROCESO DE FERMENTACIÓN FINAL PARA DETERMINAR EL ATRIBUTO SABOR

En la figura 4.11 se muestran los resultados promedio de la evaluación sensorial del atributo sabor que fueron sacados de la tabla C.15 extraído del anexo C.

Figura 4.11
Atributo sabor en el proceso de fermentación



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.11 se puede observar la preferencia de los jueces para el atributo sabor que son las siguientes: M1 = 7,4; M2 = 7,4; M3 = 7,8; M4 = 8,2; M5 = 7,2; M6 = 7,2; M7 = 7,3 Y M8 = 7,1.

4.5.1.1 DETERMINACIÓN DEL CUADRO ANVA PARA ATRIBUTO SABOR

En base a los resultados obtenidos se construye la tabla 4.12 para el atributo sabor extraído del anexo (C) de la tabla C.16.

Tabla 4.12
Análisis de varianza (ANVA) para el atributo sabor para el proceso de fermentación

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado (Fcal)	Fisher tabulado (Ftab)
Total	187	159			
Muestras (A)	20	7	2,86	2,77	2,69
Jueces (B)	31	19	1,63	1,58	1,96
Error	137	133	1,03		

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla 4.12, $F_{cal} > F_{tab}$ ($2,77 > 2,69$) para las muestras, lo cual si existe evidencia significativa entre los valores promedios entre las muestras M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7 y M8 para una $p < 0.01$ por tanto esta condición nos indica la evidencia de recurrir a la prueba de Duncan.

Para el caso de los jueces, $F_{cal} < F_{tab}$ ($1,58 < 1,96$). Por tanto, no existe evidencia estadística de diferencias significativas entre los 20 jueces para una $p < 0.01$.

4.5.1.2 PRUEBA DE DUNCAN PARA EL ATRIBUTO SABOR EN EL PROCESO DE FERMENTACIÓN FINAL

En la tabla 4.13 se muestran los resultados del análisis estadístico de la prueba de Duncan que fueron sacados de la tabla C.19 extraídos del anexo (C).

Tabla 4.13

Análisis de los tratamientos en atributo sabor para el proceso de fermentación

Tratamientos	Análisis de los valores	Efectos
M4 - M3	$8,2 - 7,8 = 0,4 < 0,8$	No hay diferencia significativa
M4 - M1	$8,2 - 7,4 = 0,8 < 0,84$	No hay diferencia significativa
M4 - M2	$8,2 - 7,4 = 0,8 < 0,86$	No hay diferencia significativa
M4 - M7	$8,2 - 7,3 = 0,9 > 0,88$	Si hay diferencia significativa
M4 - M5	$8,2 - 7,2 = 1 > 0,89$	Si hay diferencia significativa
M4 - M6	$8,2 - 7,2 = 1 > 0,90$	Si hay diferencia significativa
M4 - M8	$8,2 - 7,1 = 1,1 > 0,91$	Si hay diferencia significativa
M3 - M1	$7,8 - 7,4 = 0,4 < 0,80$	No hay diferencia significativa
M3 - M2	$7,8 - 7,4 = 0,4 < 0,84$	No hay diferencia significativa
M3 - M7	$7,8 - 7,3 = 0,5 < 0,86$	No hay diferencia significativa
M3 - M5	$7,8 - 7,2 = 0,6 < 0,88$	No hay diferencia significativa
M3 - M6	$7,8 - 7,2 = 0,6 < 0,89$	No hay diferencia significativa
M3 - M8	$7,8 - 7,1 = 0,7 < 0,90$	No hay diferencia significativa
M1 - M2	$7,4 - 7,4 = 0 < 0,91$	No hay diferencia significativa
M1 - M7	$7,4 - 7,3 = 0,1 < 0,80$	No hay diferencia significativa
M1 - M5	$7,4 - 7,2 = 0,2 < 0,84$	No hay diferencia significativa
M1 - M6	$7,4 - 7,2 = 0,2 < 0,86$	No hay diferencia significativa
M1 - M8	$7,4 - 7,1 = 0,3 < 0,88$	No hay diferencia significativa
M2 - M7	$7,4 - 7,3 = 0,1 < 0,89$	No hay diferencia significativa
M2 - M5	$7,4 - 7,2 = 0,2 < 0,90$	No hay diferencia significativa
M2 - M6	$7,4 - 7,2 = 0,2 < 0,91$	No hay diferencia significativa
M2 - M8	$7,4 - 7,1 = 0,3 < 0,80$	No hay diferencia significativa
M7 - M5	$7,3 - 7,2 = 0,1 < 0,84$	No hay diferencia significativa
M7 - M6	$7,3 - 7,2 = 0,1 < 0,86$	No hay diferencia significativa
M7 - M8	$7,3 - 7,1 = 0,2 < 0,88$	No hay diferencia significativa
M5 - M6	$7,2 - 7,2 = 0 < 0,89$	No hay diferencia significativa
M5 - M8	$7,2 - 7,1 = 0,1 < 0,90$	No hay diferencia significativa
M6 - M8	$7,2 - 7,1 = 0,1 < 0,91$	No hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

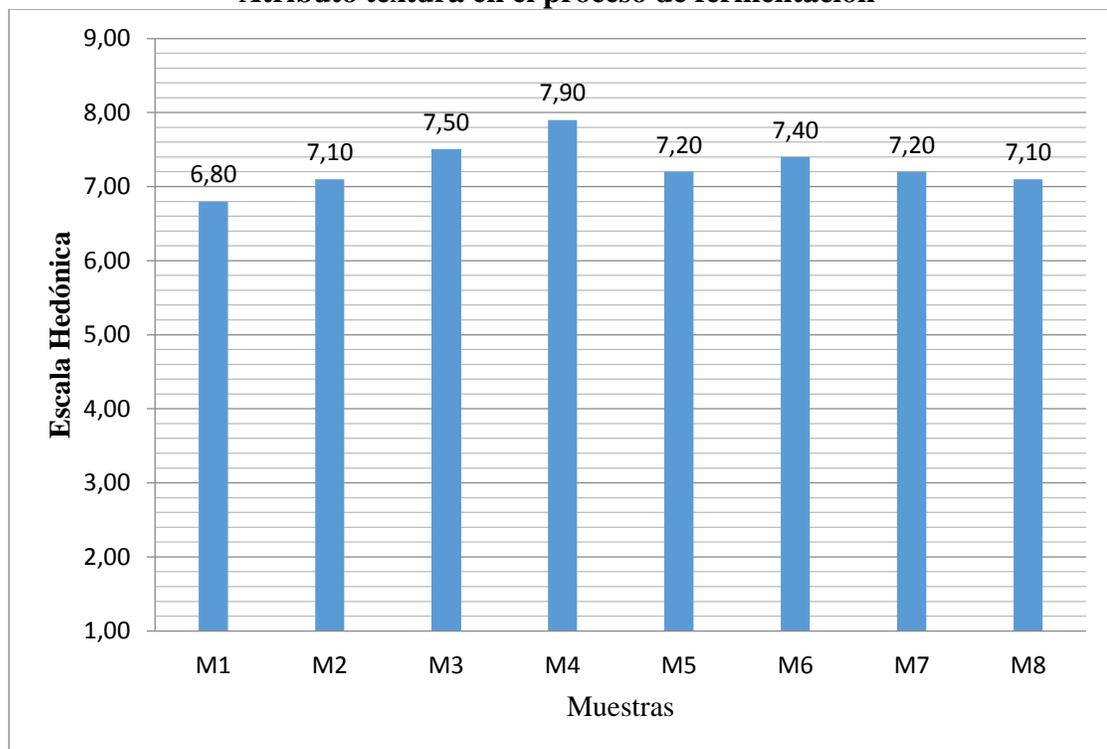
En la tabla 4.13 se observa que existe evidencia significativa entre los tratamientos (M4 - M7, M4 - M5, M4 - M6, M4 - M8) que son significativas en comparación con las muestras (M4 - M3, M4 - M1, M4 - M2, M3 - M1, M3 - M2, M3 - M7, M3 - M5, M3 - M6, M3 - M8, M1 - M2, M1 - M7, M1 - M5, M1 - M6, M1 - M8, M2 - M7, M2

- M5, M2 - M6, M2 - M8, M7 - M5, M7 - M6, M7 - M8, M5 - M6 , M5 - M8, M6 - M8) que no son significativos para un límite de confianza del 99%, pero analizando la muestra con mayor puntaje en la escala hedónica, se tomó la muestra M4 como la mejor opción en cuanto al atributo sabor.

4.5.2 EVALUACIÓN SENSORIAL EN EL PROCESO DE FERMENTACIÓN FINAL PARA DETERMINAR EL ATRIBUTO TEXTURA

En la figura 4.12 se muestran los resultados promedio de la evaluación sensorial del atributo textura que fueron sacados de la tabla C.20 del anexo (C).

Figura 4.12
Atributo textura en el proceso de fermentación



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.12 se puede observar la preferencia de los jueces para el atributo textura que son las siguientes: M1 = 6,8; M2 = 7,1; M3 = 7,5; M4 = 7,9; M5 = 7,2; M6 = 7,4; M7 = 7,2 Y M8 = 7,1.

4.5.2.1 DETERMINACIÓN DEL CUADRO ANVA PARA ATRIBUTO TEXTURA

En la tabla 4.14 se muestra el análisis de varianza del atributo textura en la evaluación sensorial en el proceso de fermentación final con respecto a los resultados extraídos del anexo (C).

