

**CAPITULO I**  
**INTRODUCCION**

## 1.1 Antecedentes

La "*Lupinus mutabilis*", es una leguminosa de Los Andes, conocido en Bolivia con el nombre de "tarwi", se puede cultivar desde los 2000 hasta los 4000 de altitud, es tolerable a las bajas temperaturas y tiene un alto valor nutritivo en proteína, grasa, siendo éste un potencial para la industria por sus propiedades. (Yanapatzi, 2017)

El tarwi tiene alto valor proteínico (50 por ciento, porcentaje superior a la arveja, la quinua o el maíz), con Omega (3, 6, 9), además de contener calcio, magnesio, hierro y fósforo, lo que además de traducirse en altas dosis nutritivas, es antioxidante e ideal para prevenir enfermedades como la diabetes. (Yanapatzi, 2017)

La leche de tarwi es el extracto acuoso del grano. El producto es semejante en apariencia y composición química a la leche de vaca. La leche vegetal de tarwi presenta un nivel similar de proteína y menos calorías que el producto de origen animal, no contiene colesterol, lactosa y casi ningún factor alérgico. Composición ventajosa para las personas con dietas restrictivas en el consumo de grasas (alto colesterol y triglicéridos), personas diabéticas porque regula los niveles de glucosa y personas con gustos especiales (no les agrada los lácteos o temen contraer ciertas enfermedades). (Yanapatzi, 2017)

En nuestra ciudad se consume yogurt de manera habitual por sus beneficios y propiedades organolépticas por lo que la industria láctea desarrolla de manera continua nuevos sabores y combinaciones que permitan provechar el valor nutricional de las materias primas. por esta razón se busca mejorar las características nutricionales del yogurt afluado tradicional adicionando leche de tarwi pretendiendo incrementar el valor de las proteínas, fibra, calcio, entre otros, presentes en el tarwi

## 1.2 Justificación

✚ El presente trabajo de investigación de yogurt aflanado a nivel experimental, se realizó con el fin de incorporar en su dosificación leche de tarwi, y así poder aprovechar las propiedades nutricionales, ya que esta contiene cantidades importantes de proteínas, vitaminas y minerales.

✚ En el mercado local, no existe un yogurt que incorpore leche de tarwi en su dosificación por falta de conocimiento y promoción de sus beneficios para el organismo.

✚ El presente trabajo de investigación surge como alternativa de coadyuvar el consumo de leche de tarwi a la población en general por el valor proteínico, además de actuar como un agente antioxidante, posee una gran cantidad de calcio para personas intolerantes a la lactosa y que no consumen alimentos de origen animal, este es un gran complemento para mantener huesos, dientes sanos y fuertes.

✚ Así mismo, la razón por la incorporación de la leche de tarwi en la elaboración de yogurt aflanado es de aprovechar la leche de tarwi, ya que esta ayudara a estimular la producción agraria de los productores del departamento de Tarija.

## 1.3 Objetivos

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

### 1.3.1 Objetivo General

Elaborar un yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi "*Lupinus mutabilis*", mediante el proceso de fermentación láctica; con el fin de obtener un buen producto de calidad nutricional para la población de la provincia Cercado de Tarija.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

- ✚ Analizar las características fisicoquímicas y microbiológicas de la leche entera de vaca como materia prima del presente proyecto.
- ✚ Determinar el análisis fisicoquímico y microbiológico de la leche de tarwi con el fin de conocer su composición química.
- ✚ Aplicar una evaluación sensorial de las muestras preliminares para obtener la dosificación de la muestra ideal.
- ✚ Aplicar evaluación sensorial a las muestras iniciales de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi.
- ✚ Aplicar diseño experimental con el fin de establecer las variables que influyen en la fermentación láctica del yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi.
- ✚ Determinar la viscosidad de las muestras con el fin de establecer su consistencia. ✚ Realizar el control de los parámetros acidez y pH en la etapa de fermentación
- ✚ Realizar el control de acidez y pH del producto final durante la etapa de almacenamiento con el fin de efectuar un control de calidad.
- ✚ Determinar las características fisicoquímicas y microbiológicas del yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi con el fin de establecer su calidad.
- ✚ Realizar el balance de materia y energía a nivel experimental para establecer cantidades de ingreso de materia prima e insumo y salida de producto en la elaboración de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi.

## **1.4 Objeto de estudio**

El trabajo de investigación tiene como objeto de estudio la aplicación del proceso de fermentación láctica para obtener yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi de calidad para la población de la provincia Cercado de Tarija.

## **1.5 Campo de acción**

Para realizar el trabajo de investigación propuesto, se delimitó los siguientes campos de acción:

### **1.5.1 Espacial**

El campo de acción espacial en donde se realizó en la provincia Cercado de Tarija.

### **1.5.2 Temporal**

El campo de acción temporal, se realizó en las gestiones (2020 y 2021).

### **1.5.3 Institución**

Se desarrolló el presente trabajo en los Laboratorios de la Carrera de Ingeniería de Alimentos de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

## **1.6 Situación problemática**

Actualmente en la industria de alimentos del mercado local de la ciudad de Tarija no existe un yogurt aflanado que incorpore una leche vegetal como la leche de tarwi (*Lupinus mutabilis*) en su dosificación, debido a que se tiene escasa información de sus propiedades nutricionales y funcionales, el cual puede ser aprovechado para tal elaboración.

La fermentación láctica de alguna manera permite incorporar insumos como ser leche de tarwi en la dosificación, sobre todo se pretende enriquecer el yogurt aflanado con

los micro elementos que contiene dicha leche, así mismo ofrecer a la población un producto innovador de fácil digestión que satisfaga los requerimientos y necesidades de aquellas personas que les guste consumir productos naturales, altamente nutritivos.

## **1.6 Formulación del problema**

¿Cuál será el proceso de fermentación láctica a ser aplicado en la elaboración de yogurt afluado enriquecido con leche de tarwi para obtener un producto de calidad nutritivo para la provincia Cercado de Tarija?

## **1.7 Hipótesis**

El proceso de fermentación láctica a ser aplicado en la elaboración de yogurt afluado enriquecido de leche de tarwi permitirá obtener un producto de calidad nutricional para la provincia Cercado de Tarija.

**CAPITULO II**  
**MARCO TEORICO**

## **2.1 Origen del yogurt aflanado**

El yogur es muy popular casi en todo el mundo, tiene su origen en Turquía y regiones orientales de los Balcanes, especialmente en Bulgaria y por su gran popularidad y estado de agregación en que se encuentra, es conocido por diferentes nombres. Así, en Turquía recibe los nombres de yoghurt, yaourt, yourt, jaurt, etc, en la antigua eslavía, kierselo uleko; en Siria y Egipto, leben, en Armenia, manzum. En Cáucaso matzoon y katyk, en Grecia como tiaourit, en Bulgaria, como naja, en Italia como gioddu en India como dahi. aunque en realidad, guarden cierta analogía, pero no identidad, las citadas. pese a que el proceso de fermentación es el mismo y es llevado a cabo por bacterias *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus*, sin embargo, en algunas ocasiones estos cultivos pueden ir acompañados de *Lactobacillus acidophilus* y *Lactococcus lactis ssp. Lactis*. (Carpio, 2001)

Según (Aranceta, 2004), manifiesta que: “Gracias a este descubrimiento se podía conservar la leche por una mayor cantidad de tiempo, además se lograba que el producto posea características organolépticas agradables para los que la consumían”.

## **2.2. Definición del yogurt aflanado**

Según (Quispe, 2013), indica que: “Llamado también “set yogurt “, el yogurt aflanado es aquel yogurt que, después de inoculado en los envases de venta e incubados, los cuales deberán ser manipulados y transportados con cuidado a fin de no romper el coagulo”.

Yogurt, palabra turca que significa “leche espesa”, es un alimento lácteo fermentado, de acuerdo al Codex Alimentarius, el yogurt es leche (usualmente de vaca en la actualidad) que ha sido fermentada con *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus* bajo condiciones definidas de tiempo y temperatura. Cada especie de bacterias estimula el crecimiento de la otra, y los productos de su metabolismo combinado dan como resultado la textura cremosa característica y el ligero sabor ácido. (Huayta, 2015)

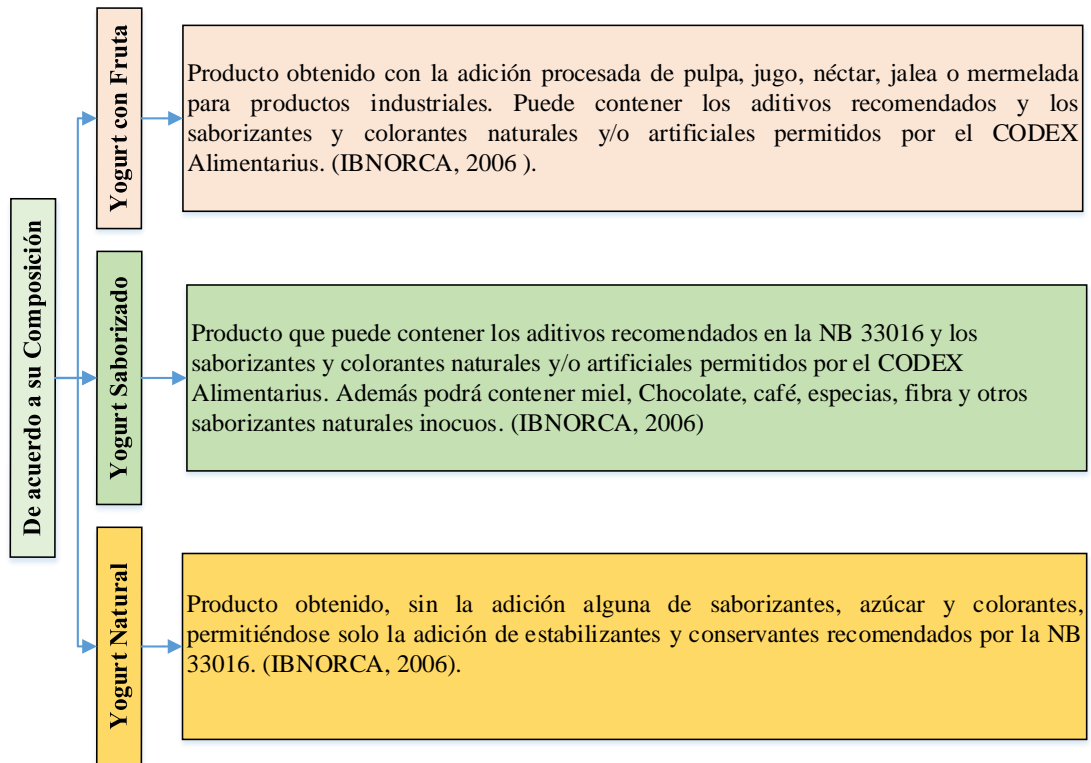


## 2.3 Clasificación del yogurt

Según la norma boliviana NB 915: 2006 del IBNORCA el yogurt se clasifica:

### 2.3.1. De acuerdo a su composición

En la figura 2.1, se muestra la clasificación del yogurt de acuerdo al proceso de elaboración.

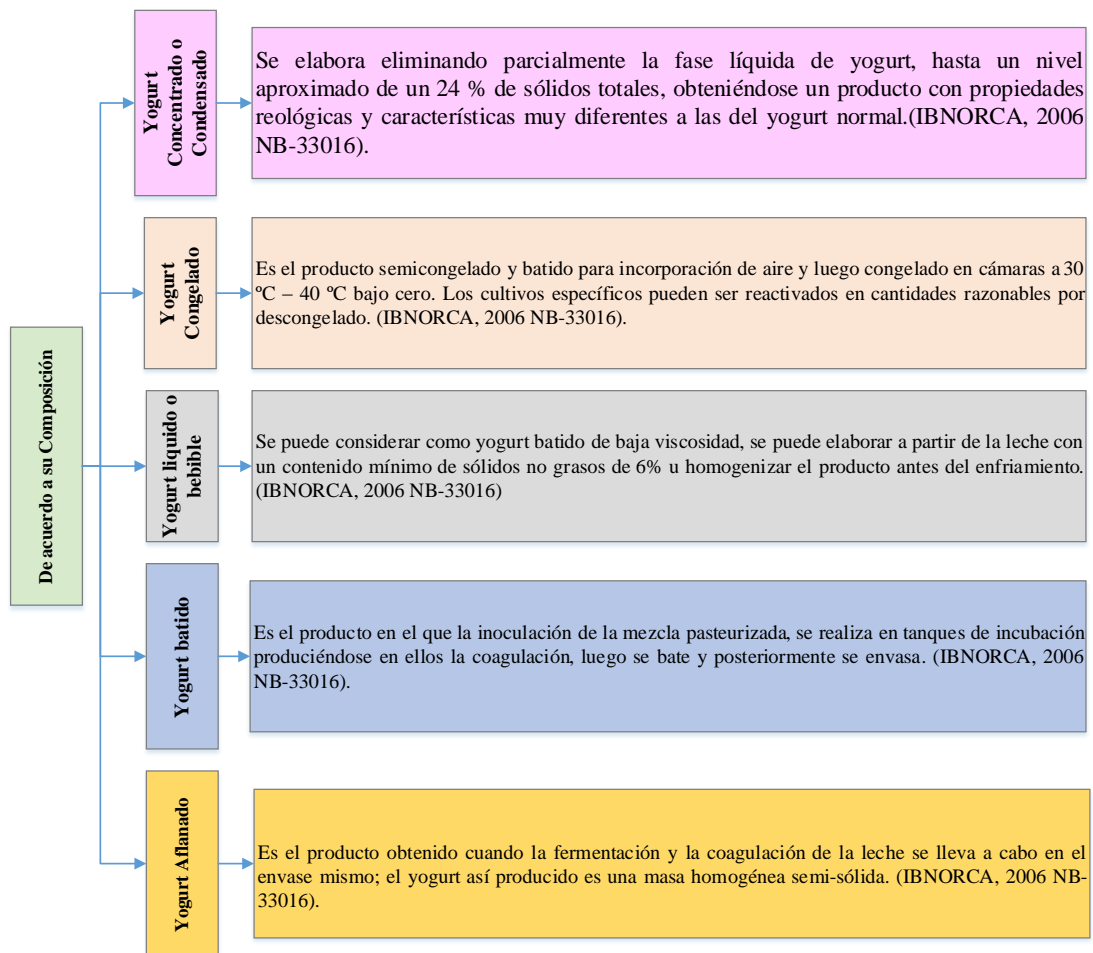


**Fuente:** (IBNORCA, 2006)

**Figura 2.1** Clasificación del yogurt de acuerdo a su composición

### 2.3.2 De acuerdo al Proceso de Elaboración

En la figura 2.2, se muestra la clasificación del yogurt de acuerdo al proceso de elaboración.

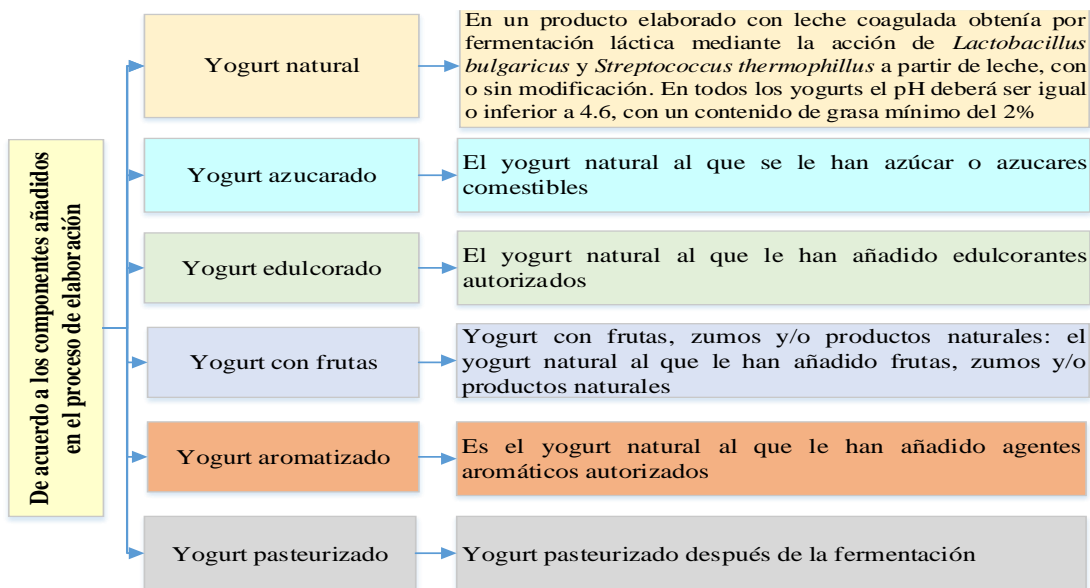


Fuente: (IBNORCA, 2006)

**Figura 2.2** Clasificación del yogurt de acuerdo al proceso de elaboración

### 2.3.3 De acuerdo a los componentes añadidos en el proceso de elaboración

Menciona (Quintana, 2011) de acuerdo al elemento añadido en el transcurso de su elaboración



Fuente: (Quintana, 2011)

Figura 2.3 Componentes añadidos en el proceso de elaboración

## 2.4 Composición nutricional de yogurt natural

El yogurt se ha convertido en un alimento indispensable por su alto contenido nutritivo su composición se muestra en la tabla 2.1

Tabla 2.1

### Composición nutricional del yogurt natural

| Composición     | Porcentaje (%) |
|-----------------|----------------|
| Proteínas       | 3,2            |
| Sólidos totales | 15,9           |
| pH              | 4,5            |
| Grasa           | 2,5            |
| Acidez          | 0,8 – 1,8      |
| Cenizas         | 0,7            |

Fuente: (Quintana, 2011)

### 2.4.1 Hidratos de carbono

El yogurt contiene diferentes tipos de hidratos de carbono, principalmente en forma de lactosa. Parte de este contenido está parcialmente hidrolizado dado que es utilizado por los microorganismos como sustrato energético. Por esta razón, existen evidencias

científicas que indican que la ingesta de yogur mejora la digestión de la lactosa y los síntomas característicos de la intolerancia a la misma. De hecho, se ha demostrado que, en pacientes con intolerancia a la lactosa, el consumo de yogur disminuye los niveles de hidrógeno espirado después de una sobrecarga con lactosa. (Babio & Mena, 2017)

#### **2.4.2 Vitaminas**

La mayoría de las vitaminas son sensibles al procesado. El yogurt es fuente de vitaminas del grupo B, especialmente riboflavina, niacina, piridoxina y vitamina A. durante la fermentación se consumen las vitaminas B<sub>12</sub> y C y se forma ácido fólico. no se alteran las vitaminas B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub> biotina y ácido pantoténico. (Quintana, 2011)

#### **2.4.3 Proteínas**

Las proteínas del yogur se consideran de elevada digestibilidad debido a la acción de diferentes bacterias proteolíticas que actúan durante el proceso de formación del producto, liberando péptidos y aminoácidos. (Cabello, 2012)

#### **2.4.4 Grasas**

Los lípidos intervienen directamente en la consistencia y la textura del producto. Siempre que el aporte de grasas este dentro de los valores establecidos, este será de gran provecho para nuestra salud, ya que es una fuente energética, y este presente en las membranas celulares y realizan función de defensa a nuestros órganos internos (Ramos & Zavaleta, 2013)

### **2.5 Propiedades fisicoquímicas del yogurt natural**

Las propiedades fisicoquímicas son de gran importancia ya que de ellas depende la conservación y la calidad del producto. Efectúan un papel importante en la determinación del valor nutricional del alimento porque van a satisfacer necesidades de organismo en términos de energía y nutrientes. (Rebollar, 2017)

### **2.5.1 Acidez**

El porcentaje de ácido láctico adecuado es de suma importancia para la producción de yogurt de alta calidad con sabor, cuerpo y textura propia, que exhiba el mínimo porcentaje de sinéresis durante el almacenamiento. El aumento de la acidez en yogurt por la producción de ácido láctico ocasiona la coagulación de la caseína y el sabor en el producto. (Hernandez, 2004)

### **2.5.2 pH**

El pH es la medida de la acidez o alcalinidad de una sustancia (es la medida de iones de hidrogeno). Los valores de pH se muestran en una escala que cubre de 1 – 14, donde arriba del valor de 7 se encuentran los productos básicos y por debajo son ácidos, como es el caso del yogurt (Martinez, 2016)

Según (Martinez, 2016), indica que “El pH del yogurt es uno de los parámetros importantes debido a que durante su fabricación se busca disminuir el pH de la leche, y llegar a un pH óptimo del yogurt en donde esto le va a favorecer para que obtenga un olor y sabor característico.