Tabla 4.14
Análisis de varianza (ANVA) para el atributo textura para el proceso de fermentación

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado (Fcal)	Fisher tabulado (Ftab)
Total	198	159			
Muestras (A)	15	7	2,1	2,04	2,69
Jueces (B)	36	19	1,89	1,80	1,96
Error	147	133	1,1		

Fuente: Elaboración propia

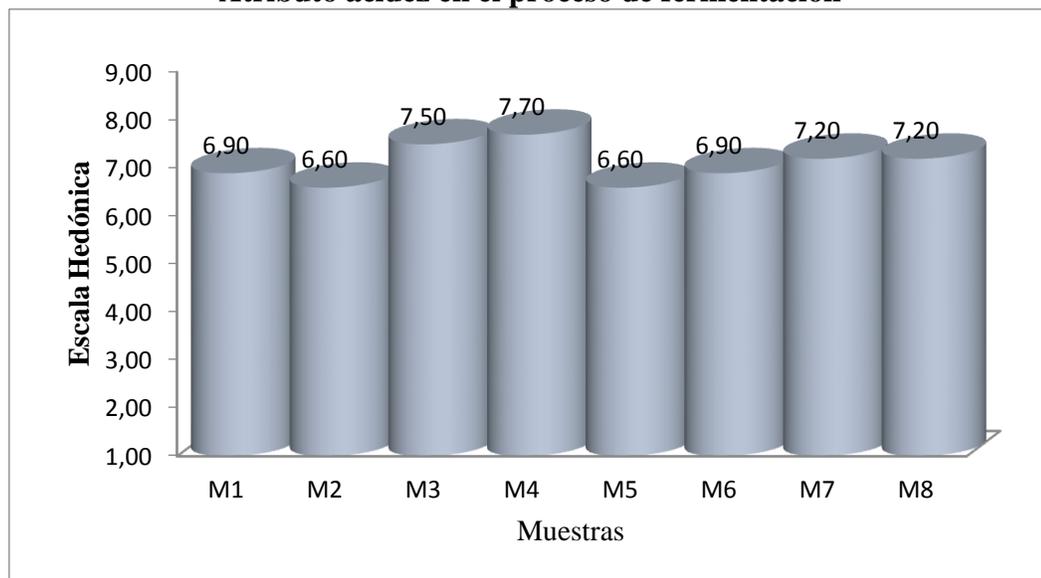
Se puede observar que en la tabla 4.14 $F_{cal} < F_{tab}$ ($2,04 < 2,69$) para los tratamientos (muestras), lo cual no existe evidencia estadística de diferencias significativas entre los valores promedios entre las muestras M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7 Y M8 para una probabilidad del 99% por tanto no existe evidencia significativa entre los 20 jueces.

Para el caso de los jueces, $F_{cal} < F_{tab}$ ($1,80 < 1,96$) por tanto no existe evidencia de diferencias significativas.

4.5.3 EVALUACIÓN SENSORIAL EN EL PROCESO DE FERMENTACIÓN FINAL PARA DETERMINAR EL ATRIBUTO ACIDEZ

En la figura 4.13 se muestran los resultados promedio de la evaluación sensorial del atributo acidez que fueron obtenidos de la tabla C.22 extraídos del anexo (C).

Figura 13
Atributo acidez en el proceso de fermentación



Fuente: Elaboración propia

En la figura 13 se puede observar la preferencia de los jueces para el atributo acidez que son las siguientes: M1 = 6,9; M2 = 6,6; M3 = 7,5; M4 = 7,7; M5 = 6,6; M6 = 6,9; M7 = 7,2 Y M8 = 7,2.

4.5.3.1 DETERMINACIÓN DEL CUADRO ANVA PARA ATRIBUTO ACIDEZ

En la tabla 4.15 se muestra el análisis de varianza del atributo acidez en la evaluación sensorial en el proceso de fermentación final con respecto a los resultados extraídos del anexo (C) de la tabla C.23.

Tabla 4.15
Análisis de varianza (ANVA) para el atributo acidez para el proceso de fermentación

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado (Fcal)	Fisher tabulado (Ftab)
Total	238	159			
Muestras (A)	22	7	3,1	2,92	2,69
Jueces (B)	73	19	3,8	3,57	1,96
Error	143	133	1,1		

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla 4.15, $F_{cal} > F_{tab}$ ($2,92 > 2,69$) para las muestras, lo cual si existe evidencia de diferencias significativas entre los valores promedios entre las muestras M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7 y M8 para una $p < 0.01$, por tanto esta condición nos indica la evidencia de recurrir a la prueba de Duncan.

Para el caso de los jueces, $F_{cal} > F_{tab}$ ($3,57 > 1,96$). Por tanto, si existe evidencia estadística de diferencias significativas entre los 20 jueces para una $p < 0.01$.

4.5.3.2 PRUEBA DE DUNCAN PARA EL ATRIBUTO ACIDEZ EN EL PROCESO DE FERMENTACIÓN FINAL

En la tabla 4.16 se muestran los resultados de los análisis estadísticos de la prueba de Duncan extraídos del anexo (C).

Tabla 4.16
Análisis de los tratamientos en atributo acidez para el proceso de fermentación

Tratamientos	Análisis de los valores	Efectos
M4 - M3	$7,7 - 7,5 = 0,2 < 0,80$	No hay diferencia significativa
M4 - M7	$7,7 - 7,2 = 0,5 < 0,84$	No hay diferencia significativa
M4 - M8	$7,7 - 7,2 = 0,5 < 0,86$	No hay diferencia significativa
M4 - M1	$7,7 - 6,9 = 0,8 < 0,88$	No hay diferencia significativa
M4 - M6	$7,7 - 6,9 = 0,8 < 0,89$	No hay diferencia significativa
M4 - M2	$7,7 - 6,6 = 1,1 > 0,90$	Si hay diferencia significativa
M4 - M5	$7,7 - 6,6 = 1,1 > 0,91$	Si hay diferencia significativa
M3 - M7	$7,5 - 7,2 = 0,3 < 0,80$	No hay diferencia significativa
M3 - M8	$7,5 - 7,2 = 0,3 < 0,84$	No hay diferencia significativa
M3 - M1	$7,5 - 6,9 = 0,6 < 0,86$	No hay diferencia significativa
M3 - M6	$7,5 - 6,9 = 0,6 < 0,88$	No hay diferencia significativa
M3 - M2	$7,5 - 6,6 = 0,9 > 0,89$	Si hay diferencia significativa
M3 - M5	$7,5 - 6,6 = 0,9 = 0,90$	No hay diferencia significativa
M7 - M8	$7,2 - 7,2 = 0 < 0,91$	No hay diferencia significativa
M7 - M1	$7,2 - 6,9 = 0,3 < 0,80$	No hay diferencia significativa
M7 - M6	$7,2 - 6,9 = 0,3 < 0,84$	No hay diferencia significativa
M7 - M2	$7,2 - 6,6 = 0,6 < 0,86$	No hay diferencia significativa
M7 - M5	$7,2 - 6,6 = 0,6 < 0,88$	No hay diferencia significativa
M8 - M1	$7,2 - 6,9 = 0,3 < 0,89$	No hay diferencia significativa
M8 - M6	$7,2 - 6,9 = 0,3 < 0,90$	No hay diferencia significativa
M8 - M2	$7,2 - 6,6 = 0,6 < 0,91$	No hay diferencia significativa
M8 - M5	$7,2 - 6,6 = 0,6 < 0,80$	No hay diferencia significativa
M1 - M6	$6,9 - 6,9 = 0 < 0,84$	No hay diferencia significativa
M1 - M2	$6,9 - 6,6 = 0,3 < 0,86$	No hay diferencia significativa
M1 - M5	$6,9 - 6,6 = 0,3 < 0,88$	No hay diferencia significativa
M6 - M2	$6,9 - 6,6 = 0,3 < 0,89$	No hay diferencia significativa
M6 - M5	$6,9 - 6,6 = 0,3 < 0,90$	No hay diferencia significativa
M2 - M5	$6,6 - 6,6 = 0 < 0,91$	No hay diferencia significativa

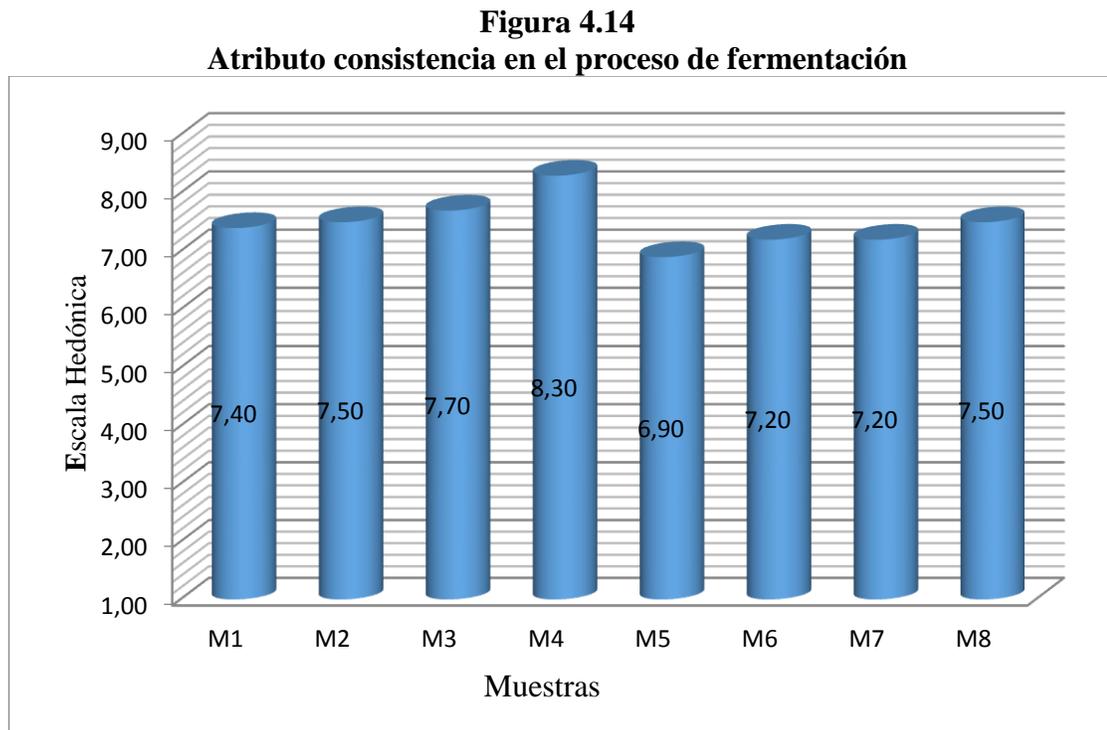
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.16 se observa que existe evidencia significativa entre los tratamientos (M4 - M2, M4 - M5, M3 - M2) que son significativas en comparación con las muestras (M4 - M3, M4 - M7, M4 - M8, M4 - M1, M4 - M6, M3 - M7, M3 - M8, M3 - M1, M3 - M6, M3 - M5, M7 - M8, M7 - M1, M7 - M6, M7 - M2, M7 - M5, M8 - M1, M8 - M6, M8 - M2,

M8 - M5, M1 - M6, M1 - M2, M1 - M5, M6 - M2, M6 - M5, M2 - M 5) que no son significativos para un límite de confianza del 99%, pero analizando la muestra con mayor puntaje en la escala hedónica, se tomó la muestra M4 como la mejor opción en cuanto al atributo acidez.

4.5.4 EVALUACIÓN SENSORIAL EN EL PROCESO DE FERMENTACIÓN FINAL PARA DETERMINAR EL ATRIBUTO CONSISTENCIA

En la figura 4.14 se muestran los resultados promedio de la evaluación sensorial del atributo acidez que fueron obtenidos de la tabla C.27 extraídos del anexo C.



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.14 se puede observar que la muestra M4 = 8,3 obtiene un mayor puntaje promedio en cuanto a consistencia, y luego están las demás con un puntaje de M3 = 7,7; M2 = 7,5; M8 = 7,5; M1 = 7,4; M6 = 7,2; M7 = 7,2 Y M5 = 6,9.

4.5.4.1 DETERMINACIÓN DEL CUADRO ANVA PARA ATRIBUTO CONSISTENCIA

En la tabla 4.17 se muestra el análisis de varianza del atributo consistencia en la evaluación sensorial en el proceso de fermentación final con respecto a los resultados extraídos del anexo (C) de la tabla C.28

Tabla 4.17
Análisis de varianza (ANVA) para el atributo consistencia para el proceso de fermentación

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado (Fcal)	Fisher tabulado (Ftab)
Total	193	159			
Muestras (A)	24	7	3,4	3,21	2,69
Jueces (B)	27	19	1,4	1,33	1,96
Error	142	133	1,1		

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla 4.17, $F_{cal} > F_{tab}$ ($3,21 > 2,69$) para las muestras, lo cual si existe evidencia de diferencias significativas entre los valores promedios entre las muestras M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7 y M8 para una $p < 0.01$ por tanto esta condición nos indica la evidencia de recurrir a la prueba de Duncan.

Para el caso de los jueces, $F_{cal} > F_{tab}$ ($1,33 < 1,96$). Por tanto, no existe evidencia estadística de diferencias significativas entre los 20 jueces para una $p < 0.01$.

4.5.4.2 PRUEBA DE DUNCAN PARA EL ATRIBUTO CONSISTENCIA EN EL PROCESO DE FERMENTACIÓN FINAL

En la tabla 4.18 se muestran los resultados de los análisis estadísticos de la prueba de Duncan extraídos del anexo (C).

Tabla 4.18
Análisis de los tratamientos en el atributo consistencia para el proceso de fermentación

Tratamientos	Análisis de los valores	Efectos
M4 - M3	$8,3 - 7,7 = 0,6 < 0,80$	No hay diferencia significativa
M4 - M2	$8,3 - 7,5 = 0,8 < 0,84$	No hay diferencia significativa
M4 - M8	$8,3 - 7,5 = 0,8 < 0,86$	No hay diferencia significativa
M4 - M1	$8,3 - 7,4 = 0,9 > 0,88$	Si hay diferencia significativa
M4 - M6	$8,3 - 7,2 = 1,1 > 0,89$	Si hay diferencia significativa
M4 - M7	$8,3 - 7,2 = 1,1 > 0,90$	Si hay diferencia significativa
M4 - M5	$8,3 - 6,9 = 1,4 > 0,91$	Si hay diferencia significativa
M3 - M2	$7,7 - 7,5 = 0,2 < 0,80$	No hay diferencia significativa
M3 - M8	$7,7 - 7,5 = 0,2 < 0,84$	No hay diferencia significativa
M3 - M1	$7,7 - 7,4 = 0,3 < 0,86$	No hay diferencia significativa
M3 - M6	$7,7 - 7,2 = 0,5 < 0,88$	No hay diferencia significativa
M3 - M7	$7,7 - 7,2 = 0,5 < 0,89$	No hay diferencia significativa
M3 - M5	$7,7 - 6,9 = 0,8 < 0,90$	No hay diferencia significativa
M2 - M8	$7,5 - 7,5 = 0 < 0,91$	No hay diferencia significativa
M2 - M1	$7,5 - 7,4 = 0,1 < 0,80$	No hay diferencia significativa
M2 - M6	$7,5 - 7,2 = 0,3 < 0,84$	No hay diferencia significativa
M2 - M7	$7,5 - 7,2 = 0,3 < 0,86$	No hay diferencia significativa
M2 - M5	$7,5 - 6,9 = 0,6 < 0,88$	No hay diferencia significativa
M8 - M1	$7,5 - 7,4 = 0,1 < 0,89$	No hay diferencia significativa
M8 - M6	$7,5 - 7,2 = 0,3 < 0,90$	No hay diferencia significativa
M8 - M7	$7,5 - 7,2 = 0,3 < 0,91$	No hay diferencia significativa
M8 - M5	$7,5 - 6,9 = 0,6 < 0,80$	No hay diferencia significativa
M1 - M6	$7,4 - 7,2 = 0,2 < 0,84$	No hay diferencia significativa
M1 - M7	$7,4 - 7,2 = 0,2 < 0,86$	No hay diferencia significativa
M1 - M5	$7,4 - 6,9 = 0,5 < 0,88$	No hay diferencia significativa
M6 - M7	$7,2 - 7,2 = 0 < 0,89$	No hay diferencia significativa
M6 - M5	$7,2 - 6,9 = 0,3 < 0,90$	No hay diferencia significativa
M7 - M5	$7,2 - 6,9 = 0,3 < 0,91$	No hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.18 se observa que existe evidencia significativa entre los tratamientos (M4 – M1, M4 – M6, M4 – M7 y M4 - M5) que son significativas en comparación con las muestras (M4 - M3, M4 – M2, M4 - M8, M3– M2, M3– M8, M3 – M1, M3 – M6, M3 –

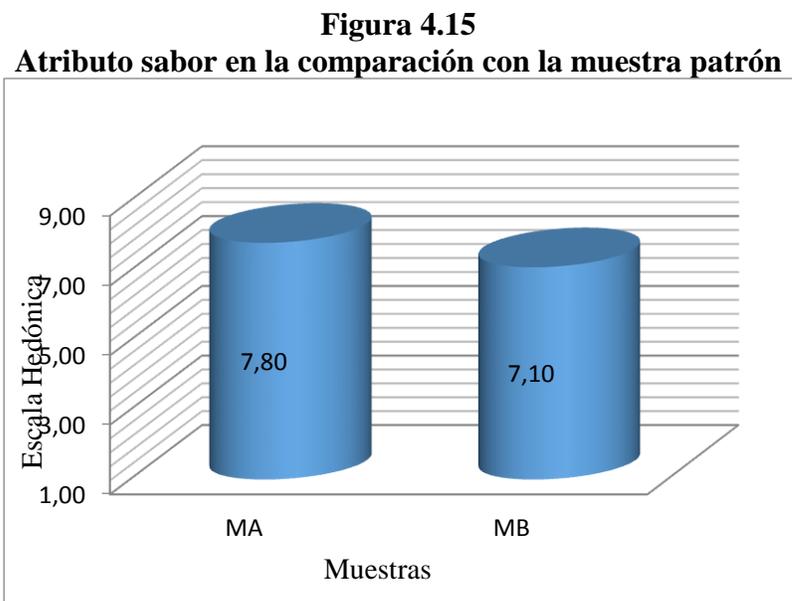
M7, M3 – M5, M2 – M8, M2 – M1, M2 – M6, M2– M7, M2 – M5, M8– M1, M8– M6, M8– M7, M8– M5, M1–M6, M1 – M7, M1 – M5, M6– M7, M6 – M5, M7 - M5) que no son significativos para un límite de confianza del 99, pero analizando la muestra con mayor puntaje en la escala hedónica, se tomó la muestra M4 como la mejor opción en cuanto al atributo consistencia.