### **2.5.3 Cenizas**

Las cenizas son el residuo inorgánico que queda tras excluir completamente los compuestos orgánicos existentes en la muestra, ya que hay pérdida por volatilización. A pesar de estas limitaciones, para concretar la calidad de algunos alimentos es necesario el contenido cenizas totales ya que son de interés nutricional como son el calcio, fósforo, etc. (Peña, 2010)

### **2.5.4 Sólidos totales**

Son los restos del material que sobra en un recipiente posterior a la evaporación de una muestra y su siguiente secado en estufa a temperatura definida. Los sólidos totales

involucran los sólidos suspendidos o porción de sólidos totales retenidos por un filtro y los sólidos disueltos totales (Ojeda, 2011)

## **2.6 Beneficios del yogurt para la salud del ser humano**

El yogurt tiene gran cantidad de beneficios que describen las diferentes bondades que presentan el yogurt en nuestro cuerpo. De acuerdo con diferentes análisis, el yogurt es un alimento superior a la leche: se puede conservar más tiempo, no ocasiona problema de gases intestinales o indigestión a quienes no toleran la lactosa, dado que sus grasas y proteínas se encuentran pre digeridas por los organismos, y posee proporcionalmente más calcio que la misma leche. Evidentemente, una de las mayores cualidades del yogur es su importante cantidad de calcio (Cajas, 2011).

- ✚ **Digestión:** Es el mejor aliado del aparato digestivo porque protege contra la acidez natural del estómago y previene, controla infecciones, diarrea, estreñimiento.
- ✚ **Flora Intestinal:** Se recomienda después de un tratamiento con antibióticos, porque va ayudar a recuperar la flora intestinal afectada por estos medicamentos. Terapéuticamente, el yogurt no tiene rival en la regeneración de la flora intestinal, gracias a que en él viven *Lactobacillus acidophilus*, organismos que se encuentran en el tracto digestivo y que ayudan a mantener el balance adecuado de la flora intestinal benéfica. Asimismo, estos seres microscópicos obligan al cuerpo a producir interferón gamma, sustancia inmune muy activa que es empleada contra infecciones (en las mujeres ayuda a evitar aquellas que se originan en la vagina) y la cual además puede reducir la severidad de las alergias.
- ✚ **Reduce los Valores de Colesterol Sanguíneo:** Existen diferentes estudios que demuestran que el consumo de yogurt baja los niveles de colesterol en sangre, en consecuencia, este alimento debe formar parte de la dieta de aquellas personas que presentan riesgo cardiovascular.
- ✚ **Gran Fuente de Calcio:** Este mineral la podemos perder por la dieta diaria que realizamos; el calcio presente en el yogurt se ha disuelto en el ácido láctico,

- ✚ haciéndose así más absorbible para nuestro sistema digestivo y para su fácil pasa posterior a todo nuestro cuerpo. También señalo que es notable destacar este producto lácteo tiene efecto preventivo ante el cáncer del colon.
- ✚ **Fortalecimiento de Huesos y Dientes:** La mayor cualidad del yogurt es la gran cantidad de calcio que posee y este a su vez se convertirá en un aliado imprescindible para fortalecer los huesos y los dientes.
- ✚ **Desarrollo de los Niños y en la Osteoporosis:** Esto es especialmente benéfico para los niños, ya que contribuye al desarrollo y fortalecimiento del esqueleto, así como para aquellas personas que padecen osteoporosis, quienes lograrán mejores resultados si agregan a su dieta alimentos con vitamina D y llevan a cabo una rutina deportiva, pero es la que tiene que estar indicada por el médico.

## 2.7 Fermentación láctica

Se llama así al proceso celular donde se utiliza glucosa para obtener energía y donde uno de los productos metabólicos es el ácido láctico. Las bacterias ácido lácticas, al desarrollarse utilizan la lactosa (azúcar de leche) como fuente de energía. La lactosa, al fermentar, produce energía que es aprovechada por las bacterias generando ácido láctico que es eliminado. (Reyes, 2008)

En la fermentación láctica las bacterias ácido lácticas utilizan la glucosa proveniente del proceso celular para obtener energía y tener como producto metabólico el ácido láctico y la liberación de péptidos. Antes de ser consumida, la leche fermentada modifica la estructura de las proteínas que facilita la liberación de péptidos durante la digestión. (Rojas, 2009)

Para que la leche se fermente se debe alcanzar una temperatura de incubación de 42°C a 45°C, para que actúe el *S. thermophilus* e inicie el proceso de fermentación láctica acidificando el medio limitadamente y que el pH descienda hasta 5.0 y el *Lactobacillus* actúa disminuyendo el pH hasta llegar a 4.0; el proceso del yogurt finaliza cuando el

pH se encuentra entre 4.2 y 4.5 con el aroma típico de este, dado por la presencia del acetaldehído, acetoína, diacetilo y etanol. (Reyes, 2008)

Estas bacterias son las encargadas de fermentar la leche logrando una acidificación correcta de la misma y evitando la sinéresis en el producto, el *S. thermophilus* por la liberación de aminoácidos y péptidos de la leche da el cuerpo y aroma al yogurt, en su lugar el *S. thermophilus* interviene en la acidez y el sabor colaborando al crecimiento de *Lactobacillus bulgaris* (Reyes, 2008)

### 2.7.1 Producción de ácido láctico

Se realiza por todas las bacterias lácticas y es la fermentación más importante en la leche ya que se requiere en todos los casos realizándose en una amplitud de 10 a 50°C, provocando la coagulación acida al llegar a un PH de 4,6 que es el punto isoeléctrico de la caseína. (Bedolla, y otros, 2004)

En la figura 2.6 se presenta la transformación de la glucosa en ácido láctico usando la ruta de Embden-Meyerhoff-Parnas (EMP)



**Fuente:** (Bedolla, y otros, 2004)

**Figura 2.4** Transformación de la glucosa en ácido láctico

### 2.7.2 Las bacterias lácticas *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*

Según (Altamirano, 2011), existen dos bacterias lácticas el *Lactobacillus bulgaricus* y el *Streptococcus thermophilus*, que permanecen vivos tras la fermentación y que ofrecen al yogurt su acidez y aroma inconfundibles, además de proteger y regular la flora intestinal. Sólo podremos disfrutar de las beneficiosas propiedades de estos fermentos si conservamos el yogurt a baja temperatura.

La acción de los fermentos lácticos durante la elaboración del yogurt se deben a la simbiosis entre las dos bacterias lácticas, el *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus*




bulgaricus, dichos fermentos lácticos desarrollan características como: acidificación del medio, desarrollo de las propiedades organolépticas como aroma y sabor, y desarrollo de la textura apropiada. (Salcedo, 1988)

✚ **Streptococcus Thermophilus** Es una bacteria con forma esférica, no motil, gram-positiva, con un diámetro de 0.7-0.9  $\mu\text{m}$ , que se presenta en pares o cadenas y su crecimiento óptimo está entre los 37 a 42° C; se caracteriza por fermentar la fructosa, glucosa, sacarosa y lactosa, el Streptococcus Thermophilus con el Lactobacillus Bulgaricus constituyen en conjunto el cultivo iniciador en la fabricación de yogurt. (Hernandez, 2007)

✚ **Lactobacillus Bulgaricus:** Son bacilos alargados con la punta redondeada separados o formando cadenas, su tamaño es de 0,8 a 1  $\mu\text{m}$  de ancho 4 a 6  $\mu\text{m}$  de largo, en la leche produce aproximadamente un 1,7 % de ácido láctico. Al ser una bacteria termófila, su temperatura óptima de crecimiento es de 42-45°C, también presentan mayor resistencia a los antibióticos que el S. thermophilus, y son sensibles a la sal y no se desarrollan en presencia de sales biliares o en caldos con 2% de NaCl. (Romero & Mestres, 2004)

## 2.8 Planta de tarwi

En la figura 2.7, se muestra los datos taxonómicos de la planta de tarwi, su origen y la distribución geográfica

| <b>Planta de tarwi (<i>Lupinus mutabilis</i>)</b>  |   |
|--|---|
| <p><b>Nombre científico:</b><br/><i>Lupinus mutabilis</i> Sweet (Zavaleta, 2018)</p>   |  |
| <p><b>Nombre común</b><br/><b>Bolivia:</b> chuchus muti, chuchus. (Zavaleta, 2018)</p>   |   |
| <p><b>Denominaciones en diferentes idiomas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• español: altramuz, lupino, chocho</li> <li>• Aymara: tauri (Bolivia)</li> <li>• Quechua: tarwi, tarhui (Bolivia, Perú)</li> <li>• Inglés: Andean lupine, pearl lupin (Zavaleta, 2018)</li> </ul> |   |
| <p><b>Origen:</b><br/>” El tarwi es un miembro de la familia Fabaceae, originaria de los Andes de Perú, Bolivia y Ecuador. Ha sido cultivado en el área andina desde épocas preincaicas, y alcanzó su máximo esplendor y mejoramiento en la época incaica”. (Zavaleta, 2018)</p>             |   |
| <p><b>Fuente:</b> (Mujica et al., 2015)</p>  |   |

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 2.7** Taxonomía de la planta de tarwi

## 2.9 Composición química del grano y valor nutricional

El Tarwi o chocho es una leguminosa que contiene un alto porcentaje de proteínas (47,8%) y su calidad se debe al contenido adecuado en lisina (la lisina es un aminoácido esencial en la absorción del calcio y la construcción del tejido muscular, que se encuentra en bajas concentraciones en cereales) y cistina, y carece de aminoácidos que contiene azufre tales como metionina; los aminoácidos presentes en el tarwi se muestran en la tabla N<sup>o</sup>1, comparados frente a la soja y fréjol. También contiene un elevado contenido de grasa (18-25%), que consta de ácidos grasos insaturados, aproximadamente el 36,1-54,6% es ácido oleico, el 22,3-43,9% es ácido linoleico y el 2,1-2,7% corresponde al ácido linoleico. La baja concentración de ácido linoleico

favorece a la conservación del aceite ya que este se oxida rápidamente y origina cambios indeseables en el sabor. (Espejo, 2017)

Las proteínas del tarwi aumenta cuando el tarwi está desamargado, esto se debe a la solubilidad de las proteínas, que depende del número de grupos polares o apolares que lo acompañan, y su ordenación en la molécula; siendo de esta manera solubles en solventes polares como: agua, glicerol, formamida, ácido fórmico, en disolventes menos polares como: etanol (solo en algunos casos); también estas proteínas dependen directamente del pH. (Espejo, 2017)

Las vitaminas y minerales del tarwi son una fuente importante de fósforo, magnesio y potasio para el hombre. El calcio se encuentra principalmente en la cáscara, por tanto, si se requiere de este mineral, lo aconsejable es consumirlo completo, al contrario del fósforo que se encuentra en el núcleo del grano de tarwi. (Espejo, 2017)

**Tabla 2.2**

*Contenido de aminoácidos en el tarwi, soya, frejol (expresado en g/19g de N)*

| Aminoácido   | Tarwi ( <i>Lupinus mutabilis</i> ) | Soya | frejol |
|--------------|------------------------------------|------|--------|
| Isoleucina   | 3,4                                | 4,5  | 4,2    |
| Leucina      | 7,4                                | 7,8  | 7,6    |
| Lisina       | 5,3                                | 6,4  | 7,2    |
| Metionina    | 0,4                                | 1,3  | 1,1    |
| Fenilalanina | 3,4                                | 4,9  | 5,2    |
| Treonina     | 3,5                                | 3,9  | 4,0    |
| Valina       | 3,5                                | 4,8  | 4,6    |
| Histidina    | 2,2                                | 2,5  | 2,8    |
| Tirosina     | 3,5                                | 3,1  | 2,5    |
| Triptófano   | 1,8                                | 1,0  | -      |

Fuente: (Espejo, 2017)

### 2.10 Eliminación de alcaloides del tarwi

Los granos de tarwi contienen diversos factores tóxicos y anti nutricionales, entre ellos, hemaglutininas, glucósidos cianogénicos, inhibidores de tripsina y, principalmente, alto contenido de alcaloides. Estos últimos, debido a sus efectos nocivos y sabor amargo, son inconvenientes para el uso industrial de la semilla, cuando el objeto de

interés no son los alcaloides. Por ende, deben ser eliminados tanto para el uso industrial como tradicional mediante un proceso denominado desamargado. Para ello han surgido dos estrategias, la primera y más usada se enfoca en el desarrollo de tecnologías de desamargado, la segunda en el desarrollo de variedades dulces. (Zavaleta, 2018)

De superar este inconveniente, estaríamos frente a un producto de gran relevancia para la industria alimentaria, cuyo uso no solo mejoraría la nutrición en las poblaciones donde es cultivada, sino que incluso podría extenderse hacia regiones donde actualmente no es consumido. (Zavaleta, 2018)

### **2.10.1. Métodos de desamargado**

Las tecnologías de desamargado son aquellas que buscan eliminar o reducir el contenido de alcaloides de las semillas sin alterar significativamente su contenido nutricional, permitiendo utilizar estas semillas en la alimentación humana con menor riesgo de intoxicación y mayor beneficio en la alimentación humana o animal. (Rahma y Narasinga Rao, 1984).

Según (Suca, 2015), existen cuatro etapas de hidratación, cocción, desamargado propiamente dicho

✚ Hidratación, también conocida como remojo, es una etapa preparatoria realizada a temperatura ambiente, cuya finalidad es acondicionar los granos incrementando su contenido de agua y facilitando así la extracción de los alcaloides en etapas posteriores. Se puede realizar de dos maneras: en agua estacionaria o en agua en circulación. En la primera opción es posible controlar parámetros como relación materia prima-agua y el tiempo de hidratación; la segunda opción permite controlar el caudal y el tiempo, pero su baja reproducibilidad y alto costo hacen inviable su aplicación. (Quispe, 2015)

✚ Cocción, es la etapa clave del proceso ya que realiza muchas modificaciones en el grano que favorecen su procesamiento y la extracción de los alcaloides: inactiva la

capacidad de germinación del grano, desnaturaliza las enzimas lipasa y lipoxigenasa, elimina microorganismos que pueden producir toxinas y ocasionar descomposición de los nutrientes, coagula las proteínas reduciendo las pérdidas en la siguiente etapa, facilita la lixiviación de alcaloides al aumentar la permeabilidad de la pared celular y los tejidos. (Suca, 2015)

- ✚ Desamargado, es el desamargado propiamente dicho. Se puede lograr a través de tres métodos: biológico, químico o físico. Este último es el más utilizado actualmente, tanto a nivel casero como comercial, Es muy importante elegir la técnica más adecuada ya que debe ser lo suficientemente eficiente para eliminar los alcaloides. (Carvajal, 2013)

### **2.10.2 Propiedades nutricionales del tarwi para la salud del ser humano**

Según los conocimientos y saberes andinos de los agricultores que cultivan el tarwi por la cultura Aymara en Puno, señalan que este grano andino es medicinal y controla diferentes enfermedades:

- ✚ **Diabetes:** Se hace hervir harina de tarwi cruda sin desmargar hasta formar una masa aguada. La cocción se realiza con una adecuada proporción de agua. De esta pasta, se toma una pequeña porción, la que se adhiere a la punta de la cuchara, debiéndose tomar en ayunas durante un mes. Su propiedad es hacer desaparecer los síntomas propios del diabético, luego que haya sido declarado por el diagnóstico médico.
- ✚ **Males renales:** Las personas que sufren males renales se cansan muy pronto, sufren fatigas permanentes en la planta de los pies, se quejan de dolores y calambres a nivel de la cintura. Para aliviar y curar dichos males, se utiliza el agua resultante del remojo del tarwi. A esta agua se le agrega sal de cocina calentada en tostadora, este líquido tibio se pone en la parte adolorida, remojando en un paño negro como fomento. Para un completo restablecimiento se necesita reposo en cama. Se debe repetir el proceso hasta quedar bien reestablecido. Tiene el mismo efecto cuando se usa el agua, producto de la cocción del tarwi durante el proceso del desamargado.

✚ **Resaca:** En el campo, los agricultores durante las fiestas patronales y luego de realizar los rituales, beben alcohol etílico de 45 grados en preparados diversos. Producto de ello y al día siguiente, las consecuencias son: desánimo, nerviosismo y muchos deseos de beber agua, producto del daño provocado al hígado. Este malestar es conocido como resaca. Para aliviar dicho mal, el campesino elabora el tauri xuq'u, el cual consume en forma directa los granos de tarwi desamargados y en un tiempo breve se siente aliviado.

✚ **Parásitos externos:** Para eliminar infestación de parásitos externos en el ganado vacuno (garrapatas), se hace hervir en agua de tarwi producto del desamargado, el ajeno y hollín de cocina. Con el producto de esta infusión, se baña al animal con parásitos externos, se repite hasta dejar libre de parásitos

El Tarwi también puede ser procesado para carne vegetal que es una pasta blanca que se obtiene a partir de la fermentación del grano con esporas de moho *Rhizopus oligosporus*, mientras que leche de Tarwi es un extracto acuoso, cuando se le añade proteína hidrolizada y homogel como estabilizante, esta leche es la materia prima para yogur y queso respectivamente. (Rebollar, 2017)

## **2.11 Materia prima para la elaboración de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi**

La materia prima e insumos para la elaboración de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi se muestran a continuación:

### **2.11.1 Leche de vaca**

La leche es el producto íntegro del ordeño total e interrumpido de una hembra lechera en buen estado de salud, bien nutrida y no fatigada. Ha de ser recogida de forma adecuada y no debe contener calostro. La denominación “LECHE” sin indicación de la especie animal procedente, se reserva a la leche de la vaca, toda leche que proceda de

una hembra lechera que no sea la de vaca debe designarse de la especie animal de la que procede. (Santos, 2007)

### 2.11.1.1 Composición química de la leche de vaca

El componente mayoritario de la leche de vaca es el agua (87,5%) y el resto (12,5%) está constituido principalmente por: lípidos, proteínas y carbohidratos sintetizados en la glándula mamaria, además de pequeñas cantidades de compuestos minerales, vitaminas, enzimas, gases, entre otros. La mayoría del material lipídico se presenta en forma de pequeños glóbulos rodeados de una membrana que separa la grasa de la fase acuosa. en la tabla 2.3 se muestra la composición química leche entera. (Silvia, 1999)

**Tabla 2.3**

#### *Composición química de leche entera de vaca*

| <b>Componentes</b> | <b>Porcentaje (%)</b> |
|--------------------|-----------------------|
| Agua               | 87,50                 |
| Lactosa            | 4,80                  |
| Grasa              | 4,00                  |
| Proteína           | 3,50                  |
| Sales minerales    | 0,70                  |
| Total 100%         | 100                   |

**Fuente:** (Silvia, 1999)

### 2.11.1.2 Propiedades químicas de la leche de vaca

El pH de la leche es ligeramente ácido (pH comprendido entre 6,6 y 6,8). Otra propiedad química importantes es la acidez, o cantidad de ácido láctico que suele ser de 0,15-0,16% de la leche. Las sustancias proteicas de la leche son las más importantes en el aspecto químico. Se clasifican en dos grupos: proteínas (la caseína se presenta en 80% del total proteínica, mientras que las proteínas del suero lo hacen en un 20%) y las enzimas (Baldeon, 2012)

La reductasa es producida por microorganismos ajenos a la leche y su presencia indica que está contaminada. La xantoxidasa en combinación con nitrato de potasio ( $KNO_3$ ) inhibe el crecimiento de bacterias butíricas. La lipasa oxida las grasas y da olor rancio a los productos y se inhibe con pasteurización. La calatasa se incrementa con la mastitis

y, si bien no deteriora el alimento, se usa como indicador microbiológico en la leche. (Baldeon, 2012)

### 2.11.1.3 Propiedades nutricionales de la leche de vaca

Su diversificada composición, en la que entran grasa (donde los triglicéridos son la fracción mayoritaria con el 98% del total lipídico y cuyos ácidos grasos que los forman son mayormente saturados), proteínas, (caseína, albumina y proteínas del suero) y glúcidos (lactosa, azúcar específica de la leche), la convierten en un alimento completo (Baldeon, 2012)

**Tabla 2.4**

*Valores físicos y químicos de la leche de vaca*

| Requisitos                             | Entera      | Semidescremada o parcialmente descremada | Descremada | Método de análisis             |
|--|-------------|--|------------|--------------------------------|
| <b>Materia grasa</b>                   | Min. 3,0    | 0,6 a 2,9                                | Max. 0,5   | FIL 1C: 1987                   |
| <b>Acidez</b>                          | 0,14 a 0,18 | 0,14 a 0,18                              | 0,14       | AOAC 15 <sup>a</sup> Ed.947.05 |
| <b>g. ácido láctico/100 ml</b>         |             |  | 0,18       | FIL 48: 1969                   |
| <b>Estabilidad del etanol (68%v/v)</b> | Estable     | Estable                                  | Estable    | FIL 48: 1969                   |
| <b>Extracto seco no graso (% m/m)</b>  | Min. 8,2    | Min. 8,3                                 | Min. 8,4   | FIL 21B:1987                   |

**Fuente:** (Baldeon, 2012)

### 2.12 Insumos para la elaboración de yogurt afluado enriquecido con leche de tarwi

Los insumos necesarios para la elaboración del yogurt afluado enriquecido con leche de tarwi se detallan a continuación:



### 2.12.1 Leche de Tarwi

La leche de Tarwi se forma a partir de la eliminación de la testa (descascarado) del Tarwi, que se licua y cuele obteniendo un líquido de color crema siendo esta bebida recomendable para personas alérgicas a la leche de vaca pudiendo reemplazar su consumo ya que la leche de Tarwi contiene un alto porcentaje de grasas vegetales insaturadas. (Jacopsen, 2006)

La leche vegetal tiene una cantidad de proteínas similar al de la leche de vaca, pero contiene menos calorías, no contiene colesterol, lactosa y casi ningún factor alérgico, con los siguientes aportes, en la tabla 2.5 se muestra una comparativa nutricional de la leche de tarwi.

**Tabla 2.5**

*Comparativa nutricional de la leche de tarwi en 100 g*

| Composición    | Leche de tarwi | Leche de vaca | Leche materna | Unidad |
|----------------|----------------|---------------|---------------|--------|
| Energía (Kcal) | 71,30          | 59,00         | 62,00         | Kcal   |
| Humedad        | 93,60          | 88,60         | 88,60         | g      |
| Proteína       | 3,25           | 2,90          | 1,40          | g      |
| Carbohidratos  | 1,07           | 4,50          | 6,89          | g      |
| Grasa          | 1,82           | 3,30          | 3,10          | g      |
| Fibra          | 0,04           | 0,00          | 0,00          | g      |
| Calcio         | 50,00          | 100,00        | 35,00         | mg     |
| Fosforo        | 95,00          | 36,00         | 15,00         | mg     |
| hierro         | 2,50           | 0,10          | 0,20          | mg     |

**Fuente:** (Sanchez, 2010)

#### 2.12.1.1 Propiedades físicas de la leche de tarwi

La leche de tarwi es el extracto acuoso de la misma, que es una emulsión de color blanco con apariencia semejante al de la leche de vaca, como alternativa nutricional en reemplazo de la leche vacuna, constituye una alternativa atrayente en la nutrición por su valor proteico. (Sanchez, 2010)

**+** **Solución:** los minerales, así como los hidratos de carbono se encuentran disueltos en el agua

✚ **Suspensión:** las sustancias proteicas se encuentran con el agua en suspensión

✚ **Emulsión:** la grasa en agua se presenta como emulsión

**Tabla 2.6**

*Valores físicos y químicos de la leche de tarwi*

| Requisitos                        | Leche de tarwi | Método de análisis        |
|-----------------------------------|----------------|---------------------------|
| <b>Materia grasa</b>              | 1,82           | INEN 12                   |
| <b>Acidez (pH)</b>                | 6,9            | AOAC 981.12.42.1.04. 2000 |
| <b>Extracto seco no graso (%)</b> | 2,57           | INEN 14                   |

**Fuente:** (Baldeon, 2012)

### **2.12.2 Cultivos lácticos**

Un cultivo iniciador son aquellas bacterias que producen yogurt a partir de la leche de vaca siendo las más comunes *Lactobacillus delbrueckii bulagricus* y *Streptococcus salivarius thermophilus*, sus principales funciones son la producción de ácido láctico y desarrollo de sabor en el producto. (Robinson R. y Tamine A. , 1988)

Las bacterias ácido lácticas se usan ancestralmente para fermentar la leche con el fin de incrementar su vida útil, entre las bacterias ácido lácticas de gran importancia en la industria con capacidad de sintetizar EPS se encuentran cepas pertenecientes a las especies *enterococcus faecalis*, *enterococcus faecium*, *lactobacillus casei*, *Lb paracasei*, *Lb rhamnosus*, *Lb sakei*, entre otros. (Hamet, 2012)

### **2.12.3 Azúcar blanco**

La principal función del azúcar es atenuar la acidez del producto final. La cantidad de azúcar añadida depende de tipo de azúcar utilizada, preferencias del consumidor, fruta utilizada, limitaciones legales y consideraciones económicas. Cabe mencionar que si se agrega demasiada azúcar (más del 10%), a la leche antes del periodo de inoculación/incubación tiene un efecto adverso sobre las condiciones de fermentación debido a que cambia la presión osmótica de la leche. (Robinson&Tamine, 1991)

#### **2.12.4 Leche en polvo**

Es el ingrediente más utilizado. Es agregado a la mezcla en un rango de 1 – 6% pero se recomienda de 3 – 4%, ya que si se añade por encima de este rango puede que el yogur obtenga un sabor a leche en polvo. Además, ayuda a mejorar la consistencia y viscosidad en el producto final. (Tetra Parck, 2000)

#### **2.12.5 Conservante sorbato de potasio**

Es una sal del ácido sórbico que actúa impidiendo el desarrollo de los hongos, levaduras y otras bacterias. La cantidad de conservante que se debe utilizar depende de la humedad y pH; cuanto más ácido sea el alimento más efectivo es el conservante, teniendo como resultado beneficioso en productos con pH superior a 4,0 e inferior a 6,5 (Cevallos & Cobo, 2011).

**CAPITULO III**

**DISEÑO EXPERIMENTAL**

### 3.1 Desarrollo de la parte experimental

La parte experimental del presente trabajo de investigación “Elaboración de yogurt afluado enriquecido con leche de tarwi”, se realizaron en los laboratorios dependientes de la Carrera de Ingeniería de Alimentos de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho

### 3.2 Descripción de los equipos, instrumentos de laboratorio, materiales, utensilios de cocina y reactivos químicos de laboratorio


Para la parte experimental del trabajo de investigación, se utilizaron diferentes equipos e instrumentos así también utensilios de cocina y reactivos químicos, que se describen a continuación:

#### 3.2.1 Equipos de proceso

Los equipos utilizados en el presente trabajo de investigación, se describen a continuación:

##### 3.2.1.1 Licuadora mixer


Este equipo fue utilizado en la etapa de homogenización de la mezcla de leche, leche de tarwi, e insumos alimenticios. Las especificaciones técnicas de la licuadora mixer, se detallan en la figura 3.1.

| Licuadora mixer   | Especificaciones técnicas  |
|---|--|
|  | <ul style="list-style-type: none"><li>▪ <b>Marca:</b> Philips</li><li>▪ <b>Modelo:</b> ED-215(BU)-2</li><li>▪ <b>Voltaje:</b> AC220V 50/60 Hz</li><li>▪ <b>Cuchilla rígida:</b> Acero inoxidable</li><li>▪ <b>Potencia:</b> 180W</li><li>▪ <b>Industria:</b> China</li></ul> |

**Fuente:** Elaboración propia  
**Figura 3.1** Licuadora mixer

### 3.2.1.2 Cocina industrial

Este equipo se utilizó como fuente de suministro de calor necesario para la etapa de pasteurización de la leche y leche de tarwi. Las especificaciones técnicas de la cocina, se indica en la figura 3.2.

| <b>Cocina industrial</b>  | <b>Especificaciones técnicas</b>  |
|---|---|
|  | <ul style="list-style-type: none"><li>▪ <b>Número de hornallas:</b> 2</li><li>▪ <b>Consumo:</b> 1500 Kcal/h</li><li>▪ <b>Dimensión:</b> 127 x 304 mm</li><li>▪ <b>Material:</b> Acero Inoxidable</li><li>▪ <b>Industria:</b> Boliviana</li><li>▪ <b>Regulador:</b> un nivel</li></ul> |

**Fuente:** L.T.A, 2021

**Figura 3.2** Cocina industrial

### 3.2.1.3 Termostato eléctrico (baño maría)

Este equipo fue utilizado para el desarrollo durante la etapa de fermentación. Las especificaciones técnicas del termostato eléctrico, se detallan en la figura 3.3.


| <b>Termostato eléctrico</b>   | <b>Especificaciones técnicas</b>   |
|---|--|
|  | <ul style="list-style-type: none"><li>▪ <b>Industria:</b> Hungría</li><li>▪ <b>Marca:</b> Memmet</li><li>▪ <b>Potencia conectada:</b> 1100 Watts</li><li>▪ <b>Tiempo y temperatura:</b> 12 horas – 100°C</li><li>▪ <b>Modelo:</b> 854 Schwabach 770-331 W720</li></ul> |

**Fuente:** L.T.A, 2021

**Figura 3.3** Termostato eléctrico

### 3.2.1.4 Freezer

Este equipo fue utilizado para la etapa de refrigeración y almacenamiento del producto final. Las especificaciones técnicas, se muestran en la figura 3.4.

| <b>Freezer</b>  | <b>Especificaciones técnicas</b>   |
|---|--|
|  | <ul style="list-style-type: none"><li>▪ <b>Industria:</b> Brasil</li><li>▪ <b>Fabricado por:</b> Whirlpool S.A.</li><li>▪ <b>Marca:</b> cónsul</li><li>▪ <b>Modelo:</b> CHB53CBDEA</li><li>▪ <b>Potencia:</b> 226 watts</li><li>▪ <b>Tensión:</b> 220 V</li><li>▪ <b>Frecuencia:</b> 50 Hz</li><li>▪ <b>Corriente:</b> 2.1 A</li></ul> |

**Fuente:** L.T.A, 2021


**Figura 3.4** Freezer

### 3.2.2 Instrumentos de laboratorio

Los instrumentos de laboratorio que se utilizaron para el proceso de elaboración de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi, se detallan a continuación:

#### 3.2.2.1 Balanza digital

Este equipo se utilizó para el pesaje de materia prima e insumos. Las especificaciones técnicas de la balanza digital, se muestran en la figura 3.5.

| <b>Balanza digital</b>  | <b>Especificaciones técnicas</b>  |
|---|---|
|  | <ul style="list-style-type: none"><li>▪ <b>Industria:</b> Suiza</li><li>▪ <b>Marca:</b> METTLER TOLEDO</li><li>▪ <b>Modelo:</b> PB1502</li><li>▪ <b>Potencia:</b> 5 W</li><li>▪ <b>Frecuencia:</b> 50/60 Hz</li><li>▪ <b>Capacidad:</b> Max. 1510g - min. 0.5g<br/>e:0.1; d:10 mg</li></ul> |

**Fuente:** L.T.A, 2021

**Figura 3.5** Balanza digital

### 3.2.2.2 Balanza analítica

Este equipo de laboratorio, se utilizó para el pesaje del cultivo lácteo. Las especificaciones técnicas de la balanza digital, se muestran en la figura 3.6.


| Balanza analítica   | Especificaciones técnicas   |
|---|---|
|  | <ul style="list-style-type: none"><li>▪ <b>Capacidad:</b> Máx. 200 gr – min. 0,001 gr</li><li>▪ <b>Industria:</b> U.S.A</li><li>▪ <b>Marca:</b> ALLIED Fisher scientific</li><li>▪ <b>Modelo:</b> 2200</li><li>▪ <b>Amperios:</b> 50/60Hz</li></ul> |

**Fuente:** L.T.A, 2021

**Figura 3.6** Balanza analítica

### 3.2.2.3 pH-metro

Este equipo se utilizó para medir el pH de la leche, leche de tarwi y del yogur aflanado. Las especificaciones técnicas de pH – metro, se muestran en la figura 3.7.

| pH - metro  | Especificaciones técnicas   |
|---|---|
|  | <ul style="list-style-type: none"><li>▪ <b>Marca:</b> Horiba</li><li>▪ <b>Industria:</b> Japón</li><li>▪ <b>Pantalla:</b> LCD</li><li>▪ <b>Parámetros:</b> Ph/ORP/Ion/Temp(°C)</li><li>▪ <b>Rango de Ph:</b> -2.00 a 19.99 pH</li><li>▪ <b>Precisión:</b> 0.003 pH</li><li>▪ <b>Dimensión:</b> Elaboración propia</li></ul> |


**Fuente:** L.C.I.A, 2021

**Figura 3.7** pH - metro



### 3.2.2.4 Viscosímetro rotacional

Este instrumento fue utilizado para determinar la viscosidad durante la selección de la muestra ideal, como la del producto final. Las especificaciones técnicas del viscosímetro, se detallan en la figura 3.8.


| Viscosímetro rotacional   | Especificaciones  |
|---|---|
|  | <ul style="list-style-type: none"><li>▪ <b>Marca:</b> SELECTA</li><li>▪ <b>Modelo:</b> STS-2011R</li><li>▪ <b>Red eléctrica:</b> 100-230V/50-60Hz</li><li>▪ <b>Rango de Temperatura:</b> 0,0 a 100,0°C</li><li>▪ <b>Rango de medida:</b> 20 a 40.000.000 cP</li><li>▪ <b>Potencia:</b> 15 W</li></ul> |

**Fuente:** L.C.I.A, 2021

**Figura 3.8** Viscosímetro rotacional

### 3.2.2.5 Refractómetro de bolsillo

Este instrumento fue utilizado para medir los sólidos solubles (°Brix) presentes en la leche y leche de tarwi; como también en el producto final. Las especificaciones técnicas, se muestran en la figura 3.9.


| Refractómetro   | Especificaciones técnicas   |
|---|---|
|  | <ul style="list-style-type: none"><li>▪ <b>Industria:</b> Japón</li><li>▪ <b>Marca:</b> ATAGO</li><li>▪ <b>Modelo:</b> 50301030</li><li>▪ <b>Precisión:</b> 0,2°Brix</li><li>▪ <b>Rango:</b> 0 a 32 °Brix</li></ul> |

**Fuente:** L.T.A, 2021

**Figura 3.9** Refractómetro

### 3.2.2.6 Termómetro de alcohol

El termómetro de alcohol, se utilizó para medir las diferentes temperaturas en las etapas de precalentamiento, pasteurización, inoculación, fermentación y del producto terminado. Las especificaciones, se detalla en la figura 3.10.


| Termómetro de alcohol   | Especificaciones técnicas   |
|---|---|
|  | <ul style="list-style-type: none"><li>▪ <b>Tipo:</b> termómetro de alcohol</li><li>▪ <b>Escala:</b> Min. -10°C; max. 200°C</li><li>▪ <b>División de escala :</b> 1°C</li><li>▪ <b>Carga de líquido termosensible a la temperatura:</b> Alcohol rojo</li><li>▪ <b>Medidas externas:</b> largo 25 cm; diámetro 5 mm</li></ul> |

**Fuente:** L.T.A, 2021

**Figura 3.10** Termómetro de alcohol

### 3.2.2.7 Bureta digital

El termómetro de alcohol, se utilizó para medir las diferentes temperaturas en las etapas de precalentamiento, pasteurización, inoculación, fermentación y del producto terminado. Las especificaciones, se detalla en la figura 3.10.

| Bureta digital  | Especificaciones técnicas   |
|---|---|
|  | <ul style="list-style-type: none"><li>● <b>Marca</b> JENCONS</li><li>● <b>Modelo</b> DIGITRATE-PRO 50</li><li>● <b>Capacidad</b> 0,01 – 50 ml</li><li>● <b>Exactitud</b> ± 0,2</li><li>● <b>Imprecisión</b> 0,1%</li><li>● <b>División</b> 0,01 ml</li><li>● <b>Dimensiones</b> 99×34 mm</li><li>● <b>Industria</b> Reino unido</li></ul> |

**Fuente:** L.C.I.A, 2021

**Figura 3.10** Bureta digital

### 3.2.3. Material de laboratorio

El material de laboratorio utilizado durante el desarrollo del presente trabajo, se detallan en la tabla 3.1.

**Tabla 3.1**

#### *Material de laboratorio*

| <b>Material</b>              | <b>Cantidad</b> | <b>Tamaño</b> | <b>Tipo</b> |
|------------------------------|-----------------|---------------|-------------|
| <b>Pipetas</b>               | 3               | Mediano       | Vidrio      |
| <b>Piseta</b>                | 1               | 300 ml        | Plástico    |
| <b>Embudo</b>                | 1               | Pequeño       | Vidrio      |
| <b>Vaso de precipitación</b> | 2               | Grande        | Vidrio      |
| <b>Matraz erlenmeyer</b>     | 1               | Mediano       | Vidrio      |
| <b>Termómetro digital</b>    | 1               | Normal        | Vidrio      |

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.2.4 Utensilios de cocina

Los utensilios necesarios para la elaboración de yogurt afluado enriquecido con tarwi se detalla en la tabla 3.2.

**Tabla 3.2**

#### *Utensilios utilizados para la parte experimental*

| <b>Utensilios</b>      | <b>Cantidad</b> | <b>Tamaño</b> | <b>Tipo</b>      |
|------------------------|-----------------|---------------|------------------|
| <b>Ollas</b>           | 2               | 2-3 litros    | Acero inoxidable |
| <b>Recipientes</b>     | 2               | 1 litro       | Acero inoxidable |
| <b>Jarra graduada</b>  | 3               | 1 litro       | Plástico         |
| <b>Coladores</b>       | 1               | Mediano       | Plástico         |
| <b>Cucharas</b>        | 2               | Mediano       | Madera           |
| <b>Cucharillas</b>     | 2               | -             | Acero inoxidable |
| <b>Papel toalla</b>    | 7               | -             | -                |
| <b>Envase con tapa</b> | 100             | 150 ml        | Poliestireno     |
| <b>Envase (spray)</b>  | 1               | 200 ml        | Plástico         |

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.2.5 Reactivos químicos de laboratorio

Los reactivos utilizados para el control del parámetro acidez de la acidez en la elaboración de yogurt afluado enriquecido con leche de tarwi; como también el tipo de alcohol utilizado para la esterilización de materiales se muestran en la tabla 3.3.

**Tabla 3.3**

*Reactivos químicos de laboratorio*

| <b>Reactivos</b>                      | <b>Concentración</b> | <b>Unidad</b> | <b>Cantidad</b> |
|---------------------------------------|----------------------|---------------|-----------------|
| <b>Solución de hidróxido de sodio</b> | 0,10                 | N             | 1 litro         |
| <b>Fenolftaleína</b>                  | 1,00                 | %             | 50 ml           |
| <b>Alcohol etílico</b>                | 70,00                | %             | 1 litro         |

**Fuente:** Elaboración propia

**3.3 Materia prima e insumos alimentarios para la elaboración de yogurt afluado enriquecido con tarwi**

La materia prima e insumos alimentarios para la elaboración de yogurt afluado enriquecido con tarwi, se detalla a continuación:

**3.3.1. Materia prima (leche de vaca entera)**

La materia prima utilizada es leche de vaca entera cruda adquirida de la granja de la familia Lujan y de la provincia Cercado de Tarija y se detalla en la figura 3.11





**Fuente:** Elaboración propia  
**Figura 3.11** Leche de vaca entera

### 3.3.2. Insumos y conservantes alimentarios

Los insumos alimentarios utilizados para la elaboración de yogurt aflanado enriquecido con leche tarwi, se muestra en la figura 3.12



**Fuente:** Elaboración propia  
**Figura 3.12** Leche de tarwi

|  |   |
|--|---|
| <p><b>Cultivo Lácteo prebiótico</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>○ <b>Estado:</b> Sólido (liofilizado)</li><li>○ <b>Marca:</b> CHR HANSEN (812)</li><li>○ <b>Procedencia:</b> Europea</li></ul> | <p><b>Leche en polvo entera</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>○ <b>Estado:</b> Polvo sólido</li><li>○ <b>Marca:</b> Purísima</li><li>○ <b>Procedencia:</b> Argentina</li></ul>                 |
| <p><b>Azúcar</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>○ <b>Estado:</b> Sólido (cristales)</li><li>○ <b>Marca:</b> Azúcar Bermejo</li><li>○ <b>Procedencia:</b> Tarija-Bermejo</li></ul>                 | <p><b>Gelatina neutra</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>○ <b>Estado:</b> Sólido (polvo)</li><li>○ <b>Marca:</b> Ingredientes esenciales SRL.</li><li>○ <b>Procedencia:</b> Colombia</li></ul>  |

**Fuente:** Elaboración Propia  
**Figura 3.12** Insumos alimentarios

En la figura 3.13, se muestra el conservante alimentario que fue utilizado para la elaboración de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 3.13** Conservante alimentario

### 3.4 Metodología para la obtención de resultados

Los métodos utilizados para cumplir con los objetivos propuestos en la elaboración de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi, se detallan a continuación:

#### 3.4.1 Análisis fisicoquímico de la leche de vaca entera

En la tabla 3.5, se muestran los análisis fisicoquímicos de la leche de vaca entera y las técnicas/normas utilizadas para su determinación.

**Tabla 3.4**

#### *Análisis fisicoquímico de la leche*

| Parámetros                     | Técnica y/o método de ensayo | Unidad    |
|--------------------------------|------------------------------|-----------|
| <b>Acidez (ácido láctico)</b>  | NB 229:98                    | %         |
| <b>Cenizas</b>                 | NB 39034:10                  | %         |
| <b>Densidad relativa (20°)</b> | NB 230:99                    | -         |
| <b>Fibra</b>                   | Gravimétrico                 | %         |
| <b>Materia grasa</b>           | NB 228:98                    | %         |
| <b>Hidratos de carbono</b>     | Calculo                      | %         |
| <b>Humedad</b>                 | NB 313010:05                 | %         |
| <b>Proteína total (Nx6,38)</b> | NB/ISO 8968-1:08             | %         |
| <b>Sólidos solubles</b>        | NB 383:80                    | %         |
| <b>Sólidos no grasos</b>       | NB 706:98                    | %         |
| <b>Sólidos totales</b>         | NB 231:1-1998                | %         |
| <b>Valor energético</b>        | calculo                      | Kcal/100g |

**Fuente:** CEANID, 2021

### 3.4.1.1. Análisis de micronutrientes de la leche de vaca entera

En la tabla 3.5, se muestran los análisis de los micronutrientes de la leche de vaca entera y las técnicas/ normas utilizadas para su determinación.