4.6. EVALUACIÓN SENSORIAL PARA COMPARAR EL PRODUCTO ELABORADO CON LA MUESTRA PATRÓN

Se realizó una evaluación sensorial de los atributos sabor, textura, acidez y consistencia al yogurt aflanado elaborado en comparación con la muestra patrón con 15 jueces no entrenados que calificaran los atributos sabor, acidez, textura y consistencia, donde MA = Muestra patrón y MB = Producto elaborado.

4.6.1 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA COMPARAR EL PRODUCTO ELABORADO CON LA MUESTRA PATRON EL ATRIBUTO SABOR

En la figura 4.15 se muestran los resultados promedio de la evaluación sensorial del atributo sabor que fueron sacados de la tabla C.32 extraídos del anexo (C).



Fuente: Elaboración propia

En la figura se observa que la muestra MA = 7,8 obtiene un mayor puntaje en comparación a la muestra MB = 7,1, en la escala hedónica.

4.6.1.1 DETERMINACIÓN DEL CUADRO ANVA PARA ATRIBUTO SABOR

En la tabla 4.19 se muestra el análisis de varianza del atributo sabor en la evaluación sensorial en el proceso de fermentación final con respecto a los resultados extraídos del anexo (C) de la tabla C.33

Tabla 4.19

Análisis de varianza (ANVA) para el atributo sabor para comparar el producto

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado (Fcal)	Fisher tabulado (Ftab)
Total	27	29			
Muestras (A)	3,3	1	3,30	3,95	8,86
Jueces (B)	12,5	14	0,89	1,07	3,71
Error	11,7	14	0,84		

Fuente: Elaboración propia

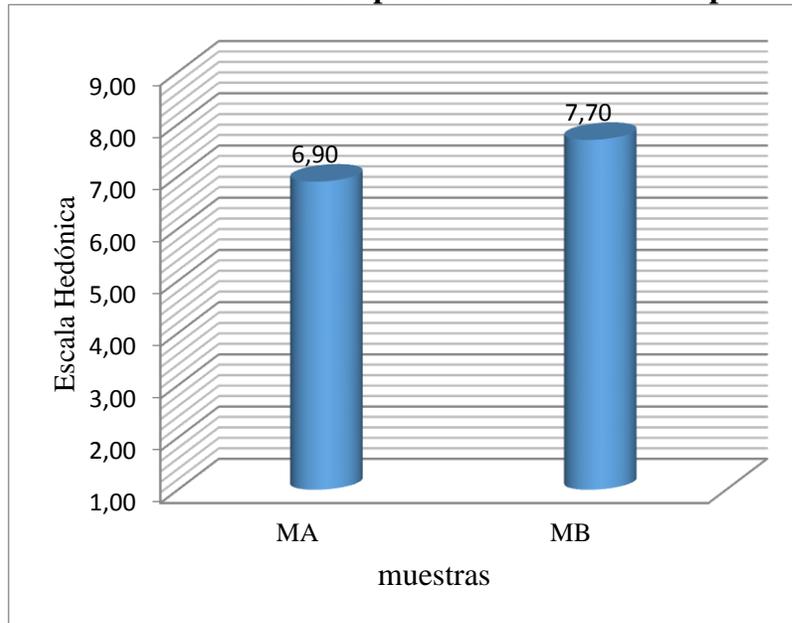
Se puede observar que en la tabla 4.19 $F_{cal} < F_{tab}$ ($3,95 < 8,86$) para los tratamientos (muestras), lo cual no existe evidencia de diferencias significativas entre los valores promedios de las muestras MA Y MB para una probabilidad del 99% por tanto no existe evidencia significativa entre los 15 jueces.

Para el caso de los jueces, $F_{cal} < F_{tab}$ ($1,07 < 3,71$) por tanto no existe evidencia de diferencias significativas.

4.6.2 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA COMPARAR EL ATRIBUTO TEXTURA DEL PRODUCTO ELABORADO CON LA MUESTRA PATRON

En la figura 4.16 se muestran los resultados promedio de la evaluación sensorial del atributo textura que fueron sacados de la tabla C.34 extraídos del anexo C.

Figura 4.16
Atributo textura en la comparación con la muestra patrón



Fuente: Elaboración propia

En la figura se observa que la muestra MB = 7,7 obtiene un mayor puntaje en comparación a la muestra MA = 6,9, en la escala hedónica.

4.6.2.1 DETERMINACIÓN DEL CUADRO ANVA PARA ATRIBUTO TEXTURA

En la tabla 4.20 se muestra el análisis de varianza del atributo textura en la evaluación sensorial en el proceso de fermentación final con respecto a los resultados extraídos del anexo (C) de la tabla C.35.

Tabla 4.20
Análisis de varianza (ANVA) para el atributo textura para comparar el producto

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado (Fcal)	Fisher tabulado (Ftab)
Total	32	29			
Muestras (A)	4	1	4,00	4,15	8,86
Jueces (B)	14,8	14	1,06	1,10	3,71
Error	13,5	14	0,96		

Fuente: Elaboración propia

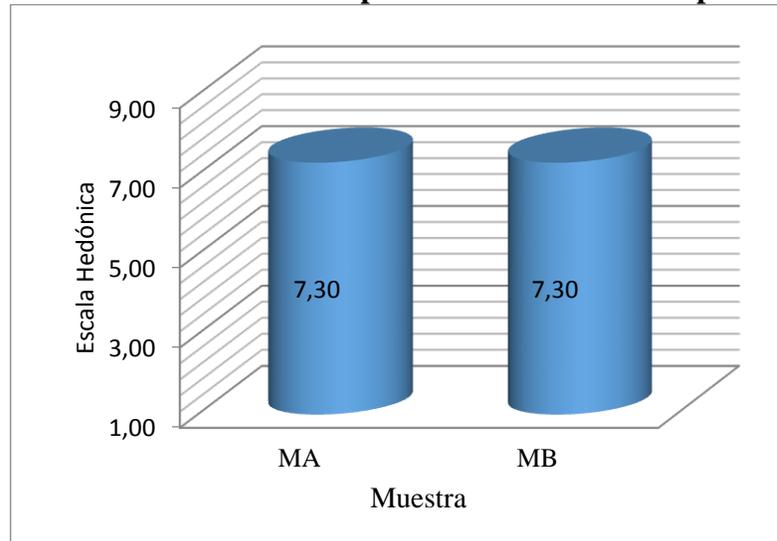
Se puede observar que en la tabla 4.20 $F_{cal} < F_{tab}$ ($4,15 < 8,86$) para los tratamientos (muestras), lo cual no existe evidencia estadística entre los valores promedios entre las muestras MA y MB para una probabilidad del 99%, por tanto no existe evidencia de diferencias significativas entre los 15 jueces.

Para el caso de los jueces, $F_{cal} < F_{tab}$ ($1,10 < 3,71$) por tanto no existe evidencia de diferencias significativas.

4.6.3 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA COMPARAR EL ATRIBUTO ACIDEZ DEL PRODUCTO ELABORADO CON LA MUESTRA PATRÓN

En la figura 4.17 se muestran los resultados promedio de la evaluación sensorial del atributo acidez que fueron sacados de la tabla C.36 extraídos del anexo (C).

Figura 4.17
Atributo acidez en la comparación con la muestra patrón



Fuente: Elaboración propia

En la figura se observa que la muestra MA = 7,3 obtiene un puntaje igual con la muestra MB = 7,3, en la escala hedónica.

4.6.3.1 DETERMINACIÓN DEL CUADRO ANVA PARA ATRIBUTO ACIDEZ

En la tabla 4.21 se muestra el análisis de varianza del atributo acidez en la evaluación sensorial en el proceso de fermentación final con respecto a los resultados extraídos del anexo (C) de la tabla C.37.

Tabla 4.21
Análisis de varianza (ANVA) para el atributo acidez para comparar el producto

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado (Fcal)	Fisher tabulado (Ftab)
Total	32	29			
Muestras (A)	0	1	0,00	0,00	8,86
Jueces (B)	23,8	14	1,70	2,80	3,71
Error	8,5	14	0,61		

Fuente: Elaboración propia

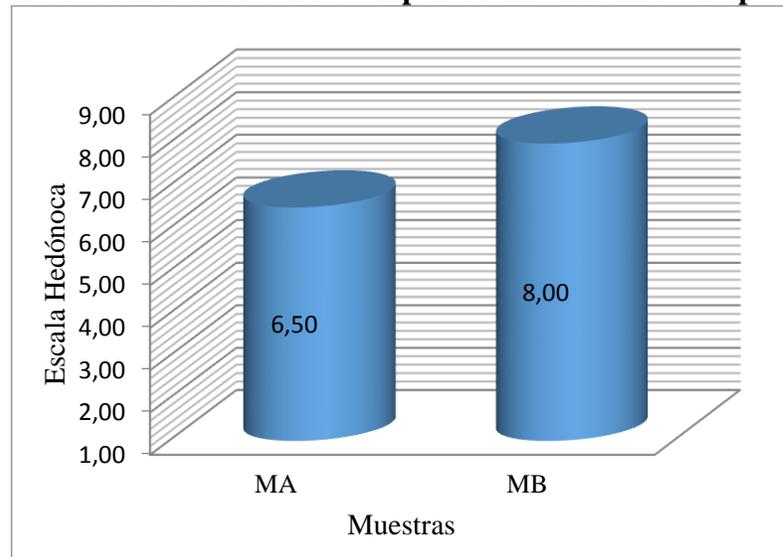
Se puede observar que en la tabla 4.21 $F_{cal} < F_{tab}$ ($0,00 < 8,86$) para los tratamientos (muestras), lo cual no existe evidencia estadística entre los valores promedios entre las muestras MA Y MB para una probabilidad del 99% por tanto no existe evidencia significativa entre los 15 jueces.