**Tabla 3.5**

#### *Análisis de micronutrientes de la leche*

| <b>Parámetros</b> | <b>Técnica y/o método de ensayo</b> | <b>Unidad</b> |
|-------------------|-------------------------------------|---------------|
| <b>Calcio</b>     | Absorción atómica                   | mg/100g       |
| <b>Fósforo</b>    | SM 45000-P-D                        | mg/100g       |

**Fuente:** CEANID, 2021

### 3.4.2 Análisis microbiológico de la leche de vaca entera

En la tabla 3.6, se muestran los análisis microbiológicos de la leche y las técnicas/ normas utilizados para su determinación.

**Tabla 3.6**

#### *Análisis microbiológico de la leche*

| <b>Microorganismos</b>    | <b>Técnica y/o método de ensayo</b> | <b>Unidad</b> |
|---------------------------|-------------------------------------|---------------|
| <b>Coliformes fecales</b> | NB 32005:02                         | UFC/ml        |
| <b>Escherichia coli</b>   | NB 32005-02                         | UFC/ml        |
| <b>Mohos y levaduras</b>  | NB 32006:03                         | UFC/ml        |

**Fuente:** CEANID, 2021

### 3.4.3. Análisis fisicoquímico de la leche de tarwi

En la tabla 3.7 se muestra los análisis fisicoquímicos de la leche de tarwi y las técnicas/normas utilizadas para su determinación.

**Tabla 3.7***Análisis fisicoquímico de la leche de tarwi*

| Parámetros              | Técnica          | Unidad    |
|-------------------------|------------------|-----------|
| Acidez (ácido láctico)  | NB 229:98        | %         |
| Cenizas                 | NB 39034:10      | %         |
| Densidad relativa (20°) | NB 230:99        | -         |
| Fibra                   | Gravimétrico     | %         |
| Materia grasa           | NB 228:98        | %         |
| Hidratos de carbono     | Calculo          | %         |
| Humedad                 | NB 313010:05     | %         |
| Proteína total (Nx6,38) | NB/ISO 8968-1:08 | %         |
| Sólidos solubles        | NB 383:80        | %         |
| Sólidos no grasos       | NB 706:98        | %         |
| Sólidos totales         | NB 231:1-1998    | %         |
| Valor energético        | calculo          | Kcal/100g |

Fuente: CEANID, 2021

**3.4.3.1 Análisis de micronutrientes de la leche de tarwi**

En la tabla 3.8, se muestran los análisis de los micronutrientes de la leche de tarwi y las técnicas/normas utilizadas para su determinación.

**Tabla 3.8***Análisis de micronutrientes de la leche de tarwi*

| Parámetros | Técnica y/o método de ensayo | Unidad  |
|------------|------------------------------|---------|
| Calcio     | Absorción atómica            | mg/100g |
| Fósforo    | SM 45000-P-D                 | mg/100g |

Fuente: CEANID, 2021

**3.4.3.2 Análisis microbiológico de la leche de tarwi**

En la tabla 3.9, se muestran los análisis microbiológicos de la leche de tarwi y las técnicas/normas utilizadas para su determinación.

**Tabla 3.9***Análisis microbiológico de la leche de tarwi*

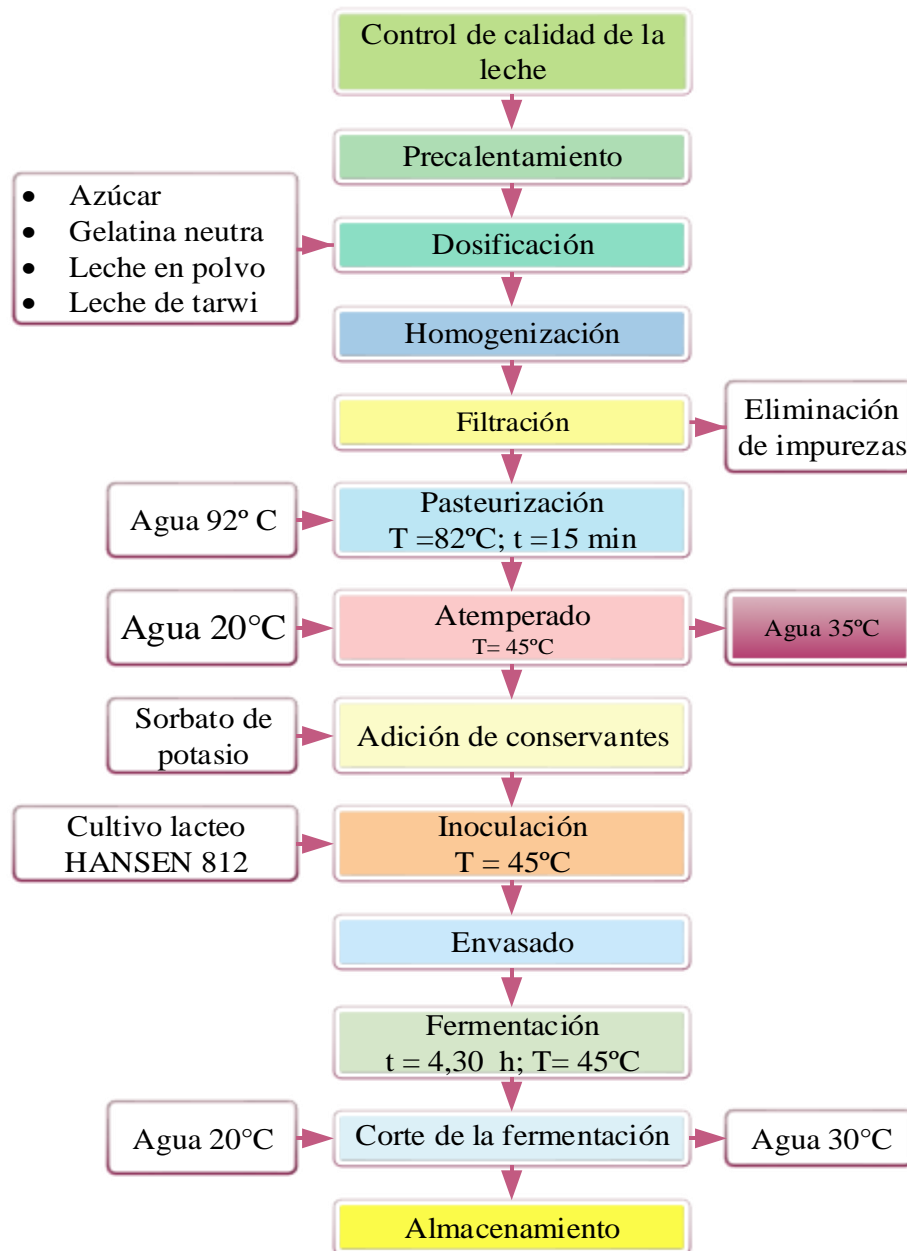
| Microorganismos    | Técnica y/o método de ensayo | Unidad |
|--------------------|------------------------------|--------|
| Coliformes fecales | NB 32005:02                  | UFC/ml |
| Escherichia Coli   | NB 32005:02                  | UFC/ml |
| Mohos y levaduras  | NB 32006:03                  | UFC/ml |

Fuente: CEANID, 2021



### 3.4.4 Diagrama de flujo del proceso para la elaboración de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi

En la figura 3.14, se muestra el diagrama de flujo del proceso para la elaboración de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 3.14** Diagrama de flujo obtención de yogurt aflanado enriquecido con leche tarwi

#### **3.4.4.1 Control de calidad de la leche**

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

Antes de realizar el procedimiento de elaboración de yogurt afluado enriquecido con leche de tarwi, se procedió a realizar el control de calidad de la leche en los cuales se tomaron en cuenta los siguientes parámetros:

- Ensayo 1: prueba de mastitis: método de análisis se detalla en el (Anexo E.1).
- Ensayo 2: acidez titulable: método de análisis se detalla en el (Anexo E.2).
- Ensayo 3 determinación del pH: método de análisis se detalla en el (Anexo E.3)
- Ensayo 4: determinación de solidos solubles: método de análisis se detalla en el (Anexo E.4).

#### **3.4.4.2 Pre calentamiento**

El pre calentamiento de la leche, se realizó en baño maría, conformado por dos recipientes de acero inoxidable donde se colocó agua en el primer recipiente y leche en segundo; en una cocina industrial, controlando la temperatura entre (10° a 50°) C, con el objetivo de facilitar la disolución de los insumos al momento de la dosificación

#### **3.4.4.3 Dosificación**

El proceso de dosificación, se realizó con la adición de los insumos agregando uno a uno se empezó por la leche de tarwi (30-35)% , leche en polvo entera (4%), azúcar (9%) y gelatina neutra (0,09-1,00%) en un recipiente de capacidad de 1500 ml de capacidad para facilitar la dispersión de los insumos secos con la leche se agito con la ayuda de un agitador metálico

#### **3.4.4.4 Homogenización**

Se mezclaron con la ayuda de un mixer (licuadora de aluminio), por un tiempo de 1 minuto aproximadamente, también impedirá la formación de nata y mejorar el sabor y la consistencia del producto

#### **3.4.4.5 Filtración**

Esta operación se realiza después de la dosificación la leche es filtrada con la ayuda de un colador estéril con el fin de eliminar las impurezas y compuestos macroscópicos que pudiera acarrear la misma trasladándola a un recipiente de acero inoxidable.

#### **3.4.4.6 Pasteurización**

El proceso de pasteurización, se llevó a cabo en un recipiente de acero inoxidable en baño maría, calentando la mezcla a una temperatura de 82°C se debe mantener la temperatura por un tiempo de 15 min. el objetivo que se busca es la destrucción de los microorganismos patógenos.

#### **3.4.4.7 Atemperado**

Durante el atemperado se procede colocando el recipiente de acero inoxidable en otro baño maría con agua fría para bajar la temperatura de la leche pasteurizada, logrando que el fluido llegue a una temperatura de 45°C.

#### **3.4.4.8 Adición de conservantes**

La adición de conservantes, realizó disolviendo 0.90 % de sorbato de potasio para un litro de leche, se añadió a un envase de 50 ml de leche atemperada para después añadir la solución en el resto de la leche esto con la finalidad de alargar la durabilidad del producto terminado durante la conservación por refrigeración.

#### **3.4.4.9 Inoculación**

Previo a esta etapa del proceso se realizó la esterilización del material a ser utilizado con alcohol al 70%. Para la inoculación se procedió al pesaje (0,004) % de cultivo láctico y se añadió en 20 ml de leche atemperada a 45°C donde se agita la mezcla de leche, seguidamente se procedió a agregar el inóculo a la mezcla.

#### **3.4.4.10 Envasado**

Se procede al envasado colocando la mezcla inoculada en los envases se tapa cuidadosamente evitando la contaminación.

#### **3.4.4.11 Fermentación**

En la etapa de fermentación se procede a colocar los vasos en el termostato en (baño maría) de forma cuidadosa, controlando la temperatura entre 41°C y 45°C por un tiempo de 4 horas y 30 minutos.

#### **3.4.4.12 Corte de la fermentación**

Durante este proceso se realizó el apagado del termostato eléctrico (baño María) y sustituyendo al agua caliente por agua fría a una temperatura entre (15–20) °C manteniendo los vasos de yogurt en contacto con el agua fría por un tiempo de cinco minutos. Este proceso tiene la finalidad de frenar la actividad microbiana y evitar así que el yogurt siga acidificándose.

#### **3.4.4.13 Almacenamiento**

Durante el almacenamiento el producto envasado fue almacenado a temperatura de refrigeración entre (3-5) °C. Para asegurar la calidad del producto, se realizó los siguientes análisis de control de calidad

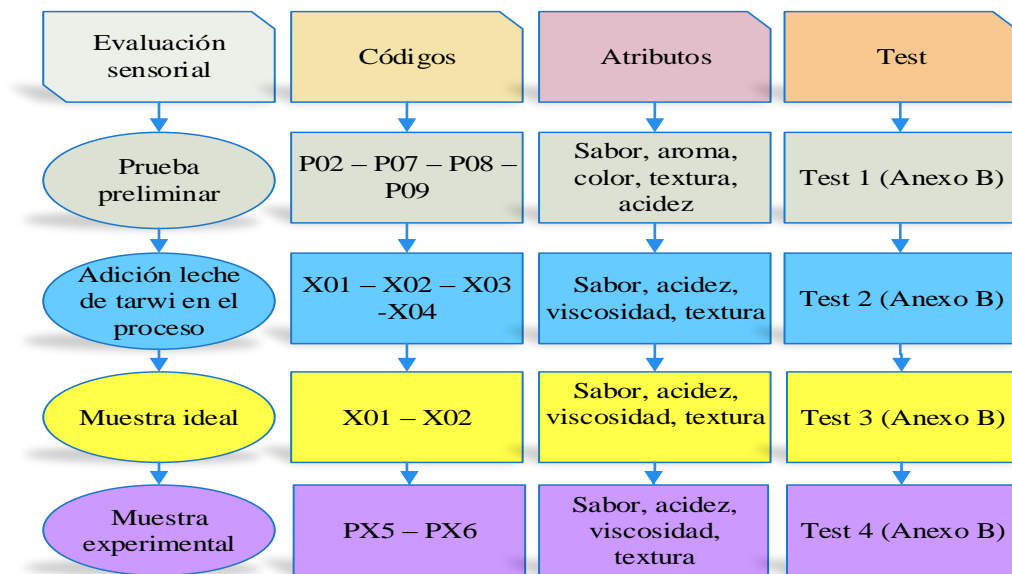
- Porcentaje de acidez (ácido láctico): La técnica se detalla en (Anexo E.2)
- pH: la técnica se detalla en (Anexo E.3)

- Sólidos solubles (°Brix): La técnica se detalla en Anexo (E.4)
- Viscosidad (Centipoise): La técnica se detalla en Anexo (E.5)

### 3.4.5 Análisis sensorial de los alimentos

El análisis sensorial es una ciencia multidisciplinaria en la que participan panelistas humanos que utilizan los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído para medir las características sensoriales y la aceptabilidad de los productos alimenticios, y de muchos otros materiales. No existe ningún otro instrumento que pueda reproducir o reemplazar la respuesta humana; por lo tanto, la evaluación sensorial resulta un factor esencial en cualquier estudio sobre alimentos. (LG, 1992)

En la figura (3.16), se detallan las evaluaciones sensoriales realizadas en el presente trabajo para caracterizar las propiedades organolépticas durante la elaboración de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 3.16** Evaluaciones sensoriales de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi

### 3.4.6 Diseño experimental

El diseño experimental es considerado parte del proceso científico siendo esta etapa el lugar donde se establece la forma en la que funcionan los procesos. Este aprendizaje se lo realiza a través de una serie de actividades donde se realizan conjeturas sobre el proceso, para realizar experimentos generando de esta manera datos del proceso específico utilizando estos para realizar nuevas conjeturas que permiten nuevos experimentos, siendo si comportamiento cíclico. (Montgomery, 2004)

#### 3.4.6.1 Diseño Factorial $2^k$

El diseño factorial más practico en casos especiales es el de k factores teniendo cada uno solo 2 niveles, siendo que estos niveles pueden ser cuantitativos (temperatura, presión, tiempo, acidez, etc.) como cualitativos (Alto, bajo, ausente, etc.). Una réplica completa de este diseño requiere  $2 \times 2 \times \dots \times 2 = 2^k$  observaciones y se le llama diseño factorial  $2^k$ . (Montgomery, 2004)

En la ecuación 3.1 se muestra el diseño factorial  $2^k$  a ser utilizado en el presente trabajo:

$$2^k$$

(Ecuación 3.1)

**Dónde:**

$2$  = número de niveles

$K$  = número de variables

Según (Alvarez, Guerra, & Nestor, 2018) Debido al objetivo de la investigación se pueden plantear las siguientes hipótesis teniendo en cuenta el modelo de regresión, así, la ecuación 2 presenta la variable respuesta expresada en término de los efectos de los factores y sus interacciones.

**Donde:**

$Y$  representa la variable respuesta.

$\beta_0$  es el promedio de las observaciones.

$\beta_1$  es la mitad del efecto del factor A.

$\beta_2$  es la mitad del efecto del factor B.

$\beta_3$  es la mitad del efecto del factor C.

$\beta_{12}$  es la mitad del efecto de interacción entre los factores A y B sobre la variable respuesta.

$\beta_{13}$  es la mitad del efecto de interacción entre los factores A y C sobre la variable respuesta.

$\beta_{23}$  es la mitad del efecto de interacción entre los factores B y C sobre la variable respuesta.

$$Y = \beta + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_{12} x_{12} + \beta_{13} x_{13} + \beta_{23} x_{23} + \beta_{123} x_{123} \quad \text{(Ecuación 3.2)}$$

#### 3.4.6.1.1 Diseño factorial $2^3$ en el proceso de fermentación del yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi

El Diseño factorial en la etapa de fermentación del yogurt aflanado de tarwi, para esto se aplica la ecuación 3.2 con lo que el diseño factorial corresponde a la ecuación 3.3

$$2^3 = 2 \times 2 \times 2 = 8 \text{ corridas/prueba} \quad \text{(Ecuación 3.3)}$$

Donde los niveles de variación de cada factor se muestran en la tabla 3.11:

**Tabla 3.10**

#### *Factores en la etapa de fermentación*

| Factores       | Unidad | Símbolo | Numero de niveles |
|----------------|--------|---------|-------------------|
| Leche de tarwi | %      | LT      | 2                 |
| Leche en polvo | %      | LP      | 2                 |
| Cultivo lácteo | %      | CL      | 2                 |

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 3.11 se muestran los niveles de variación de los factores, analizando el porcentaje alto y porcentaje bajo que se aplica en la etapa de fermentación, este está conformado por 3 variables

**Tabla 3.11**

*Niveles de variación de los factores aplicado en la etapa de fermentación*

| Factores           | Nivel inferior | Nivel superior |
|--------------------|----------------|----------------|
| Leche de tarwi (A) | 25 % (-)       | 30 % (+)       |
| Leche en polvo (B) | LPE % (-)      | LPD % (+)      |
| Cultivo lácteo (C) | 0,003 % (-)    | 0,004 % (+)    |

Fuente: Elaboración Propia

La matriz de variables del diseño factorial para el proceso de fermentación de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi, se detallan en la tabla 3.12

**Tabla 3.12**

*Matriz de variables del diseño factorial en el proceso de fermentación*

| Corridas | Combinación de tratamientos | Factores |   |   | Interacciones |    |    |     | Respuesta      |
|----------|-----------------------------|----------|---|---|---------------|----|----|-----|----------------|
|          |                             | A        | B | C | AB            | AC | BC | ABC | Y <sub>i</sub> |
| 1        | (1)                         | -        | - | - | +             | +  | +  | -   | Y <sub>1</sub> |
| 2        | a                           | +        | - | - | -             | -  | +  | +   | Y <sub>2</sub> |
| 3        | b                           | -        | + | - | -             | +  | -  | +   | Y <sub>3</sub> |
| 4        | ab                          | +        | + | - | +             | -  | -  | -   | Y <sub>4</sub> |
| 5        | c                           | -        | - | + | +             | -  | -  | +   | Y <sub>5</sub> |
| 6        | ac                          | +        | - | + | -             | +  | -  | -   | Y <sub>6</sub> |
| 7        | bc                          | -        | + | + | -             | -  | +  | -   | Y <sub>7</sub> |
| 8        | abc                         | +        | + | + | +             | +  | +  | +   | Y <sub>8</sub> |

Fuente: Elaboración propia

Donde:

Y<sub>i</sub> 1 = Variable respuesta “porcentaje de acidez (ácido láctico)”

Y<sub>i</sub> 2 = Variable respuesta “pH”



### 3.4.7 Caracterización del producto terminado

La determinación fisicoquímica y el análisis microbiológico del producto terminado yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi se detalla a continuación:

#### 3.4.7.1 Análisis fisicoquímico del yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi

En la tabla 3.13, se muestran los análisis fisicoquímicos del yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi, los métodos y normas para su determinación.

**Tabla 3.13**

*Análisis fisicoquímico del yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi*

| Parámetros               | Métodos / normas | Unidad    |
|--------------------------|------------------|-----------|
| Acidez (ácido láctico)   | NB 229:98        | %         |
| Cenizas                  | NB 39034:10      | %         |
| Densidad relativa (20°C) | NB 230:99        | -         |
| Fibra                    | Gravimetrico     | %         |
| Materia grasa            | NB 228:98        | %         |
| Hidratos de carbono      | Calculo          | %         |
| Humedad                  | NB 313010:05     | %         |
| Proteína total (Nx6,38)  | NB/ISO 8968-1:08 | %         |
| pH (20°C)                | NB38028:2006     | -         |
| Solidos solubles         | NB383:80         | °Brix     |
| Solidos totales          | NB 231:1-1998    | %         |
| Valor energético         | Calculo          | Kcal/100g |

Fuente: CEANID, 2021

#### 3.4.7.2 Análisis microbiológico del yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi

En la tabla 3.14, se muestran los análisis microbiológicos del yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi también los métodos y normas para su determinación:

**Tabla 3.14**

*Análisis microbiológico del yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi*

| Microorganismos    | Métodos / normas | Unidad |
|--------------------|------------------|--------|
| Coliformes fecales | NB 32005:02      | UFC/ml |
| Escherichia coli   | NB 32005-02      | UFC/ml |
| Mohos y levaduras  | NB 32006:03      | UFC/ml |

Fuente: CEANID, 2021

**Tabla 3.15**

***Operacionalización de variables en la elaboración de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi***

| Hipótesis   | Variable   | Descripción de la variable  | Dimensiones                         | Indicadores     |
|---|--|---|-------------------------------------|-----------------|
| El proceso de fermentación influye directamente en las características del yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi | <b>V.I:</b> Proceso de fermentación láctica del yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi | Producto lácteo obtenido por el proceso de fermentación de la mezcla con leche de tarwi | Control de acidez                   | % Acido láctico |
|   |  |   | Control de pH                       | -               |
|   |  |   | Viscosidad                          | cP              |
|   |  |   | Control temperatura de fermentación | °C              |
|   |  |   | Relación leche / leche de tarwi     | %/%             |
|   | <b>V.D:</b> Elaboración de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi                      | Producto obtenido a través de un proceso de fermentación con cultivo lácteo             | Cenizas                             | %               |
|   |  |   | Fibra                               | %               |
|   |  |   | Hidratos de carbono                 | %               |
|   |  |   | Densidad relativa (20°C)            | -               |
|   |  |   | Solidos soluble                     | °Brix           |
|   |  |   | Solidos totales                     | %               |
|   |  |   | Valor energético                    | Kcal/100g       |
|   |  |   | Coliformes fecales                  | UFC/ml          |
|   |  |   | Escherichia coli                    | UFC/ml          |
| Mohos y levaduras   | UFC/ml   |   |                                     |                 |

**Fuente:** Elaboración propia

**CAPÍTULO IV**

**ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE**

**RESULTADOS**

#### 4.1 Caracterización de leche entera vaca y leche de tarwi

Para la caracterización de leche entera y leche de tarwi, se tomarón en cuenta los parámetros de control de calidad, análisis fisicoquímico, análisis de micronutrientes y análisis microbiológico de la leche entera y leche de tarwi

##### 4.1.1 Parámetros de control de calidad de la leche entera de vaca

En la tabla 4.1, se muestran los resultados obtenidos de los parámetros de control de calidad de la leche; los límites permisibles tomados en cuenta fueron extraído de la tabla F.1 del (Anexo F).

**Tabla 4.1**

*Parámetros de control de calidad de leche entera de vaca*

| Parámetros             | Unidad | Resultado | Límites permisibles |        |
|------------------------|--------|-----------|---------------------|--------|
|                        |        |           | Máximo              | Mínimo |
| Mastitis               | Grado  | 0,00      | 1,00                | 0,00   |
| Acidez (ácido láctico) | %      | 0,16      | 0,18                | 0,13   |
| pH(20°C)               | %      | 6,70      | 6,80                | 6,66   |
| Sólidos solubles       | °Brix  | 9.02      | 11,20               | -      |

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 4.1, se observa que la leche entera no presentó mastitis en ningún grado; acidez 0,14 (ácido láctico), pH (20°C) 6,70 y sólidos solubles de 9,02 °Brix.

##### 4.1.2 Análisis fisicoquímico de leche entera de vaca

En la tabla 4.2, se muestran los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos de la leche entera extraídos del Anexo A.1 (Anexo A).

**Tabla 4.2***Análisis fisicoquímico de leche entera de vaca*

| Parámetros                | Unidad    | Resultado |
|---------------------------|-----------|-----------|
| Acidez (ácido láctico)    | %         | 0,130     |
| Cenizas                   | %         | 0,730     |
| Densidad relativa (20°)   | -         | 1,002     |
| Fibra                     | %         | 0,000     |
| Materia grasa             | %         | 3,600     |
| Hidratos de carbono       | %         | 4,510     |
| Humedad                   | %         | 87,920    |
| Proteína total (N x 6,38) | %         | 3,240     |
| Sólidos solubles          | °Brix     | 7,300     |
| Sólidos no grasos         | %         | 8,480     |
| Sólidos totales           | %         | 12,080    |
| Valor energético          | Kcal/100g | 63,400    |

Fuente: CEANID, 2021

En la tabla 4.2, se observa que la leche entera tiene 0,13% de acidez (ácido láctico), cenizas 0,73%, densidad relativa 1,0015 (20°C), fibra n.d., materia grasa 3,60%, hidratos de carbono 4,51%, humedad 87,92%, proteína total (Nx6,38) 3,24%, sólidos solubles 7,30°Brix, sólidos no grasos 8,48%, sólidos totales 12,08% y valor energético 63,4 kcal/100g

**4.1.2.1 Análisis de micronutrientes en la leche entera de vaca**

En la tabla 4.3, se muestran los resultados obtenido del análisis de micronutrientes de la leche entera de datos extraído del anexo A.1 (Anexo A).

**Tabla 4.3***Análisis de los micronutrientes en la leche entera de vaca*

| Parámetros | Unidad  | Resultado |
|------------|---------|-----------|
| Calcio     | mg/100g | 211,00    |
| Fósforo    | mg/100g | 68,90     |

Fuente: CEANID, 2021

En la tabla 4.3, se observa que la leche entera tiene micronutrientes como calcio 211,00 mg /100g, fosforo 68,69 mg/100g

#### 4.1.2.2 Análisis microbiológico de la leche entera de vaca

En la tabla 4.4 se muestra el análisis microbiológico realizado para la leche entera de datos extraídos del anexo A.1 (Anexo A).

**Tabla 4.4**

##### *Análisis microbiológico de la leche entera de vaca*

| Microorganismos    | Unidad | Resultado         |
|--------------------|--------|-------------------|
| Coliformes fecales | UFC/ml | $2,3 \times 10^3$ |
| Escherichia Coli   | UFC/ml | $7,6 \times 10^2$ |
| Mohos y levaduras  | UFC/ml | $1,2 \times 10^2$ |

**Fuente:** CEANID, 2021

En la tabla 4.4, se observa que la leche entera presenta coliformes fecales de  $2,3 \times 10^3$  UFC/ml, Escherichia coli  $7,6 \times 10^2$  UFC/ml y mohos y levaduras con  $1,2 \times 10^2$  UFC/ml.

#### 4.1.3 Parámetro de control de calidad de leche de tarwi

En la tabla 4.5, se muestran los resultados obtenidos de los parámetros de control de calidad de la leche; los límites permisibles tomados en cuenta fueron extraídos de la tabla A.2 (Anexo A).

**Tabla 4.5**

##### *Parámetros de control de calidad de la leche de tarwi*

| Parámetros             | Unidad | Resultado | Límites permisibles |        |
|------------------------|--------|-----------|---------------------|--------|
|                        |        |           | Máximo              | Mínimo |
| Acidez (ácido láctico) | %      | 0,02      | 0,18                | 0,13   |
| pH (20°C)              | %      | 6,69      | 6,80                | 6,66   |
| Sólidos solubles       | °Brix  | 0,00      | 11,20               | -      |

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 4.5, observamos la acidez de 0,13 % (ácido láctico), pH (20°C) 6,33 y sólidos solubles 0,00°Brix.

#### 4.1.3.1 Análisis fisicoquímico de la leche de tarwi

En la tabla 4.6, se muestran los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos de la leche de tarwi de datos extraídos del Anexo A.2 (Anexo A).

**Tabla 4.6***Análisis fisicoquímico de la leche de tarwi*

| Parámetros                | Unidad    | Resultado |
|---------------------------|-----------|-----------|
| Acidez (ácido láctico)    | %         | 0,200     |
| Cenizas                   | %         | 0,030     |
| Densidad relativa (20°)   | -         | 1,030     |
| Fibra                     | %         | 0,000     |
| Materia grasa             | %         | 0,500     |
| Hidratos de carbono       | %         | 0,130     |
| Humedad                   | %         | 98,520    |
| Proteína total (N x 6,25) | %         | 0,820     |
| Sólidos solubles          | °Brix     | 0,600     |
| Sólidos no grasos         | %         | 0,980     |
| Sólidos totales           | %         | 1,480     |
| Valor energético          | Kcal/100g | 8,300     |

Fuente: CEANID, 2021

En la tabla 4.6, se observa que la leche de tarwi tiene 0,2% de acidez (ácido láctico), cenizas 0,03%, densidad relativa 1,0300 (20°C), fibra n.d., materia grasa 0,50%, hidratos de carbono 0,13%, humedad 98,52%, proteína total (Nx6,38) 0,82%, sólidos solubles 0,60°Brix, sólidos no grasos 0,98%, sólidos totales 1,48% y valor energético 8,3 kcal/100g

**4.1.3.2 Análisis de micronutrientes de la leche de tarwi**

En la tabla 4.7, se muestran los resultados obtenidos del análisis de micronutrientes de la leche de tarwi de datos extraídos del Anexo A.2 (Anexo A).

**Tabla 4.7***Análisis de micronutrientes de la leche de tarwi*

| Parámetros | Unidad  | Resultado |
|------------|---------|-----------|
| Calcio     | mg/100g | 7,20      |
| Fósforo    | mg/100g | 4,20      |

Fuente: CEANID, 2021

En la tabla 4.7, se observa que la leche de tarwi tiene micronutrientes de calcio 7,2 mg/100g, fósforo 4,20 mg/100g

### .1.3.3 Análisis microbiológico de la leche de tarwi

En la tabla 4.8 se muestran los resultados obtenidos del análisis microbiológico de la leche de tarwi de datos extraídos del Anexo A.2 (Anexo A).

**Tabla 4.8**

*Análisis microbiológico de la leche de tarwi*

| Microorganismos    | Unidad | Resultado              |
|--------------------|--------|------------------------|
| Coliformes fecales | UFC/ml | $1,4 \times 10^4$      |
| Escherichia Coli   | UFC/ml | $<1,0 \times 10^1$ (*) |
| Mohos y levaduras  | UFC/ml | $9,7 \times 10^2$      |

**Fuente:** CEANID, 202; (\*) no se observa desarrollo de colonias

En la tabla 4.8, se observa que la leche de tarwi tiene un análisis microbiológico como coliformes fecales  $1,4 \times 10^4$  UFC/ml, Escherichia coli  $<1,0 \times 10^1$  UFC/ml y mohos y levaduras  $9,7 \times 10^2$  UFC/ml

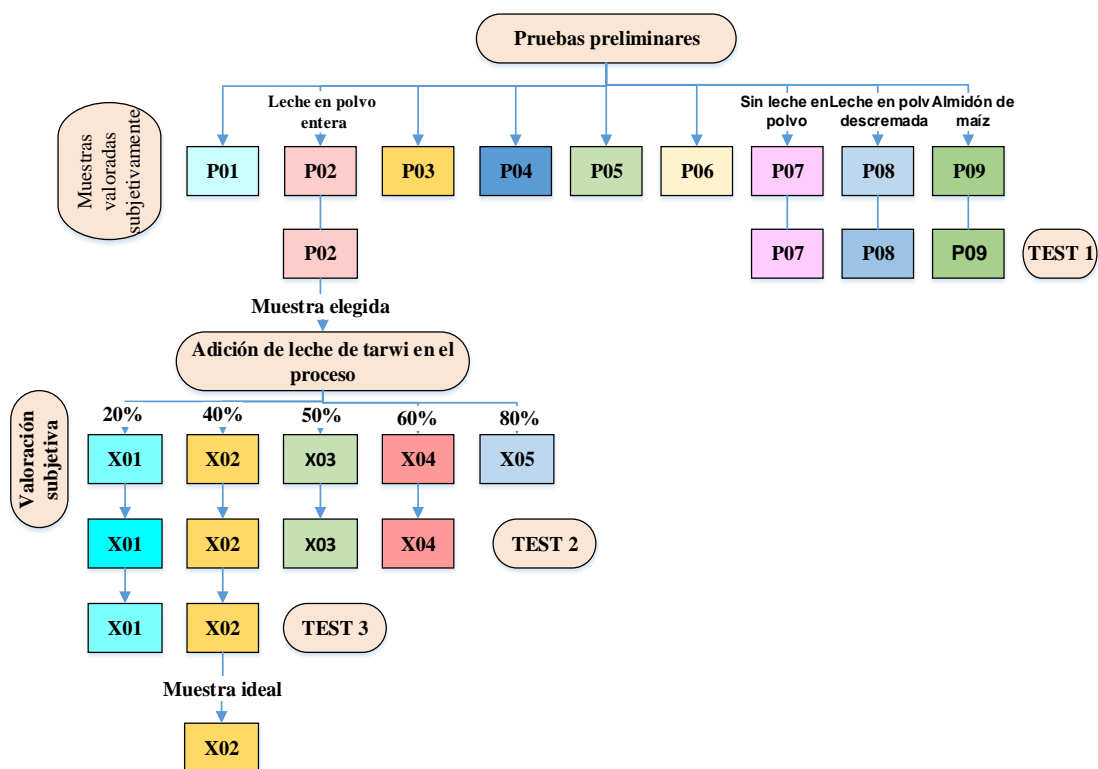
## 4.2 Caracterización de las variables del proceso de elaboración de yogurt aflanado

Para realizar la caracterización de las variables del proceso de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi se tomaron en cuenta pruebas preliminares de yogurt aflanado con el fin de obtener la metodología para elaborar yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi.

### 4.2.1 Pruebas preliminares para la elaboración de yogurt aflanado

Para el desarrollo de la parte experimental del presente trabajo de elaboración de yogurt aflanado, inicialmente se realizaron nueve pruebas (P01, P02, P03, P05, P06, P07, P08 y P09) variando los porcentajes tanto de materia prima e insumos como se muestra en la tabla 4.9 para obtener una prueba elegida de yogurt aflanado, realizando una valoración subjetiva en las que salieron elegidas cuatro pruebas (P02, P07, P08, P09) con estas se realizó una evaluación sensorial para obtener una prueba elegida. A la prueba elegida P02 se adicionó leche de tarwi en diferentes porcentajes para obtener una muestra ideal como se muestra en la figura 4.1





**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.1** Pruebas preliminares para la obtención de prueba ideal de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi

Para el presente trabajo de investigación, se realizó con la finalidad de obtener la metodología experimental. Para lo cual, se partieron de nueve pruebas preliminares utilizando como base leche entera, leche en polvo, azúcar, gelatina neutra y cultivo lácteo variando los porcentajes de cada uno de ellos en función a la tabla 4,9

**Tabla 4.9**

**Variación en la dosificación para pruebas preliminares en yogurt aflanado**

| Materia prima/insumos     | Rango           | Unidad |
|---------------------------|-----------------|--------|
| Leche entera de vaca      | 86,90 – 91,90   | %      |
| Leche en polvo entera     | 2,49 – 8,00     | %      |
| Leche en polvo descremada | 2,49            | %      |
| Almidón de maíz           | 0,85            | %      |
| Cultivo láctico           | 0,0003 – 0,0008 | %      |
| Azúcar                    | 8,00 – 9,00     | %      |
| Gelatina sin sabor        | 0,09 – 1,00     | %      |

**Fuente:** Elaboración propia

En la figura 4.2, se muestran las nueve pruebas de yogurt aflanado elaborados de acuerdo a los rangos de dosificación de la tabla 4.9.

**Dosificación de pruebas preliminares de yogurt aflanado**

|                | P01     | P02     | P03     | P04     | P05     | P06     | P07     | P08     | P09                |
|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------------------|
| Leche          | 86,90%  | 86,90%  | 86,90%  | 86,90%  | 87,00%  | 88,99%  | 91,90%  | 89,41%  | 91,05%             |
| Leche en polvo | 4,00%   | 4,00%   | 3,60%   | 4,00%   | 4,00%   | 2,50%   | 0,0003% | 2,50%   | Almidón maíz 0,85% |
| Cultivo        | 0,0008% | 0,0003% | 0,0003% | 0,0005% | 0,0005% | 0,0005% | 8,0997% | 0,0003% | Cultivo 0,0003%    |
| Otros          | 9,0992% | 9,0997% | 9,4997% | 9,0995% | 8,9995% | 8,51%   |         | 8,0997% | Otros 8,0997%      |

Muestras seleccionadas → P02, P07, P08, P09

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.2** Dosificación preliminar de yogurt aflanado

Por motivo de pandemia Covid-19 las nueve pruebas de yogurt aflanado fueron valoradas de manera subjetiva por el personal de Laboratorio Taller de Alimentos y los resultados se muestran en la figura 4.2.

**Valoración para pruebas preliminares de yogurt aflanado**

|  | P01  | P02   | P03  | P04  | P05  | P06   | P07   | P08   | P09  |
|--|--|---|--|--|--|---|---|---|--|
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Sabor dulce</li> <li>Alto contenido de nata</li> <li>Alto porcentaje de cultivo lácteo</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Buena formación del gel</li> <li>Buen sabor</li> <li>Poca presencia de nata</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Sabor dulce</li> <li>Homogenizar por poco tiempo</li> <li>Poca presencia de nata</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Bajar porcentaje azúcar</li> <li>Bajar porcentaje gelatina</li> <li>Baja presencia de nata</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Bajar mucho mas el porcentaje de gelatina como de cultivo lácteo</li> <li>Baja presencia de nata</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Bajar el porcentaje de cultivo lácteo</li> <li>Línea fina de nata</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Bajar el porcentaje de gelatina ya que esta no deja sentir el sabor de la leche</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Buen sabor</li> <li>Menos contenido de nata</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Cambio un poco sabor</li> <li>Presencia de una capa fina de nata</li> </ul> |

Muestras seleccionadas → P02, P07, P08, P09

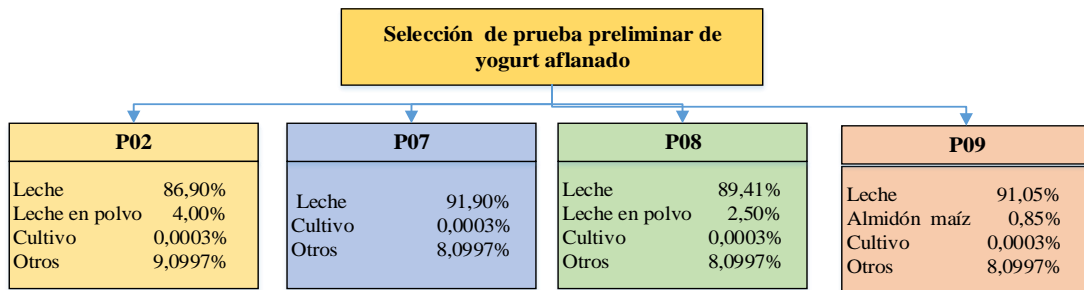
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.3** Resultados de la valoración de yogurt aflanado

Según la figura 4.3 de la valoración realizada por el personal del Laboratorio Taller de Alimentos, se pudo observar que la prueba P02 fue la de mayor preferencia por no presentar la formación de nata en la superficie; además de tener un sabor y acidez agradable. En comparación con las pruebas P07, P08 y P09 y presentaron un sabor no muy agradable por el reemplazo de leche en polvo descremada y almidón de maíz. Así mismo, presentaba un gel con mayor consistencia en comparación a las otras muestras.