Para el caso de los jueces, $F_{cal} < F_{tab}$ ($2,80 < 3,71$) por tanto no existe evidencia de diferencias significativas.

4.6.4 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA COMPARAR EL ATRIBUTO CONSISTENCIA DEL PRODUCTO ELABORADO CON LA MUESTRA PATRÓN

En la figura 4.18 se muestran los resultados promedio de la evaluación sensorial del atributo consistencia que fueron sacados de la tabla C.38 extraídos del anexo (C).

Figura 4.18
Atributo consistencia en la comparación con la muestra patrón



Fuente: Elaboración propia

En la figura se observa que la muestra MB = 8,0 obtiene un puntaje mayor en comparación con la muestra MA = 6,5, en la escala hedónica.

4.6.4.1 DETERMINACIÓN DEL CUADRO ANVA PARA ATRIBUTO CONSISTENCIA

En la tabla 4.22 se muestra el análisis de varianza del atributo consistencia en la evaluación sensorial en el proceso de fermentación final con respecto a los resultados extraídos del anexo (C) de la tabla C.39

Tabla 4.22
Análisis de varianza (ANVA) para el atributo consistencia para comparar el producto

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado (Fcal)	Fisher tabulado (Ftab)
Total	56	29			
Muestras (A)	16,1	1	16,10	17,47	8,86
Jueces (B)	26,9	14	1,92	2,09	3,71
Error	12,9	14	0,92		

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla 4.22, $F_{cal} > F_{tab}$ ($17,47 > 8,86$) para las muestras, lo cual indica que si existe diferencias significativa entre los valores promedios entre las muestras MA y MB para una $p < 0.01$ por tanto esta condición nos indica la evidencia de recurrir a la prueba de Duncan.

Para el caso de los jueces, $F_{cal} > F_{tab}$ ($2,09 < 3,71$). Por tanto, si existe evidencia de diferencias significativas entre los 15 jueces para una $p < 0.01$.

4.6.4.2 PRUEBA DE DUNCAN PARA EL ATRIBUTO CONSISTENCIA EN EL PROCESO DE FERMENTACIÓN FINAL

En la tabla 4.23 se muestran los resultados del análisis estadístico de la prueba de Duncan extraído del anexo (C).

Tabla 4.23
Análisis de los tratamientos en el atributo consistencia en fermentación final

Tratamientos	Análisis de los valores	Efectos
MB - MA	$8 - 6,5 = 1,5 < 4,04$	no hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

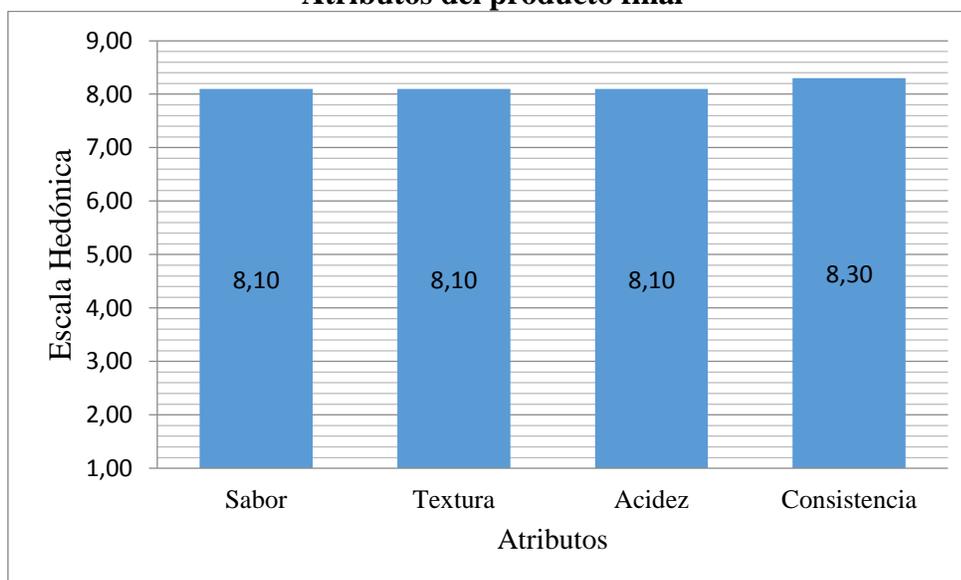
En la tabla 4.23 se observa que no existe evidencia estadística entre los tratamientos MB – MA pero analizando la preferencia de los jueces se toma la de mayor puntaje que la muestra MB.

4.7 EVALUACIÓN SENSORIAL EN EL PRODUCTO FINAL

Para la realización de esta evaluación sensorial del producto final enriquecido con chíá se efectuó con 15 jueces no entrenados para analizar sus atributos como el sabor, textura, acidez y consistencia.

En la figura 4.19 se muestran los resultados promedio de la evaluación sensorial de los distintos atributos que fueron obtenidos de la tabla C.42 extraídos del anexo (C).

Figura 4.19
Atributos del producto final



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.19 se puede apreciar la puntuación de los distintos atributos como la del sabor con una puntuación promedio de 8,1; textura 8,1; acidez 8,1 y consistencia 8,3.

4.7.1 DETERMINACIÓN DEL CUADRO ANVA PARA LOS ATRIBUTOS

En la tabla 4.24 se muestra el análisis de varianza para los atributos en la evaluación sensorial en el proceso de fermentación final con respecto a los resultados extraídos del anexo (C) de la tabla C.43

Tabla 4.24
Análisis de varianza (ANVA) para los atributos en el producto final

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado (Fcal)	Fisher tabulado (Ftab)
Total	21,7	59			
Muestras (A)	0,7	3	0,23	0,65	4,29
Jueces (B)	5,9	14	0,42	1,18	2,54
Error	15	42	0,36		

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que en la tabla 4.24 $F_{cal} < F_{tab}$ ($0,65 < 4,29$) para los tratamientos (muestras), lo de los atributos sabor textura acidez y consistencia lo cual demuestra que no existe evidencia estadística entre los valores promedios 99% por tanto no existe evidencia de diferencias significativas entre los 15 jueces.

Para el caso de los jueces, $F_{cal} < F_{tab}$ ($1,18 < 2,54$) por tanto no existe evidencia de diferencias significativas.

4.8.- DISEÑO EXPERIMENTAL PARA DETERMINAR LAS VARIABLES DEL PROCESO DE FERMENTACIÓN

En el diseño experimental se pretende determinar las variables (sólidos totales, temperatura y cultivo lácteo) para el proceso de fermentación, se tomó en cuenta la tabla 3.8 para los niveles de variación y la tabla 3.9 para el diseño experimental. En cuanto a la variable respuesta se tomó en cuenta la acidez en °Dornic. Los datos obtenidos se muestran en la tabla 4.25.

Tabla 4.25
Diseño experimental en el proceso de fermentación

Corridas	LP	T	CL	Replica Y ₁	Replica Y ₂	Y _i
1	50	43	0,05	73	70	143
LP	60	43	0,05	74	71	145
T	50	45	0,05	75	76	151
CL	60	45	0,05	75	73	148
LPT	50	43	0,5	77	76	153
LPCL	60	43	0,5	75	72	147
TCL	50	45	0,5	79	81	160
LPTCL	60	45	0,5	82	79	161

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

LP = Leche en polvo

T = Temperatura

CL = Cultivo lácteo

LPT = Interacción (leche en polvo – temperatura)

LPCL= Interacción (leche en polvo – cultivo lácteo)

TCL = Interacción (temperatura – cultivo lácteo)

LPTCL = Interacción (leche en polvo- temperatura – cultivo lácteo)

Con los resultados obtenidos de la tabla 4.25 se procede a construir la tabla 4.26 de análisis de varianza para las variables del proceso de fermentación para la acidez de un diseño experimental de 2^3 extraídos del anexo (D).

Tabla 4.26
Análisis de varianza para las variables del proceso de fermentación

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Fisher calculado	Fisher tabulado	Influencia
(FV)	(SC)	(GL)	(CM)	(Fcal)	(Ftab)	
Total (1)	178,0	15				
Factor LP	2,25	1	2,25	0,7826	5,32	No
Factor T	64,0	1	64,0	22,2609	5,32	Si
Factor CL	0,25	1	0,25	0,0870	5,32	No
Interacción LPT	72,25	1	72,25	25,1304	5,32	Si
Interacción LPCL	1,0	1	1,0	0,3478	5,32	No
Interacción TCL	6,25	1	6,25	2,1739	5,32	No
Interacción LPTCL	9,0	1	9,0	3,1304	5,32	No
Error	23,0	8	2,875			

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla de ANVA, el factor temperatura (T) es una variable muy significativa ya que influye directamente en el proceso de fermentación del producto y la interacción LPT que es muy significativa, mientras no son significativas el factor leche en polvo (LP), el factor cultivo (CL), la interacción (LPCL), la interacción (TCL) y la interacción (LPTCL) para un límite de confianza del 95%.

4.9.- CONTROL DE pH DEL YOGURT DURANTE SU ALMACENAMIENTO

Para saber el tiempo de vida útil del producto se procedió a realizar el control de pH por un tiempo de 15 días ya que en este tiempo tiene de vida útil la muestra patrón.

También se analizó sus características organolépticas, en la cual el producto está almacenado a una temperatura de 6°C que se realizó en el CEANID.

En el cuadro 4.1 se muestra los resultados obtenidos en un tiempo de 15 días.

Cuadro 4.1
Valores del pH del yogurt aplanado enriquecido con chía

Días	pH
1	4,7
2	4,7
3	4,7
4	4,65
5	4,63
6	4,61
7	4,6
8	4,57
9	4,55
10	4,55
11	4,55
12	4,55
13	4,53
14	4,53
15	4,51

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.1 los tres primeros días el pH se mantuvo en 4,70; para el cuarto día el pH bajo a 4,65; en el quinto día bajo a 4,63; para el sexto día el pH bajo hasta 4,6; en el séptimo y octavo día fue de 4,60 y 4,57; ya a partir del noveno hasta el doceavo el pH se mantuvo en 4,55; para el 13,14 y 15 día el valor del pH fue de 4,53, 4,53 y 4,51. Se pudo constatar que el tiempo de vida útil del producto fue de 15 días tomando en cuenta según norma boliviana el pH mínimo aceptable de un yogurt es 4 pero analizando principalmente sus características

organolépticas del yogurt el tiempo de vida útil del yogurt a un pH de 4,51 es de 15 días ya que en este tiempo el yogurt adquiere un sabor extraño.

4.10.- CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DEL PRODUCTO FINAL

Los análisis se realizaron en dos laboratorios y estos se detallan continuación:

- En el Centro Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID), se hizo el análisis de minerales.
- Mientras en el laboratorio RIMH se realizó el análisis microbiológico y fisicoquímico del producto final.

En la tabla 4.27 se detallan los resultados fisicoquímicos del producto final

Tabla 4.27
Análisis fisicoquímico y microbiológico del producto final

Detalle	Unidad	Resultados
Calcio total	mg/Kg	1603
Hierro total	mg/Kg	8,99
Proteína total	%	8,20
Materia Grasa	%	17,24
Humedad	%	71,52
Hidratos de carbono	%	67,55
Cenizas	%	3,21
pH	----	4,70
Valor energético	Kcal/100g	458,18
Bacterias aerobias mesofilas	UFC/g	1,20E+02
Coliformes fecales y totales	NMP/g	0,00E+00
Mohos	UFC/g	1,00E+01
Levaduras	UFC/g	2,00E+03
Escherichiacoli	NMP/g	0,00E+00

Fuente: CEANID, 2014. RMIH, 2014

Los análisis fisicoquímicos del producto final fueron adquiridos de laboratorio RIMH y el CEANID, estos son los siguientes: Calcio total 1603 mg/Kg, Hierro total 8,99 mg/Kg, Proteína total 8,20%, Materia Grasa 17,24%, Humedad 71,52 %, Hidratos de carbono 67,55%, Cenizas 3,21%, pH 4,70, Valor energético 458,18 Kcal/100g, Bacterias aerobias mesofilas 1,20E+02 UFC/g, Coliformes fecales 0,00E+00 NMP/g, Coliformes totales 0,00E+00 NMP/g, Escherichiacoli 0,00E+00 NMP/g, Mohos 1,00E+01 UFC/g y Levaduras 2,00E+03 UFC/g.

4.10.1.- RANGOS MICROBIOLÓGICOS ACEPTABLES DEL YOGURT

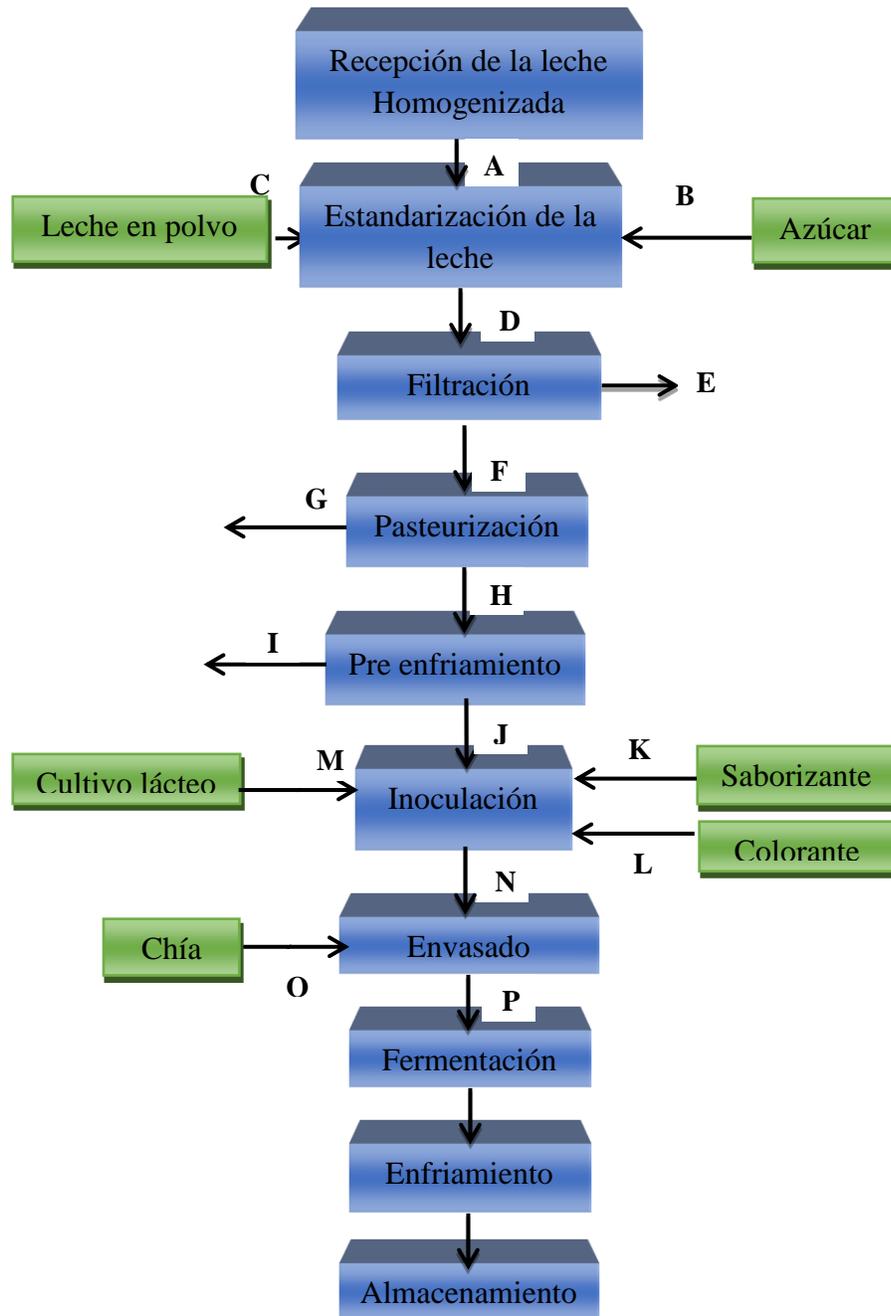
Los requisitos microbiológicos utilizados en el CEANID se muestran en la tabla 4.28