#### 4.2.2 Selección de prueba preliminar de yogurt aflanado

Para seleccionar la prueba preliminar de yogurt aflanado, se procedió a tomar en cuenta las cuatro pruebas (P02, P07, P08 y P09) que fueron seleccionadas subjetivamente, como se detalla en la figura 4.3; con la finalidad de obtener una prueba final de yogurt aflanado. Para tal efecto, se tomaron en cuenta la misma dosificación de materia prima e insumos (tabla 4.8). De esta manera, se realizó la evaluación sensorial en escala hedónica de cinco puntos en las que se valoraron los atributos: sabor, olor, color, consistencia y acidez en pruebas a una escala hedónica

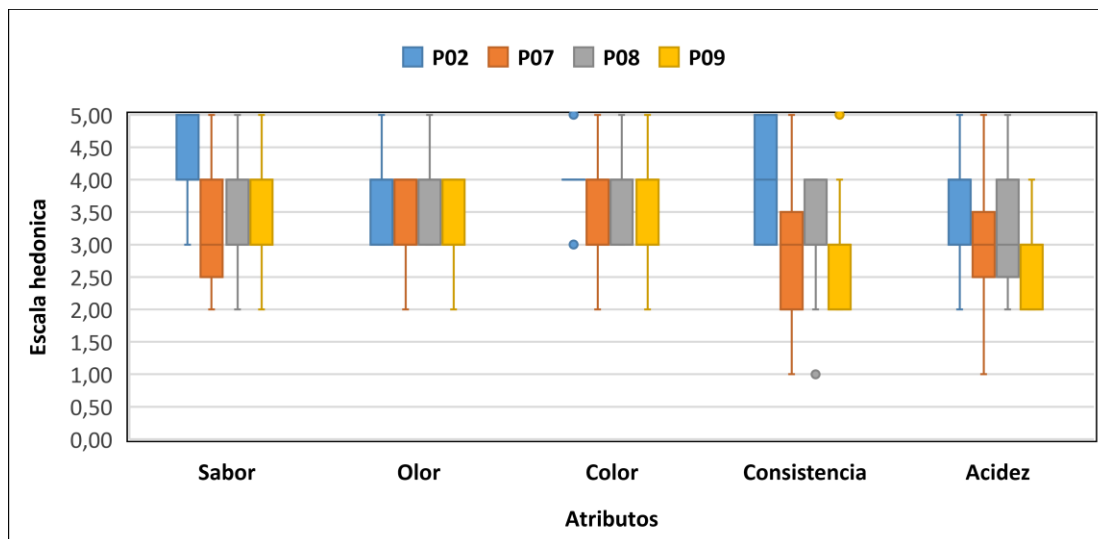


**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.4** Selección de prueba preliminar de yogurt aflanado

##### 4.2.2.1 Estadístico caja y bigote para selección de prueba preliminar de yogurt aflanado

En la figura 4.5, se muestra el estadístico caja y bigote de datos extraídos del Anexo C para el atributo: sabor (tabla C.3), consistencia (tabla C.7), acidez (tabla C.11), olor (tabla C.14) y color (tabla C.17), con una escala hedónica de 1 a 5 puntos



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.5** Caja y bigote para la selección de prueba preliminar de yogurt aflanado

Según la figura 4.5, se puede observar el análisis de resultados estadísticos de caja y bigote de las medianas en función de los atributos de las muestras evaluadas, para el atributo acidez la muestra con mayor relevancia fue: la muestra P02 ya que tiene una mediana de puntuaciones mayor en relación a las demás muestras de 4; por lo tanto, indica que el 50% de los jueces que evaluaron dieron una puntuación de 4 o menos; seguida por la muestra P09 del mismo atributo con una mediana de 3, indica que el 50% de los jueces que evaluaron dieron una puntuación de 3 o menos, en cuanto se refiere a la elección de la muestra de yogurt aflanado

#### 4.2.2.2 Estadístico de Tukey del atributo sabor para la selección de prueba preliminar de yogurt aflanado

En la tabla 4.10, se muestran los resultados del análisis estadístico de Tukey para el atributo sabor de datos de la tabla C.6 extraídos del (Anexo C).

**Tabla 4.10**

*Estadístico de Tukey del atributo sabor para la selección de prueba preliminar de yogurt aplanado*

| Tratamientos   | Valor | Diferencia  | Significancia        |
|----------------|-------|-------------|----------------------|
| <b>P02-P07</b> | 1,20  | 1,20 > 0,71 | Si hay significancia |
| <b>P02-P08</b> | 0,73  | 0,73 < 0,71 | Si hay significancia |
| <b>P02-P09</b> | 0,93  | 0,93 > 0,71 | Si hay significancia |
| <b>P07-P08</b> | 0,47  | 0,47 < 0,71 | No hay significancia |
| <b>P07-P09</b> | 0,27  | 0,27 < 0,71 | No hay significancia |
| <b>P08-P09</b> | 0,20  | 0,20 < 0,71 | No hay significancia |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.10, se puede observar que existe diferencia estadística entre los tratamientos P02-P07, P02-P08 y P02-P09. Sin embargo, en los tratamientos P07-P08, P07-P09 y P08 -P09, no existe diferencia para un nivel de significancia de  $\alpha=0,05$ .

#### **4.2.2.3 Estadístico de Tukey del atributo consistencia para la selección de prueba preliminar de yogurt aplanado**

En la tabla 4.11, se presentan los resultados del análisis de Tukey del atributo consistencia datos de la tabla C.10 extraídos del (Anexo C)

**Tabla 4.11**

*Estadístico de Tukey del atributo consistencia para la selección de prueba preliminar de yogurt aplanado*

| Tratamientos   | Valor | Diferencia  | Significancia               |
|----------------|-------|-------------|-----------------------------|
| <b>P02-P07</b> | 1,27  | 1,27 > 0,90 | <b>Si hay significancia</b> |
| <b>P02-P08</b> | 1,07  | 1,07 > 0,90 | <b>Si hay significancia</b> |
| <b>P02-P09</b> | 1,07  | 1,07 > 0,90 | <b>Si hay significancia</b> |
| <b>P07-P08</b> | 0,20  | 0,20 < 0,90 | No hay significancia        |
| <b>P07-P09</b> | 0,20  | 0,20 < 0,90 | No hay significancia        |
| <b>P08-P09</b> | 0,00  | 0,00 < 0,90 | No hay significativo        |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.11 se muestra que los tratamientos que presentan una diferencia significativa son: P02-P07, P02-P08 y P02-P09; mientras que para los tratamientos: P07-P08, P07-P09 y P08-P09 no existe diferencia para un nivel de significancia 0,05.

#### 2.2.4 Estadístico de Tukey del atributo color para la selección de prueba preliminar de yogurt aflanado

En la tabla 4.12, se presentan los resultados del análisis estadístico de la prueba de Tukey para el atributo acidez de datos de la tabla C.20 extraídos del (Anexo C).

**Tabla 4.12**

*Estadístico de Tukey del atributo color para la selección de prueba preliminar de yogurt aflanado*

| Tratamientos | Valor | Diferencia      | Significancia        |
|--------------|-------|-----------------|----------------------|
| P02-P07      | 0,60  | $0,60 < 0,51$   | Si hay significancia |
| P02-P08      | 1,07  | $0,40 < 0,51$ , | No hay significancia |
| P02-P09      | 0,60  | $0,60 > 0,51$   | Si hay significancia |
| P07-P08      | 0,20  | $0,20 < 0,51$   | No hay significancia |
| P07-P09      | 0,20  | $0,20 < 0,51$   | No hay significancia |
| P08-P09      | 0,00  | $0,00 < 0,51$   | No hay significancia |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.12 se muestra que no existen tratamientos que existe diferencia significativa son: P02-P07 y P02-P09; mientras que para los tratamientos P02-P08, P07-P08; P07-P09 y P08-P09, no existe diferencia significativa de  $\alpha=0,05$ .

De acuerdo a la evaluación sensorial realizado para los atributos sensoriales de las pruebas iniciales de yogurt aflanado y según el análisis estadístico de varianza para un nivel de confianza  $\alpha = 0,05$ , se pudo observar que los jueces eligieron la prueba P02, por presentar buena formación de gel, sabor agradable y además de poca presencia de nata sobre la superficie.

#### 4.2.3 Adición de leche de tarwi en el proceso para la selección de prueba ideal de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi

A nivel experimental, se procedió a realizar la adición de leche de tarwi en base a la prueba elegida por los jueces (P02) en la formulación de yogurt aflanado, como se muestra en la figura 4.3 con la finalidad de establecer el límite máximo y mínimo que podría ser incorporada en dicha formulación. Para tal efecto, se tomaron en cuenta la variación en la dosificación del yogurt aflanado según la tabla 4.13.

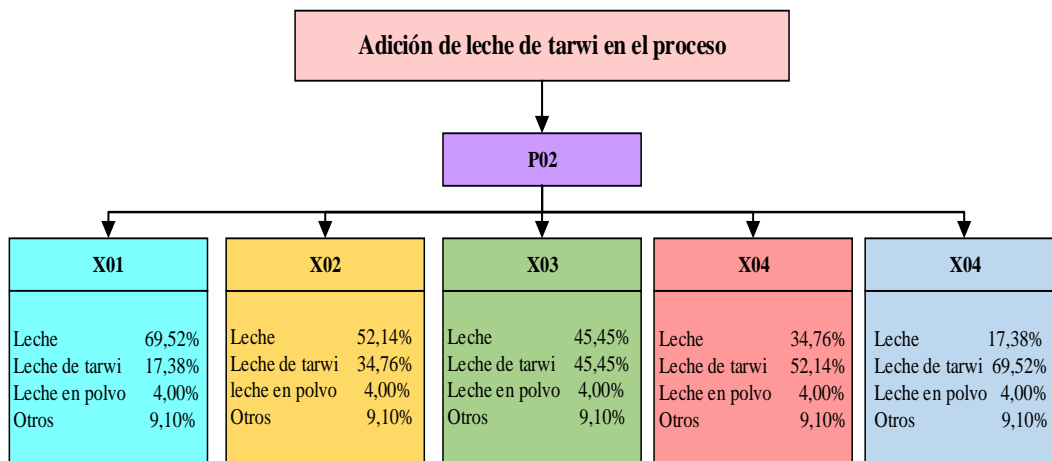
**Tabla 4.13**

*Variación en la dosificación adicionando leche de tarwi en el proceso de yogurt aflanado*

| Materia prima e insumos | Rango         | Unidad |
|-------------------------|---------------|--------|
| Leche entera de vaca    | 17,38 – 69,52 | %      |
| Leche de tarwi          | 17,38 – 69,52 | %      |
| Leche en polvo entera   | 4,00          | %      |
| Otros                   | 9,10          | %      |

**Fuente:** Elaboración propia

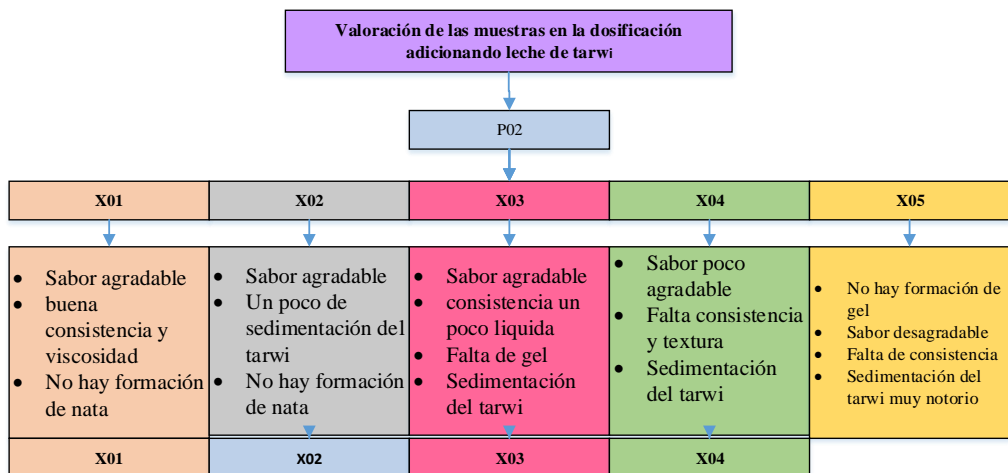
En base a los datos de la tabla 4.13, se elaboraron cinco pruebas de yogurt aflanado (figura 4.4) y variando los porcentajes de leche de tarwi en la dosificación.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.6** Porcentaje en la variación de leche de tarwi para la obtención de prueba ideal

En la figura 4.6, se muestra la elaboración de las cinco pruebas de yogurt aflanado incorporando leche de tarwi en la dosificación y variando los porcentajes de la misma. Por motivo de pandemia Covid-19 fueron evaluadas de manera subjetiva por el personal de Laboratorio taller de alimentos y la valoración se muestra en la figura 4.7.



**Fuente:** Elaboración propia

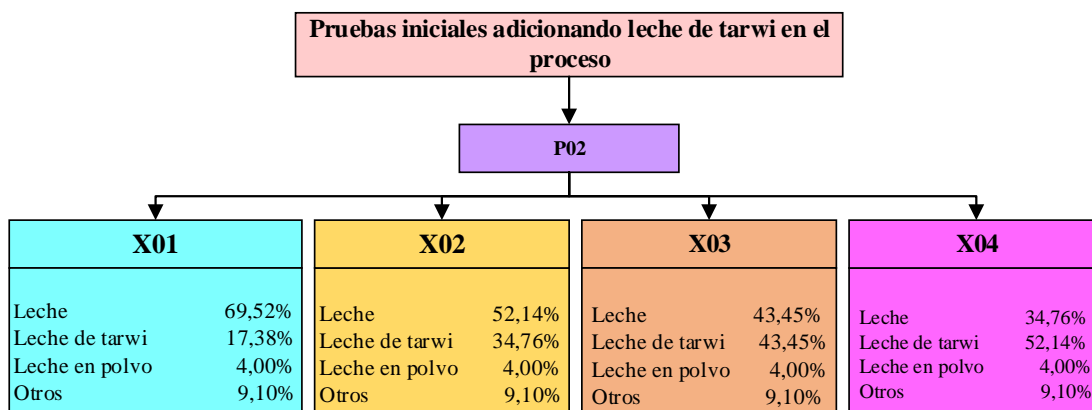
**Figura 4.7** Valoración de las pruebas en la dosificación adicionando leche de tarwi

Según la figura 4.7 realizada la valoración por el personal de Laboratorio Taller de Alimentos, se pudo observar que la prueba con mayor preferencia X01 (17,38%) por presentar un sabor agradable, buena viscosidad, consistencia y no presentar capa de nata en la superficie. En comparación X02 (34,76%) y X03 (43,45%), que presentaron un sabor no muy agradable, consistencia poco líquida y se formó sedimento por sólidos solubles de la leche de tarwi en la base del vaso. Así mismo, se pudo observar que la prueba X04 (52,14%) presentó un sabor no muy agradable y consistencia poco líquida; en comparación con la prueba X05 que si presentó sabor desagradable y consistencia demasiado líquida y por tal motivo no fue tomada en cuenta en el trabajo.

#### **4.2.3.1 Pruebas iniciales para la elaboración de yogurt afluado enriquecido con leche de tarwi**

Para seleccionar la prueba ideal de yogurt afluado enriquecido con leche de tarwi, se procedió a tomar en cuenta las cuatro pruebas (X01, X02, X03 y X04) que fueron evaluadas de manera subjetiva y como se detalla en la figura 4.6; con el fin de enriquecer el yogurt afluado; que consistió en sustituir de forma parcial el porcentaje de leche de tarwi en función a la figura 4.8



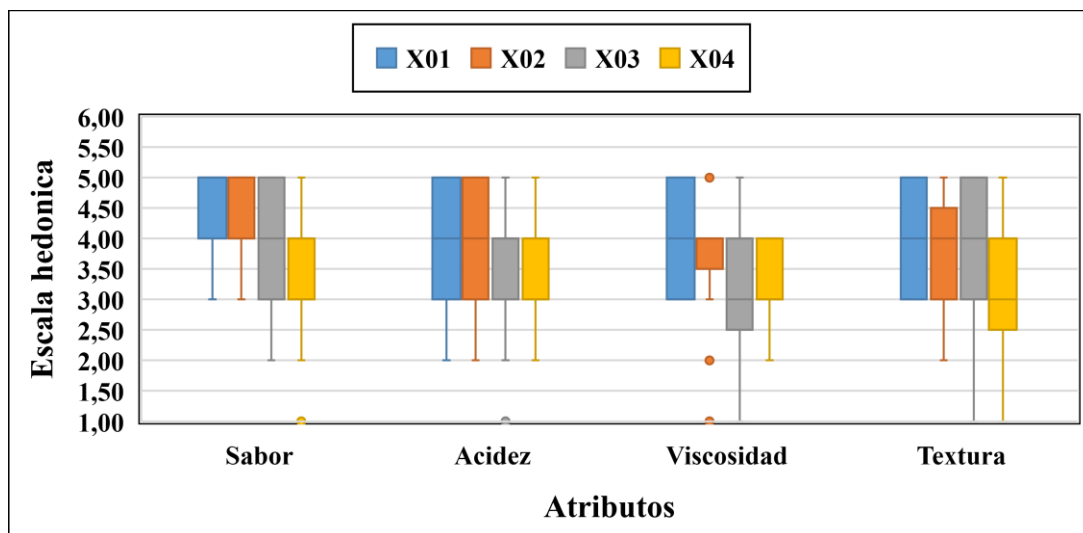


**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.8** Pruebas iniciales de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi

#### 4.2.3.2 Estadístico de caja y bigote para las pruebas iniciales de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi

En la figura 4.9, se muestran el estadístico caja y bigote de datos extraídos del Anexo C para el atributo: sabor (tabla C.21), acidez (C.25), viscosidad (C.29) y textura (C.33) añadiendo leche de tarwi en la dosificación.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.9** Caja y bigote para las pruebas iniciales de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi

En la figura 4.9, se puede observar los resultados de las medianas en función de los atributos de las muestras evaluadas el atributo con mayor relevancia fue: sabor de la

muestra X01 que tiene una mediana de puntuaciones mayor en relación a las demás muestras de 5; por lo tanto, indica que el 50 % de los jueces que evaluaron dieron una puntuación de 5 o menos; seguida de la muestra X02 del mismo atributo con una mediana de 4, indica que el 50% de los jueces que evaluaron dieron una puntuación de 4 o menos, en cuanto se refiere a la elección de la muestra de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi.

#### 4.2.3.3 Estadístico de Tukey para atributo sabor en la selección de prueba inicial de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi

En la tabla 4.14, se muestran los resultados del análisis estadístico de Tukey del atributo sabor de datos de la tabla C.24 extraído del (Anexo C).

**Tabla 4.14**

*Estadístico de Tukey para atributo sabor en la selección de prueba inicial*

| Tratamientos | Valor | Diferencia  | Significancia        |
|--------------|-------|-------------|----------------------|
| X01 - X02    | 0,12  | 0,12 < 0,50 | No hay significancia |
| X01 - X03    | 0,59  | 0,59 > 0,50 | Si hay significancia |
| X01 - X04    | 1,23  | 1,23 > 0,50 | Si hay significancia |
| X02 - X03    | 0,47  | 0,47 < 0,50 | No hay significancia |
| X02 - X04    | 1,11  | 1,11 < 0,50 | Si hay significancia |

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 4.14, se observa en los tratamientos (X01–X03), (X01–X04) y (X02–X04), si existe diferencia significativa; sin embargo, para los tratamientos (X01 – X02), (X02–X03); no existe diferencia para un nivel de significancia  $\alpha=0,05$ .

#### 4.2.3.4 Estadístico de Tukey para atributo acidez en la selección de prueba inicial de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi

En la tabla 4.15, se muestran los resultados del análisis estadístico de Tukey del atributo acidez de datos de la tabla C.28 extraído del (Anexo C).

**Tabla 4.15**

*Estadístico de Tukey para atributo acidez en la selección de prueba inicial*

| Tratamientos | Valor | Diferencia  | Significancia        |
|--------------|-------|-------------|----------------------|
| X01 - X02    | 0,06  | 0,06 < 0,47 | No hay significancia |
| X01 - X03    | 0,60  | 0,60 > 0,47 | Si hay significancia |
| X01 - X04    | 0,70  | 0,70 > 0,47 | Si hay significancia |
| X02 - X03    | 0,41  | 0,41 < 0,47 | No hay significancia |
| X02 - X04    | 0,64  | 0,64 > 0,47 | Si hay significancia |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.15, se observa en los tratamientos (X01–X03), (X01–X04) y (X02–X04), si existe diferencia significativa; sin embargo, para los tratamientos (X01 – X02), (X02–X03); no existe diferencia para un nivel de significancia  $\alpha=0,05$ .

#### **4.2.3.5 Estadístico de Tukey para atributo viscosidad en la selección de pruebas iniciales de yogurt aplanado enriquecido con leche de tarwi**

En la tabla 4.16, se muestran los resultados del análisis estadístico de Tukey del atributo viscosidad de datos de la tabla C.32 extraído del (Anexo C).

**Tabla 4.16**

*Estadístico de Tukey para atributo viscosidad en la selección de pruebas iniciales*

| Tratamientos | Valor | Diferencia  | Significancia        |
|--------------|-------|-------------|----------------------|
| X01 - X02    | 0,12  | 0,12 < 0,42 | No hay significancia |
| X01 - X03    | 0,64  | 0,64 > 0,42 | Si hay significancia |
| X01 - X04    | 0,82  | 0,82 > 0,42 | Si hay significancia |
| X02 - X03    | 0,52  | 0,52 > 0,42 | Si hay significancia |
| X02 - X04    | 0,70  | 0,70 > 0,42 | Si hay significancia |

Fuente: Elaboración propia

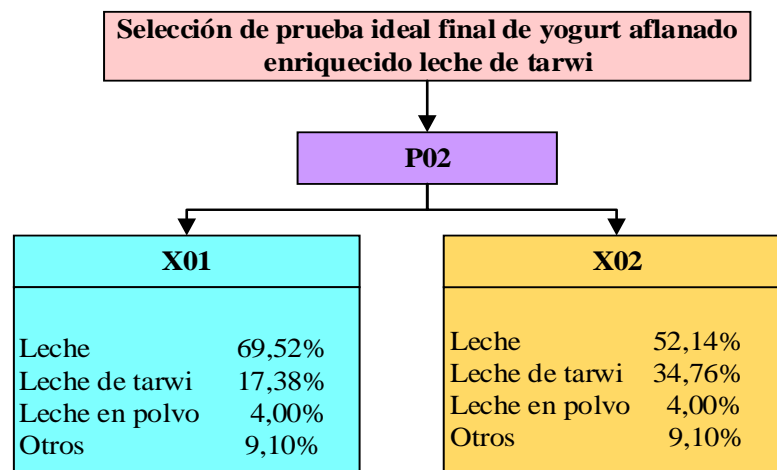
En la tabla 4.16, se puede observar que entre los tratamientos (X01–X03), (X01–X04), (X02–X03), (X02–X04) si existe diferencia significativa; sin embargo, para los tratamientos (X01- X02), no existe diferencia para un nivel de significancia  $\alpha=0,05$ .

De acuerdo a la evaluación realizada para los atributos sensoriales de las pruebas iniciales de yogurt aplanado enriquecido con leche de tarwi según el análisis de varianza para un nivel de confianza  $\alpha=0,05$ , se pudo observar que los jueces eligieron las pruebas X01 (17,38% leche de tarwi) y X02 (34,76% leche de tarwi) por presentar un sabor

agradable tener una buena consistencia y viscosidad. Sin embargo, para obtener una prueba ideal final, se realizó tercera evaluación sensorial para obtener una prueba ideal final

#### 4.2.4 Selección de prueba ideal final de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi

Para obtener una prueba ideal final de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi se realizó evaluación sensorial de las pruebas X01, X02 que salieron significativas en las pruebas iniciales

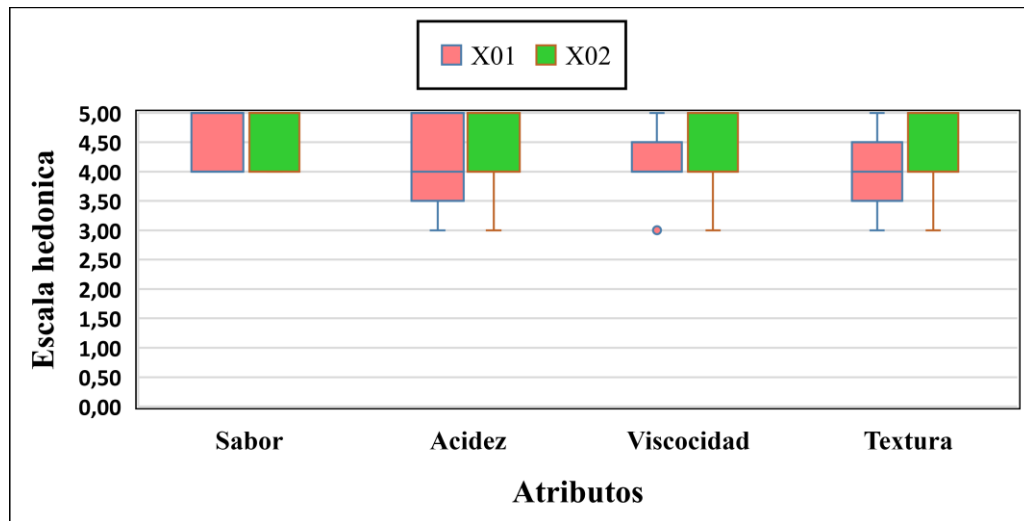


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.10 Selección final de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi

#### 4.2.4.1 Estadístico de caja y bigote para selección de prueba ideal final de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi

En la figura 4.11, se muestran el estadístico caja y bigote de datos extraídos del Anexo C para el atributo: sabor (tabla C.36), acidez (tabla C.39), viscosidad (tabla C.42) y textura (tabla C.45) para la selección de prueba ideal final.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.11 Estadístico de caja y bigote para selección de prueba ideal final de yogurt afianado enriquecido con leche de tarwi

En la figura 4.11, se puede observar el análisis resultados estadísticos de caja y bigote de las medianas en función de los atributos de las muestras evaluadas, para el atributo sabor la muestra con mayor relevancia fue: la muestra X02 ya que tiene una mediana de puntuaciones mayor en relación a las demás muestras de 5; por lo tanto indica que el 50% de los jueces que evaluaron dieron una puntuación de 5 o menos; seguida de la muestra X01 del mismo atributo con una mediana de 4, que indica que el 50% de los jueces que evaluaron dieron una puntuación de 4 o menos, en cuanto se refiere a la elección de la muestra de yogurt afianado enriquecido con leche de tarwi.

#### 4.2.4.2 Estadístico de Tukey para atributo textura en la selección de pruebas final de yogurt afianado enriquecido con leche de tarwi

En la tabla 4.17, se muestran los resultados del análisis estadístico de Tukey del atributo textura datos de la tabla C.48 extraído del (Anexo C).

Tabla 4.17

Estadístico de Tukey para atributo viscosidad en la selección de pruebas final

| Tratamientos | Valor | Diferencia    | Significancia        |
|--------------|-------|---------------|----------------------|
| X01 - X02    | 0,41  | $0,41 < 0,32$ | Si hay significancia |
| X02 - X01    | 0,41  | $0,41 > 0,32$ | Si hay significancia |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.17, se puede observar que entre los tratamientos (X01-X02), (X02-X01), si existe diferencia significativa

De acuerdo a la evaluación realizada para los atributos sensoriales de las pruebas iniciales de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi según el análisis de varianza para un nivel de confianza  $\alpha=0,05$ , se pudo observar que los jueces eligieron la prueba X02 (34,76% leche de tarwi) por presentar un sabor agradable tener una buena consistencia y viscosidad como prueba final.

### **4.3 Diseño factorial 2<sup>3</sup> de las variables en la etapa de fermentación del yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi**

En base a la muestra ideal final X02 se procedió a realiza de manera experimental el diseño factorial 2<sup>3</sup> (tabla 3.12) según la matriz de variables detallados (tabla 3.13), en la etapa de fermentación para elaborar yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi; en función de la variable respuesta (acidez) y (pH).

#### **4.3.1 Variable respuesta acidez (ácido láctico) en la etapa de fermentación de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi**

Para aplicar el diseño experimental se tomaron en cuenta como variables independientes; el porcentaje de leche de tarwi (A), leche en polvo (B) y cultivo lácteo (C) y como variable respuesta acidez (ácido láctico) del yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi

En base al diseño factorial aplicado en la etapa de fermentación se realizó el análisis estadístico de la variable respuesta acidez (tabla 4.18) en el programa estadístico Statgraphics (Centurión XVII) para Windows y los resultados obtenidos se detallan en tabla D.1extraído del (Anexo D).

**Tabla 4.18**

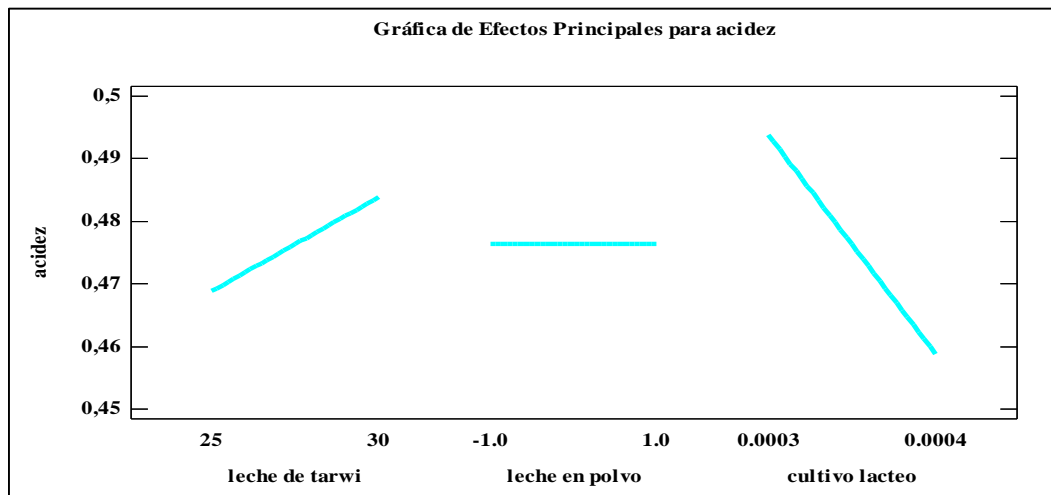
*Análisis de varianza de la variable respuesta acidez en la etapa de fermentación para la elaboración de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi*

| Fuente de Variación (FV) | Suma de Cuadrados (SC) | Grado de libertad (GL) | Cuadrado Medio (CM) | Razón-F | Valor-P |
|--------------------------|------------------------|------------------------|---------------------|---------|---------|
| Factor A                 | 0,0009                 | 1                      | 0,0009              | 0,48    | 0,5094  |
| Factor B                 | 0,0000                 | 1                      | 0,0000              | 0,00    | 1,0000  |
| Factor C                 | 0,0049                 | 1                      | 0,0049              | 2,60    | 0,1458  |
| Interacción AB           | 0,0012                 | 1                      | 0,0012              | 0,65    | 0,4438  |
| Interacción AC           | 0,0006                 | 1                      | 0,0006              | 0,33    | 0,5808  |
| Interacción BC           | 0,0002                 | 1                      | 0,0002              | 0,12    | 0,7388  |
| Interacción ABC          | 0,0004                 | 1                      | 0,0004              | 0,21    | 0,6575  |
| Error total              | 0,0151                 | 8                      | 0,0019              |         |         |
| Total (corr.)            | 0,0233                 | 15                     |                     |         |         |

**Fuente:** Elaboración propia

Según el análisis de varianza (tabla 4.20), se observa que; para los factores (A, B, C) e interacciones (AB, AC, BC y ABC), no existe diferencia significativa ya que el debido a que el valor de p es mayor a  $\alpha = 0,05$

En la figura 4.12 se muestra los efectos principales para acidez de los factores: leche de tarwi (A), leche en polvo (B), cultivo lácteo (C) en relación a la etapa de fermentación para la elaboración de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi

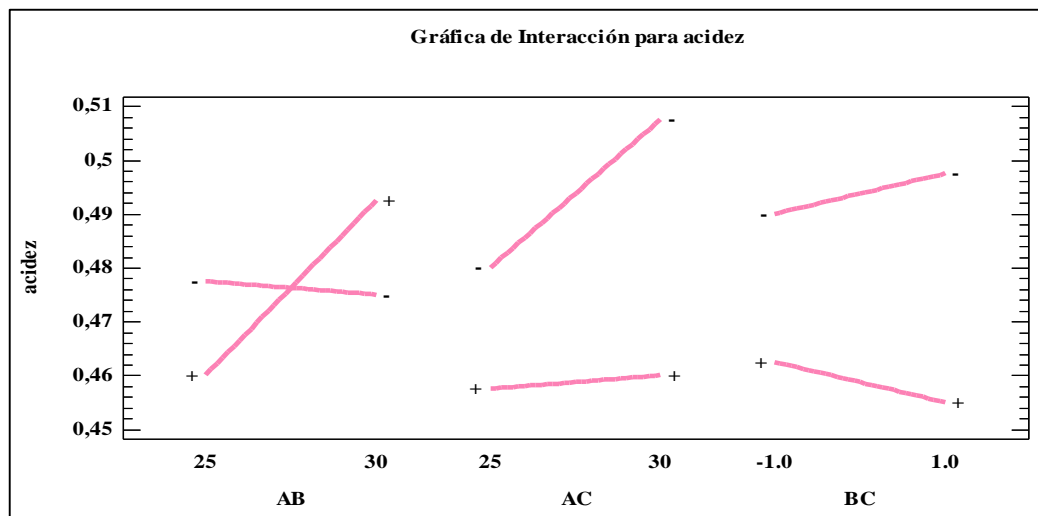


**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.12** Efectos principales para acidez

Según la figura 4.12, se puede observar que los factores: leche en polvo de diferente tipo (LN-LD) %, no inciden significativa en la acidez; ya que se mantiene constante cuando se encuentra en su nivel alto y bajo, en cuanto a la leche de tarwi encontrándose en su nivel bajo el porcentaje de ácido láctico se encuentra en 0,46, mientras estando en su nivel alto sube el porcentaje de ácido láctico en 0,48; al igual que el porcentaje de cultivo lácteo (0,0003-0,0004) % el efecto de tal factor incide significativamente en la variable respuesta acidez cuando se encuentran en sus niveles alto y bajo.

En la figura 4.13 se muestra interacciones leche de tarwi-leche en polvo (AB), leche de tarwi-cultivo lácteo (AC), leche en polvo- cultivo lácteo (BC), para la variable respuesta acidez.



**Fuente:** Elaboración propia

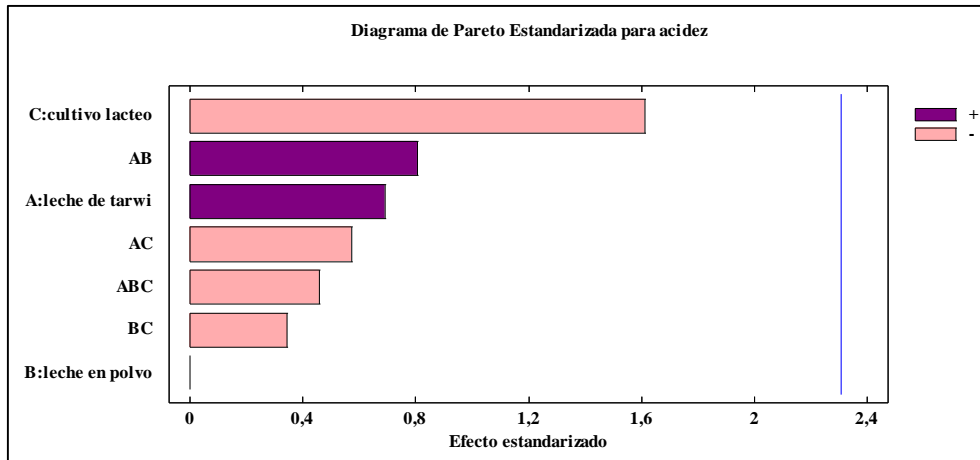
**Figura 4.13** Diagrama de Pareto estandarizada para acidez

En la figura 4.13 se puede observar que la interacción leche de tarwi-leche en polvo (AB), estando en el nivel alto y bajo es significativa debido a que los factores de las variables interaccionan entre sí.

Sin embargo, en la interacción leche de tarwi-cultivo lácteo (AC), estando en su nivel alto y bajo no influye en la acidez ya que estas no interaccionan entre sí, al igual que en la interacción leche en polvo-cultivo lácteo (BC), no hay significancia



En la figura 4.14 se muestra el diagrama de Pareto estandarizado para los factores tomados en cuenta para el diseño factorial, para tal efecto, el nivel de significancia de los factores e interacciones se determina con la línea vertical de referencia con valor de 2,306, de tal manera si las barras graficadas exceden la línea de referencia indican que son significativos para un nivel de confianza  $\alpha=0,05$ . datos extraidos del anexo D



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.14** Diagrama de Pareto estandarizada para acidez

En la figura 4.14 se puede observar los valores absolutos de los efectos estandarizados en forma decreciente; donde los factores leche de tarwi (A), leche en polvo (B), cultivo láctico (C) y las interacciones leche de tarwi-cultivo láctico (AC), leche de tarwi-leche en polvo (AB), leche de tarwi-cultivo lácteo(BC), leche de tarwi-leche en polvo-cultivo láctico (ABC); no son estadísticamente significativos debido a que ninguno de los efectos de los factores sobrepasa la línea vertical de referencia

#### **4.3.2 Variable respuesta (pH) en la etapa de fermentación para yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi**

Para aplicar el diseño experimental se tomaron en cuenta como variables independientes; el porcentaje de leche de tarwi (A), leche en polvo (B) y cultivo lácteo (C) y como variable respuesta pH del yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi, para lo cual se utilizó la norma IBNORCA detallada en tabla F.1 (Anexo F).

En base al diseño factorial aplicado en la etapa de fermentación se realizó el análisis estadístico de la variable respuesta acidez (tabla 4.21) en el programa estadístico Statgraphics (Centurión XVII) para Windows, los resultados obtenidos se detallan en el Anexo D.

**Tabla 4.19**

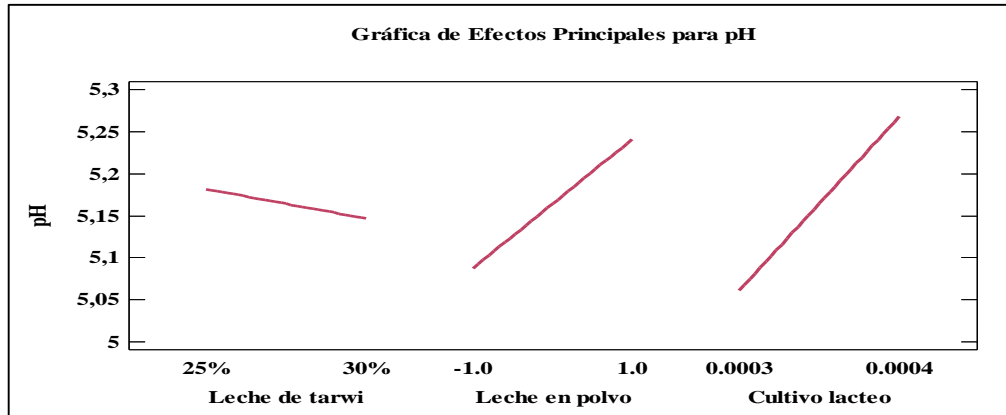
*Análisis de varianza de la variable respuesta pH en la etapa de fermentación para la elaboración de yogurt aplanado enriquecido con leche de tarwi*

| Fuente de varianza (FV) | Suma de Cuadrados (SC) | Grados de libertad (GL) | Cuadrado Medio (CM) | F <sub>tab</sub> | Valor-P |
|-------------------------|------------------------|-------------------------|---------------------|------------------|---------|
| <b>Factor A</b>         | 0,0049                 | 1                       | 0,0049              | 0,64             | 0,4481  |
| <b>Factor B</b>         | 0,0941                 | 1                       | 0,0941              | 12,13            | 0,0083  |
| <b>Factor C</b>         | 0,1711                 | 1                       | 0,1711              | 22,07            | 0,0015  |
| <b>Interacción AB</b>   | 0,0741                 | 1                       | 0,0741              | 9,56             | 0,0149  |
| <b>Interacción AC</b>   | 6,25E-8                | 1                       | 6,25E-8             | 0,00             | 0,9978  |
| <b>Interacción BC</b>   | 0,0171                 | 1                       | 0,0171              | 2,20             | 0,1760  |
| <b>Interacción ABC</b>  | 0,0006                 | 1                       | 0,0006              | 0,08             | 0,7816  |
| <b>Error total</b>      | 0,0620                 | 8                       | 0,0077              |                  |         |
| <b>Total</b>            | 0,4241                 | 15                      |                     |                  |         |

**Fuente:** Elaboración propia

Según el análisis de varianza (tabla 4.19), se puede observar que en el factor: leche de tarwi (A) e interacciones (AC, BC y ABC);  $F_{cal} < F_{tab}$ , por tanto, no existe diferencia significativa en la variación de los factores analizados en la etapa de fermentación en función de la variable respuesta pH, sin embargo, en los factores, leche en polvo (B), cultivo lacteo (C) e interacción (AB) existe diferencia significativa  $\alpha=0,05$  por lo tanto se rechaza la hipótesis planteada

En la figura 4.15 se muestra los efectos principales para los factores; (A (leche de tarwi), B (leche en polvo), (C) cultivo lácteo con relación a la variable respuesta pH

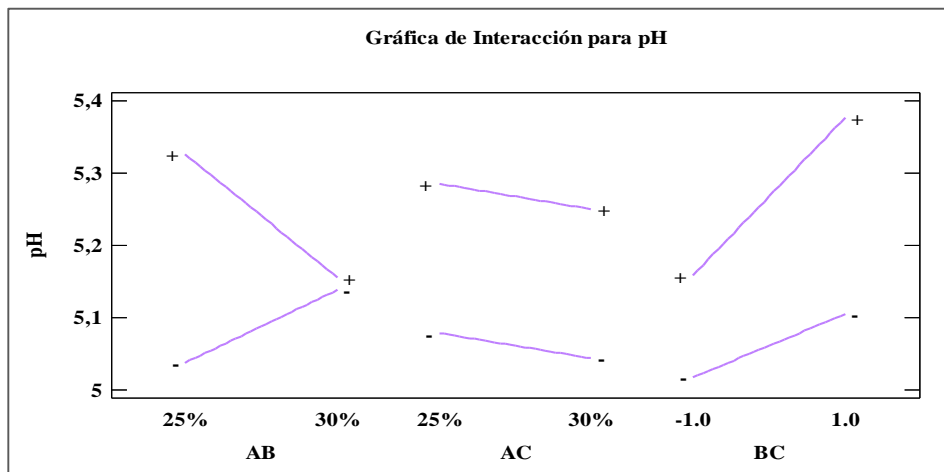


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.15 Efectos principales para pH

Según la figura 4.15 se puede observar que los factores: leche en polvo (-1,0 - 1,0), porcentaje de cultivo lácteo (0,0003-0,0004) % inciden significativamente en el pH cuando se encuentran en su nivel alto y bajo, en cuanto al porcentaje de la leche de tarwi (25 -30) % no tiene influencia cuando se encuentra en su nivel alto y bajo

En la figura 4.16 se muestra la gráfica de interacciones leche de tarwi-leche en polvo (AB), leche de tarwi-cultivo lácteo (AC), leche en polvo- cultivo lácteo (BC), para la variable respuesta pH

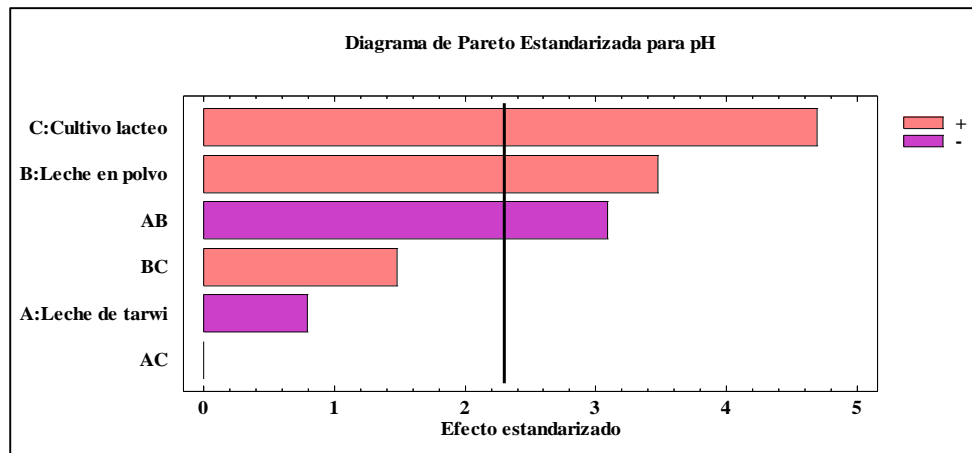


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.16 Interacciones de los factores con relación al pH

En la figura 4.16 se muestra a gráfica de interacciones leche de tarwi-leche en polvo (AB) en su nivel alto y bajo no se entrelazan al igual que en la interacción leche de tarwi-cultivo láctico (AC) y leche en polvo-cultivo láctico(BC), no afectan a la variable pH en la etapa de fermentación

En la figura 4.17 se muestra el diagrama de Pareto estandarizado de los factores tomados en cuenta para el diseño experimental los cuales estan ordenados de mayor a menor, datos extraidos del anexo D; En consecuencia, la significancia estadística lo determina la línea vertical referencia con un valor de 2,306 y por lo tanto las barras que sobre pasan la línea corresponden a los efectos que son estadísticamente significativos a un nivel de confianza del 95%.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.17** Diagrama de Pareto estandarizada para pH

En la figura 4.17 se puede observar los valores absolutos de los efectos estandarizados en forma decreciente; Donde los factores: cultivo lácteo (C), leche en polvo (B), leche de tarwi-leche en polvo (AB), son estadísticamente significativos y los factores leche en polvo-cultivo láctico (BC), leche de tarwi (A), leche de tarwi-leche en polvo-cultivo láctico (ABC), leche de tarwi-cultivo láctico (AC); No son estadísticamente significativos debido a que ninguna de las barras de los factores sobre pasa la línea vertical de referencia para un nivel de significancia  $\alpha=0,05$ .