Tabla 4.28
Rangos aceptables del yogurt

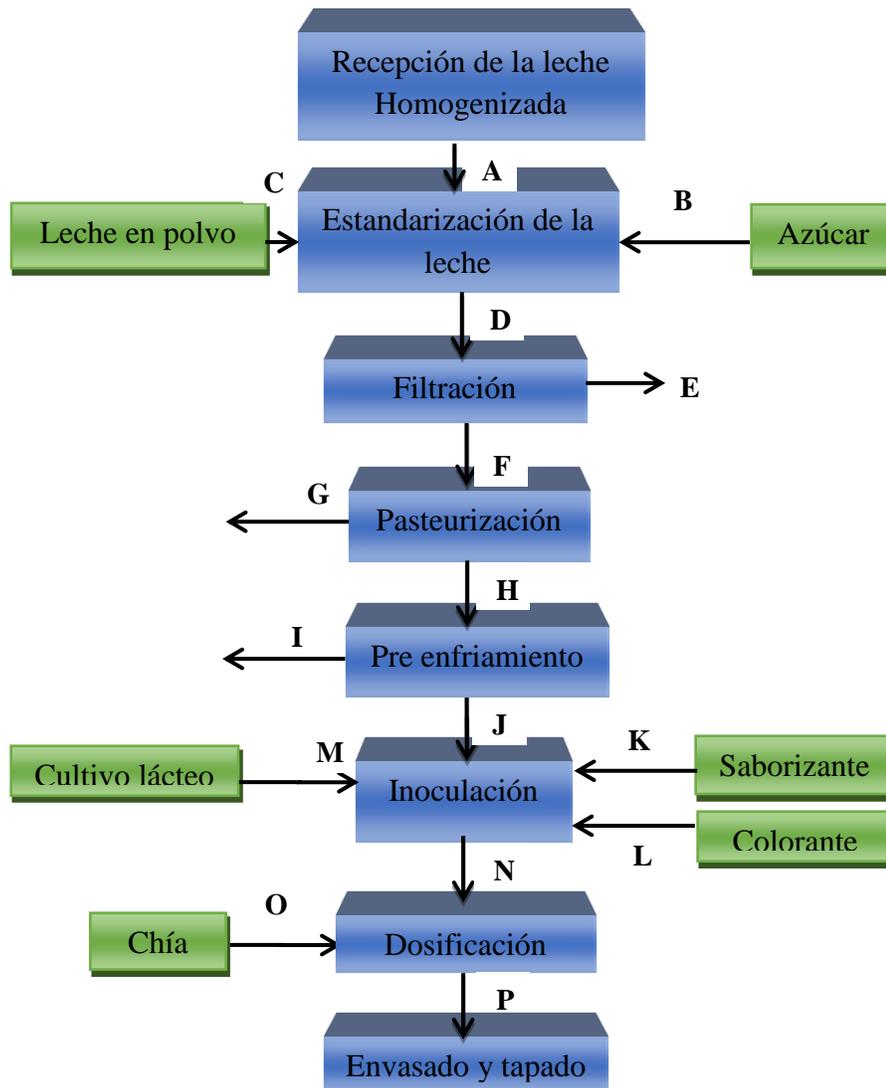
Norma técnica		Parámetros	Limite microbiológico		Norma de referencia para el alimento
NB 32005/ NB 32016	32005/2002	Coliformes totales	10ufc/ml (m)	100ufc/ml (M)	NB 33016/2006
NB 32005/ NB 32016	32005/2002	EscherichiaColi	0ufc/ml (m)	10ufc/ml (M)	
NB 32006/ NB 32018	32006/2003	Mohos y levaduras	50ufc/ml (m)	200ufc/ml (M)	

Fuente: CEANID, 2014

4.11.- PROCESO DE ELABORACIÓN DE YOGURT AFLANADO ENRIQUECIDO CON CHÍA



4.11.1.- PROCESO DE ELABORACIÓN DE YOGURT AFLANADO ENRIQUECIDO CON CHÍA



Dónde:

A = Leche homogeneizada

B = Azúcar

C = Leche en polvo

D = Leche estandarizada

E = Impurezas

F = Leche sin impurezas

G = Agua evaporada

H = Leche pasteurizada

I = Agua evaporada

J = Leche pasteurizada a 45°C

K = Saborizante

L = Colorante

M = Cultivo lácteo

N = Leche inoculada y saborizada a 45°C

O = Chía

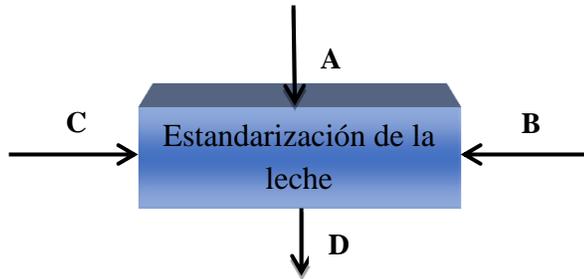
P = Leche inoculada y enriquecida

4.12.- BALANCE DE MATERIA

En el balance de materia nos permite obtener la cantidad de materia que entra y sale en el proceso de elaboración de un producto, a continuación se realiza el balance de materia por bloques.

4.12.1.-BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE ESTANDARIZACIÓN DE LA LECHE

En la figura 4.2 se observa el proceso de estandarización de la leche, para realizar el balance de materia se tomó una cantidad de 1543g de leche tratada.



Balance global en el proceso de estandarización

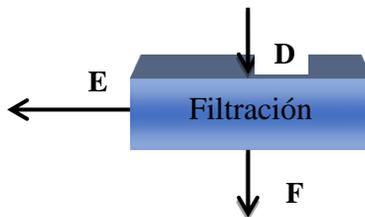
Datos: A = 1543g; B = 60g; C = 160g

$$A + B + C = D$$

$$D = 60 + 1543 + 160$$

$$D = 1763 \text{ g.}$$

4.12.2.- BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE FILTRACIÓN DE LA LECHE



Balance global en el proceso de filtración

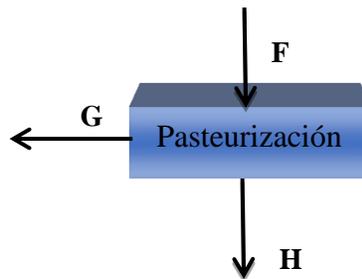
Datos: $D = 1763 \text{ g}$; $E = 0,0017\text{g}$

$$D = E + F$$

$$F = D - E$$

$$F = 1763 - 0,0017 = 1762,9983 \text{ g}$$

4.12.3.- BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE PASTEURIZACIÓN DE LA LECHE



Balance global en el proceso de pasteurización

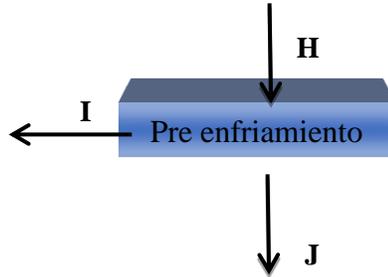
Datos: $F = 1762,9983\text{g}$; $G = 179\text{g}$

$$F = G + H$$

$$H = F - G$$

$$H = 1762,9983\text{g} - 179\text{g} = 1583,9983\text{g}$$

4.12.4.- BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE PRE ENFRIAMIENTO



Balance global en el proceso de Pre enfriamiento

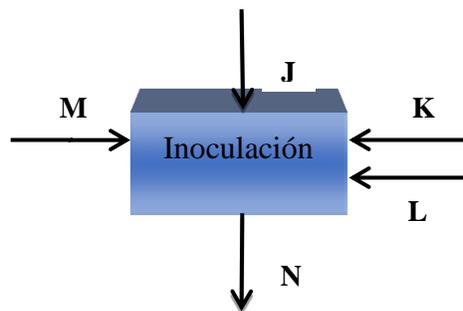
Datos: $H = 1583,9983\text{g}$; $I = 28\text{g}$

$$H = I + J$$

$$J = H - I$$

$$J = 1583,9983\text{g} - 28\text{g} = 1555,9983\text{g}$$

4.12.5.- BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE INOCULACIÓN DE LA LECHE



Balance global en el proceso de Inoculación

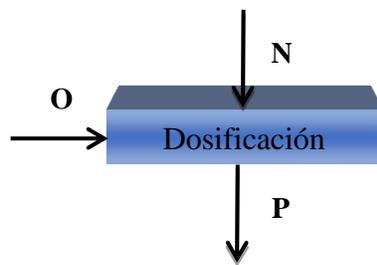
Datos: $J = 1555,9983\text{g}$; $K = 1,32\text{g}$; $L = 0,18\text{g}$; $M = 0,15\text{g}$

$$J + K + L + M = N$$

$$N = 1555,9983 \text{ g} + 1,32\text{g} + 0,18\text{g} + 0,15\text{g}$$

$$N = 1557,6483\text{g}$$

4.12.6.- BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE DOSIFICACIÓN DE LA CHÍA



Balance global en el proceso de dosificación de la chía

Datos: $N = 1557,6483\text{g}$; $O = 32,5\text{g}$

$$N + O = P$$

$$P = 1557,6483\text{g} + 32,5\text{g}$$

$$P = 1590,1483\text{g}$$

Nota: El proceso de dosificación de la chía se realizó de la siguiente manera: del total de la leche inoculada y saborizada se dividió por el volumen total del vaso que contendrá el producto, que en este caso es de 120ml y se obtuvo un total de 13 vasos de yogurt para fermentar, entonces en cada vaso se añadió 2,5g de chía.

4.13.- BALANCE DE ENERGÍA

El balance de energía del proceso de elaboración del yogurt afluado enriquecido con chía, se realizó en el proceso de pasteurización de la leche, proceso de fermentación y el tratamiento térmico de la chía.

4.13.1.- BALANCE DE ENERGÍA EN EL PROCESO DE PASTEURIZACIÓN DE LA LECHE

En la realización del balance de energía se tomó la siguiente ecuación:

(Barderas, 1994).

$$Q_T = Q_g + Q_c \text{ (Ecuación: 4.1)}$$

$$Q_g = m_{\text{Leche}} C_{p_{\text{Leche}}} \Delta T_L + M \cdot \lambda \quad \text{(Ecuación: 4.2)}$$

$$Q_c = - (m_{\text{olla}} C_{p_{\text{olla}}} \Delta T_O) \quad \text{(Ecuación: 4.3)}$$

Dónde:

Q_T = Calor total para 85°C

Q_g = Calor ganado por la leche

Q_c = Calor cedido de la olla (acero inoxidable)

M = Agua evaporada de la leche

λ = Calor de vaporización a 85°C

ΔT_L = Delta T de la leche

ΔT_O = Delta T de la olla

4.13.2.-CANTIDAD DE CALOR PARA LA PASTEURIZACIÓN A 85°C

Reemplazando la ecuación 4.2 y la 4.3 en la ecuación 4.1 se tienen la cantidad de calor total requerido para pasteurizar la leche a 85°C.

$$Q_T = (m_{\text{Leche}} C_{p\text{Leche}} (T_{2F\text{ leche}} - T_{1I\text{ Leche}}) + M * \lambda) + (m_{\text{olla}} C_{p\text{olla}} (T_{2F} - T_{1I}))$$

Dónde:

Q_T = Calor total necesario para 85°C

Q_g = Calor ganado por la leche

Q_c = Calor cedido por el acero inoxidable

M = Agua evaporada de la leche 179gr = 0,179kg

λ = Calor latente de vaporización de la leche 289 kcal/kg (Hayes, 1987)

$C_{p\text{Leche}}$ = Capacidad calorífica de la leche 0,92 kcal/kg°C

m_{Leche} = Masa de la leche 1543 gr = 1,543 kg

$T_{1I\text{ Leche}}$ = Temperatura inicial de la leche 10°C

$T_{2F\text{ leche}}$ = Temperatura final de la leche 85°C

m_{olla} = masa de la olla 702gr = 0,702kg

$C_{p\text{olla}}$ = Capacidad calorífica del acero inoxidable 0,12 kcal/kg°C (Barderas, 1994).

T_{2F} = Temperatura final de la olla 85°C

T_{1I} = Temperatura inicial de la olla 10°C

Reemplazando valores se tiene lo siguiente:

$$Q_T = 1,543 \text{ kg} * 0,92 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C} * (85^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C}) + 0,179\text{kg} * 289 \text{ kcal/kg} + (0,702\text{kg} * 0,12 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C} * (85^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C}))$$

$$Q_T = (106,47 \text{ Kcal} + 51,73 \text{ kcal}) + (0,084 \text{ kcal/}^\circ\text{C} * (75)^\circ\text{C})$$

$$Q_T = 158,2 \text{ kcal} + 6,3 \text{ kcal}$$

$$Q_T = 164,5 \text{ Kcal}$$

4.13.3.-CANTIDAD DE ENERGÍA NECESARIA PARA EL TRATAMIENTO TÉRMICO DE LA CHÍA

Según (Barderas, 1994) la ecuación que determina la energía es la siguiente:

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

Dónde:

P = Potencia de la estufa 2000 watts

E = Energía

t = Tiempo de tratamiento térmico 0,5 horas

$$E = 2000 * 0,5 = 1000 \text{ watts/hora}$$

Según la ecuación 4.4 reemplazando valores la energía necesaria es 1000 watts/hora que en unidades de kcal es igual a **860,40 kcal**.

4.13.4.- CANTIDAD DE ENERGÍA NECESARIA PARA EL PROCESO DE FERMENTACIÓN A 45°C

Tomando la ecuación 4.4 la energía necesaria sería:

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

Dónde:

P = Potencia del baño maría 1HP = 745,7 watts/hora

E = Energía

t = Tiempo de fermentación 4 horas

$$E = 745,7 * 4 = 2982,8 \text{ watts/hora}$$

Según la ecuación 4.4 reemplazando valores la energía necesaria para calentar a 45°C durante 4 horas es 2982,8 watts/hora que en unidades de kcal es igual a **2566,41 kcal**.

5.1. CONCLUSIONES

- En el análisis de la materia prima para la chía se obtuvo calcio total 6992 mg/Kg, Hierro total 99,4 mg/Kg, humedad 7,35% y cenizas 4,80%. Para la leche pasteurizada: 950mg/Kg, hierro total 1,80mg/Kg, proteína total 3,52%, materia grasa 3,40%, humedad 88,99% y cenizas 0,64%.
- Los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico para la leche cruda, se observa un pH 6,62; acidez titulable 0,17% de ácido láctico; sólidos totales 9,5%; densidad relativa a 20°C 1,029 gr/cm³ y para la leche pasteurizada el análisis microbiológico se obtuvo un recuento coliformes totales 0,0 UFC/ml.
- En cuanto a los dos tratamientos térmicos realizados en la chía se concluye mediante los análisis microbiológicos la mejor muestra es la que tiene 30 minutos de tratamiento por lo que tiene cero coliformes totales, fecales y *Escherichia coli* y un menor porcentaje de mohos y levadura en comparación con el tratamiento de 15 minutos.
- En el análisis fisicoquímico de la chía se tiene un contenido de fibra 36,10%; proteína total 16,63%; Hidratos de carbono 20,74%; Materia Grasa 21,75%; Valor energético 345,23 Kcal/100gr y pH 6,8.
- De acuerdo a la evaluación sensorial realizada para encontrar la muestra patrón se pudo apreciar para el caso de los atributos color, acidez y consistencia la muestra que obtuvo un mayor puntaje promedio ante las demás fue el yogurt sabor vainilla. Mientras para el atributo sabor se obtuvo una calificación promedio igual para el sabor durazno y vainilla con un puntaje de 7,6 en la escala hedónica. Y con respecto al atributo textura

también se obtuvo un puntaje promedio igual de 7,4 tanto para el de frutilla como el de vainilla.

- De acuerdo a las encuestas realizadas acerca de la preferencia de los consumidores se tiene la preferencia del sabor vainilla con un 27,03% en comparación a las demás. En cuanto al color que los encuestados prefieren es para el color intermedio con un 32% en comparación al color claro e intenso. Finalmente para los atributos que los encuestados toman en cuenta para un yogurt afluado es el atributo consistencia con un 31,25%, en comparación de los demás atributos.
- Realizada la evaluación sensorial para determinar los sólidos requeridos para el yogurt afluado se determina que la muestra con mayor preferencia en cuanto a los atributos textura y consistencia es la M2 con un puntaje promedio de 7,44 y 7,44 realizado el análisis estadístico se pudo observar que no existe evidencia estadística para los tratamientos para $p < 0,05$.
- En el proceso de fermentación del diseño realizado se pudo constatar que la muestra con mayor aceptación por los jueces fue la muestra M4 en cuanto a los atributos acidez, sabor, consistencia y textura, que corresponde a una temperatura de 45°C, con una cantidad de leche en polvo de 60 g y una concentración de cultivo de 0,05%.
- Con respecto a lo que se refiere a la evaluación sensorial en la comparación del producto elaborado con la muestra patrón se pudo determinar que la muestra patrón MA obtuvo un mayor puntaje promedio con un 7,8 que la muestra elaborada MB 7,1, para el atributo textura y consistencia se pudo evidenciar que la muestra MB obtiene un mayor puntaje promedio en comparación con la muestra MA, y para el atributo acidez las dos muestras obtuvieron un puntaje promedio igual de 7,3. Pero de acuerdo al cuadro

ANVA para los cuatro atributos no existe evidencia significativa para una probabilidad de un 99%.

- En cuanto se refiere a la evaluación sensorial desarrollada en la última evaluación sensorial realizada en el producto final se obtuvo una puntuación promedio de los distintos atributos como sabor con una puntuación de 8,1; textura 8,1; acidez 8,1 y consistencia 8,3 obteniendo así un resultado muy aceptable para los jueces.
- De acuerdo al diseño realizado en la etapa de fermentación se puede observar que los factores estudiados como ser: leche en polvo (LP), cultivo (CL) y temperatura (T) se aprecia que temperatura (T) es una variable muy significativa ya que influye directamente en el proceso de fermentación del producto y la interacción LPT que es muy significativa, mientras no son significativas para el factor leche en polvo (LP), el factor cultivo (CL), la interacción (LPCL), la interacción (TCL) y la interacción (LPTCL).
- Se observó que la disminución del pH para el yogurt aplanado enriquecido con chía es para los tres primeros días el pH se mantuvo en 4,70; para el cuarto día el pH bajo a 4,65; en el quinto día bajo a 4,63; para el sexto día el pH bajo hasta 4,6; en el séptimo y octavo día fue de 4,60 y 4,57; ya a partir del noveno hasta el doceavo el pH se mantuvo en 4,55; para el 13,14 y 15 día el valor del pH fue de 4,53, 4,53 y 4,51.
- Se pudo apreciar que en la evaluación sensorial realizada en la fermentación los jueces prefieren un pH de 4,70, ya que ellos prefieren un yogurt no muy ácido y con respecto a la vida útil del producto esta tiene 15 días de acuerdo a un seguimiento realizado de sus características fisicoquímicas y microbiológicas.

- Los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos del producto final presenta calcio total 1603 mg/Kg, Hierro total 8,99 mg/Kg, Proteína total 8,20%, Materia Grasa 17,24%, Humedad 71,52 %, Hidratos de carbono 67,55%, Cenizas 3,21%, pH 4,70, Valor energético 458,18 Kcal/100gr, Bacterias aerobias mesofilas 1,20E+02 UFC/gr, Coliformes fecales, totales y Escherichiacoli 0,00E+00 NMP/gr, Mohos 1,00E+01 UFC/gr y Levaduras 2,00E+03 UFC/gr.

5.2.- RECOMENDACIONES

- Se recomienda en la utilización de semillas de chía no añadir más de 1,5 g ya que si se añadiese más de esto la vida útil del producto disminuye en 10 días esto para una capacidad del envase de 120ml así mismo se recomienda realizar un análisis de la chía sobre la cantidad real de omega tres que tiene la chía boliviana.
- Se recomienda realizar análisis de antibióticos en la leche ya que su presencia en el proceso afecta la fermentación del yogurt y se obtiene una consistencia muy débil.
- De acuerdo a la cantidad requerida de calcio y hierro por persona se recomienda consumir un vaso de yogurt con chía, ya que con 1603mg de calcio y 8,99mg de hierro se cubre las necesidades de estos minerales que es de 8,7 mg/día para hierro y 1300mg/día de calcio.