### 4.3.3 Control del parámetro viscosidad de las pruebas experimentales de yogurt aplanado con leche de tarwi

En la tabla 4.20, se muestran los valores del control de la viscosidad; de las ocho muestras experimentales expresada en centipoise (cP). La técnica utilizada se muestra en el Anexo F.5 extraído del (Anexo F. se tomaron en cuenta los valores dentro del rango óptimo de medición (<10% y >90%) a una velocidad de giro 50 rpm con el usillo codificado como (L3) de las ocho muestras de yogurt aplanado

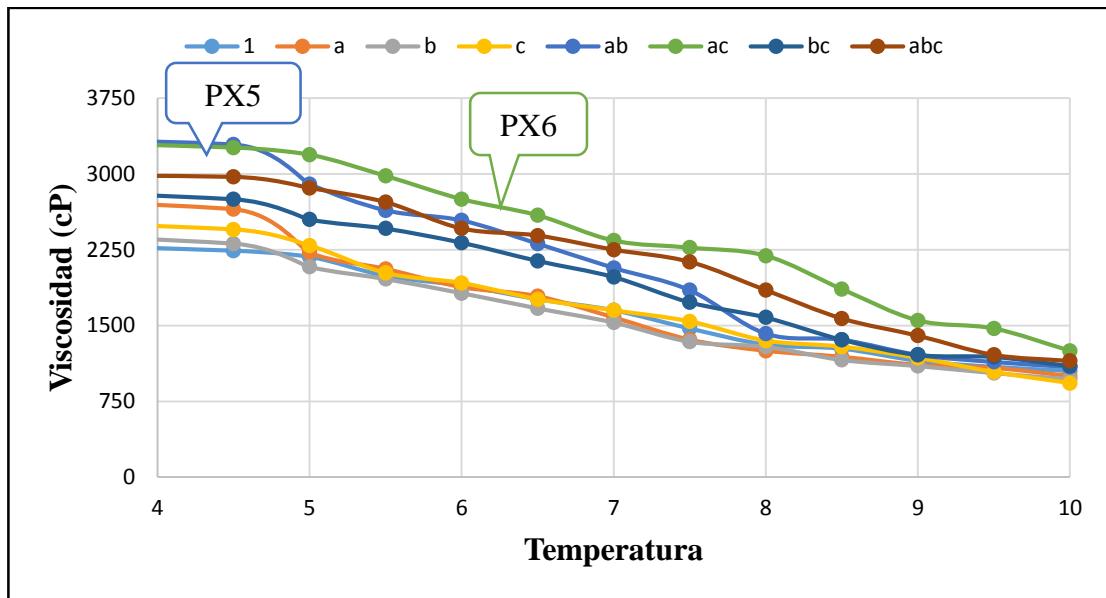
**Tabla 4.20**

*Viscosidad de muestras experimentales de yogurt aplanado enriquecido con leche de tarwi*

| Temperatura<br>°C | Viscosidad (cP)         |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------------|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
|                   | Muestras experimentales |      |      |      |      |      |      |      |
|                   | (1)                     | a    | b    | ab   | c    | ac   | bc   | abc  |
| <b>4,00</b>       | 2450                    | 2830 | 2570 | 2680 | 3350 | 3450 | 2980 | 3010 |
| <b>4,50</b>       | 2240                    | 2650 | 2310 | 2450 | 3290 | 3260 | 2750 | 2970 |
| <b>5,00</b>       | 2180                    | 2220 | 2080 | 2290 | 2900 | 3190 | 2550 | 2860 |
| <b>5,50</b>       | 1990                    | 2060 | 1960 | 2020 | 2640 | 2980 | 2460 | 2720 |
| <b>6,00</b>       | 1895                    | 1880 | 1820 | 1920 | 2540 | 2750 | 2320 | 2460 |
| <b>6,50</b>       | 1760                    | 1790 | 1670 | 1760 | 2310 | 2590 | 2140 | 2390 |
| <b>7,00</b>       | 1650                    | 1580 | 1530 | 1650 | 2070 | 2340 | 1980 | 2250 |
| <b>7,50</b>       | 1470                    | 1360 | 1340 | 1540 | 1850 | 2270 | 1730 | 2130 |
| <b>8,00</b>       | 1310                    | 1250 | 1290 | 1350 | 1420 | 2190 | 1580 | 1850 |
| <b>8,50</b>       | 1270                    | 1190 | 1160 | 1290 | 1360 | 1860 | 1360 | 1570 |
| <b>9,00</b>       | 1150                    | 1110 | 1100 | 1180 | 1210 | 1550 | 1210 | 1400 |
| <b>9,50</b>       | 1090                    | 1080 | 1030 | 1040 | 1140 | 1470 | 1190 | 1210 |
| <b>10,00</b>      | 1050                    | 1000 | 970  | 930  | 1090 | 1250 | 1100 | 1150 |

**Fuente:** Elaboración propia

En la figura 4.20, se muestra el control de la viscosidad expresada en centipoise (Cp) en función de la temperatura (°C) de las muestras experimentales de yogurt aplanado enriquecido con leche de tarwi; en base a los resultados obtenido de dicha tabla.



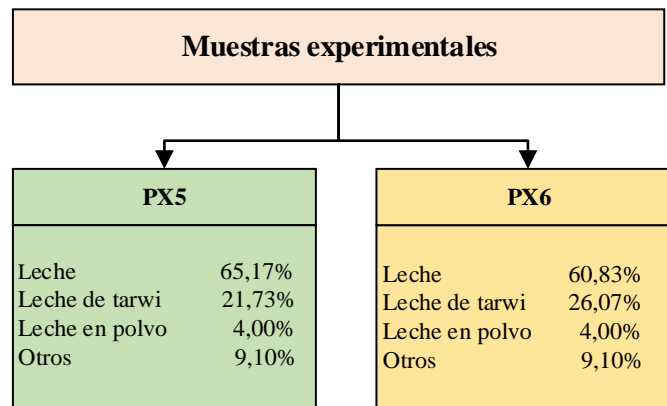
**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.18** Control de viscosidad en función de la temperatura de muestras experimentales

En la figura 4.18, se observan las curvas de variación de viscosidad versus temperatura de las ocho muestras experimentales PX1, PX2, PX3, PX4, PX5, PX6, PX7 y PX8; inicialmente a temperatura (4°C) el valor de la muestra PX5 es (3350 cP), para PX6(3450 cP) a medida que la temperatura va aumentando (7°C) de cada muestra la viscosidad disminuye para PX5(2070Cp), PX6 (2340Cp); finalmente a temperatura de 10°C la viscosidad de la muestra PX5(1090Cp), PX6 (1250Cp). En comparación de las muestras (PX1, PX2, PX3, PX4, PX7 y PX8) que presentaron una viscosidad mínima

#### 4.3.4 Selección de muestra experimental de yogurt aplanado enriquecido con leche de tarwi

En base a los resultados obtenidos del análisis de varianza de acidez y pH, se realizará la evaluación sensorial de las muestras experimentales PX5, PX6 que fueron significativas en base a la figura 4.19

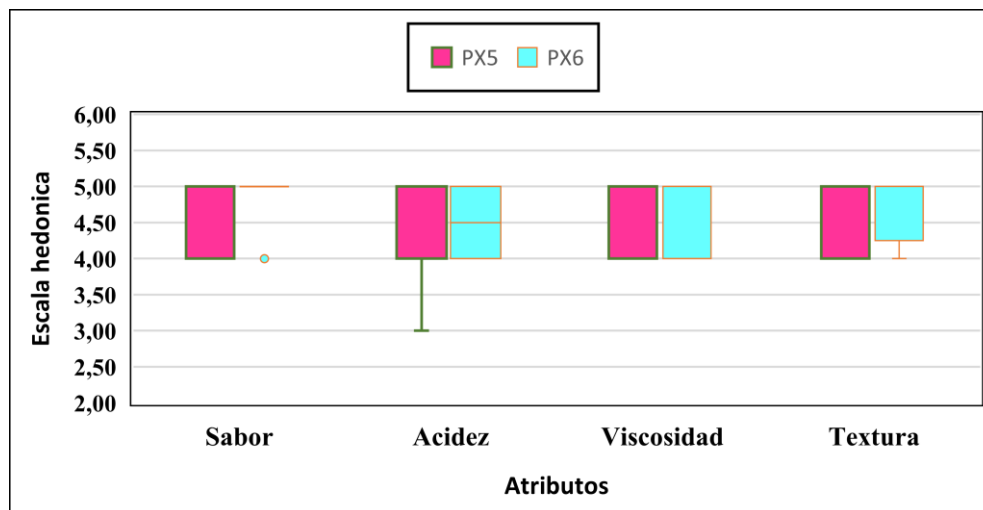


**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.19** Selección de muestra experimental de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi

#### 4.3.5 Estadístico caja y bigote para la selección de muestra experimental de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi

En la figura 4.20, se muestra el estadístico caja y bigote extraído del Anexo C para los atributos sabor (tabla C.49), acidez (tabla C.53), viscosidad (tabla C.55) y textura (tabla C.58) para la selección de prueba ideal de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.20** Estadístico caja y bigote para la selección de muestra ideal de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi

figura 4.20 se puede observar el resultado estadístico de caja y bigote de las medianas en función de los atributos de las muestras evaluadas son: sabor 5 (PX6); acidez 4,5 (PX6); viscosidad 5 (PX6) y textura 5 (PX6). Por lo tanto, indica que el 50% de los jueces que evaluaron dieron puntuaciones de 5 o menos; en comparación de la muestra PX5, que son menores en cuanto se refiere a la elección de la muestra de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi.

De acuerdo a la evaluación realizada para los atributos sensoriales de las muestras experimentales de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi según la preferencia de los jueces por la muestra PX6, en base a la dosificación (figura 4.20) y parámetros de proceso se eligió dicha muestra

#### **4.4 Control de los parámetros acidez, pH en la etapa de fermentación para la elaboración de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi**

El control de los parámetros fisicoquímicos (acidez y pH) en el proceso de fermentación del yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi en la muestra PX6 que es el resultado del estadístico caja y bigote.

##### **4.4.1 Control de acidez en la etapa de fermentación del yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi**

En la tabla 4.21, se muestran los valores del control de acidez; (porcentaje de ácido láctico), cuya técnica detallada en el (Anexo F.2) extraído del (Anexo F) en la etapa de fermentación de dos muestras de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi en intervalos de 30 minutos para un tiempo de 4 horas y 30 minutos



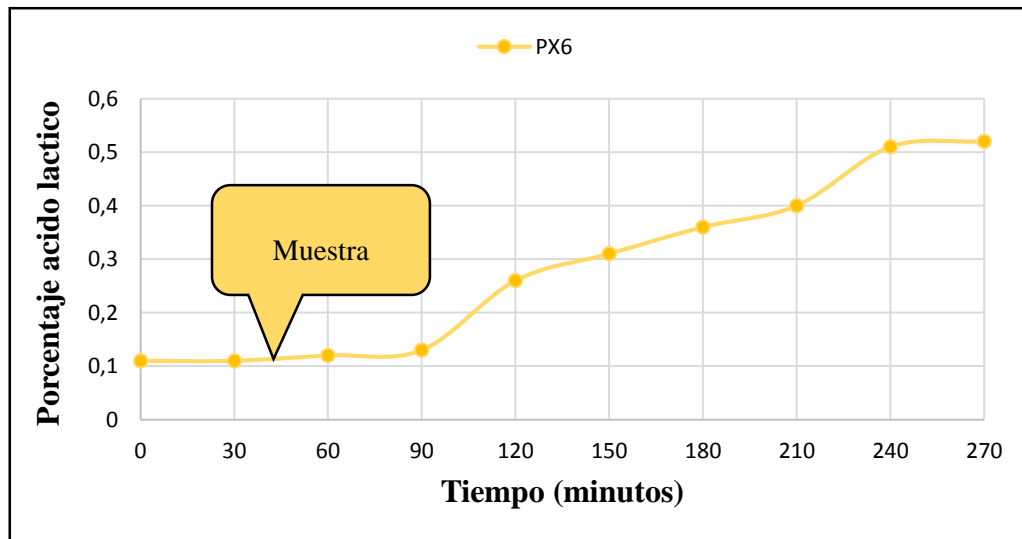
**Tabla 4.21**

*Control de acidez en la etapa de fermentación del yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi*

| Tiempo (min) | Acidez (%)<br>( Porcentaje de ácido láctico ) |
|--------------|---|
|              | Muestra (PX6)                                 |
| 0,0          | 0,11  |
| 30,0         | 0,11  |
| 60,0         | 0,12  |
| 90,0         | 0,13  |
| 120,0        | 0,26  |
| 150,0        | 0,31  |
| 180,0        | 0,36  |
| 210,0        | 0,40  |
| 240,0        | 0,51  |
| 270,0        | 0,52  |

**Fuente:** Elaboración propia

En la figura 4.21, se muestra la variación de acidez expresada (porcentaje de ácido láctico) en función del tiempo de fermentación del yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi; en función de los resultados de la tabla 4.23



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.21** Control de acidez en el proceso de fermentación del yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi

Según la figura 4.21, la muestra PX6, entre (0,0 – 60,0) minutos tiene un porcentaje de ácido láctico de 0,11% a partir del tiempo (90,0 – 120,0) minutos, se observa un ligero incremento de ácido láctico 0,12%, entre (120,0 – 270,0) minutos al final del proceso de fermentación incrementa a 0,52%

De acuerdo al control de acidez en el proceso de fermentación de la muestra experimental PX6; se incrementa evidenciando que la variación del porcentaje de cultivo láctico si influye en la etapa de fermentación.

#### **4.4.2 Control de pH en la etapa de fermentación del yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi**

En la tabla 4.24, se muestran los valores del control de pH; técnica detallada en el Anexo F.3 extraído del (Anexo F) para la etapa de fermentación de la muestra de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi en intervalos de 30 minutos.

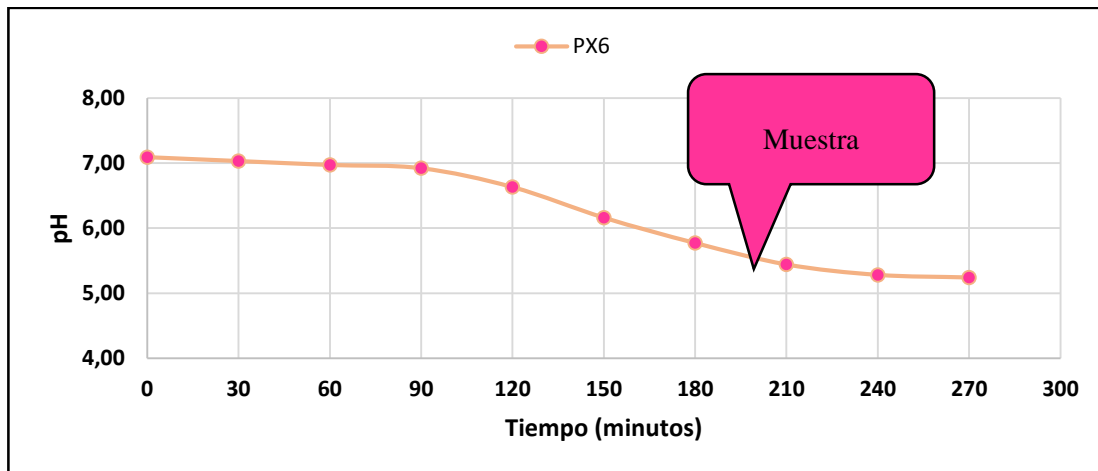
**Tabla 4.22**

*Control de pH en la etapa de fermentación de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi*

| <b>Tiempo<br/>(h)</b> | <b>pH</b>            |
|-----------------------|----------------------|
|                       | <b>Muestra (PX6)</b> |
| <b>0,0</b>            | 7,09                 |
| <b>30,0</b>           | 7,03                 |
| <b>60,0</b>           | 6,97                 |
| <b>90,0</b>           | 6,92                 |
| <b>120,0</b>          | 6,63                 |
| <b>150,0</b>          | 6,16                 |
| <b>180,0</b>          | 5,77                 |
| <b>210,0</b>          | 5,44                 |
| <b>240,0</b>          | 5,28                 |
| <b>270,0</b>          | 5,24                 |

**Fuente:** Elaboración propia

En la figura 4.22, se muestra la variación de pH en función del tiempo de fermentación de la muestra experimental (PX6) de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi; en base a los resultados de la tabla 4.22



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.22** Control de pH en el proceso de fermentación de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi

Según la figura 4.22, la prueba PX6 se muestra para tiempo (0,00) minutos pH inicial de 7,09; para tiempo (30,0 – 90,0) minutos, se observa un ligero descenso (7,03-6,92); para tiempo (90,0 – 270,0) minutos el valor de pH horas disminuye a 5,24 al final del proceso de fermentación.

De acuerdo al control de pH en el proceso de fermentación de la muestra experimental PX6; se puede observar que la variación de cultivo lácteo afecta directamente en el tiempo de fermentación.

#### **4.5 Caracterización del producto final yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi**

Para la caracterización del producto final yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi, se tomaron en cuenta los resultados del análisis fisicoquímico y microbiológico los cuales se detallan a continuación:

##### **4.5.1 Análisis fisicoquímico de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi**

En la tabla 4.23, se muestran los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico del yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi de datos extraído del anexo

**Tabla 4.23*****Análisis fisicoquímico del yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi***

| Parámetros               | Unidad    | Resultado |
|--------------------------|-----------|-----------|
| Acidez (ácido láctico)   | %         | 0,600     |
| Cenizas                  | %         | 0,780     |
| Densidad relativa (20°C) | -         | 1,068     |
| Fibra                    | %         | 0,000     |
| Materia grasa            | %         | 3,800     |
| Hidratos de carbono      | %         | 15,980    |
| Humedad                  | %         | 76,250    |
| Proteína total (Nx6,38)  | %         | 3,190     |
| pH (20°C)                | -         | 5,890     |
| Solidos solubles         | °Brix     | 20,100    |
| Solidos totales          | %         | 23,750    |
| Valor energético         | Kcal/100g | 110,880   |

Fuente: CEANID, 2021

En la tabla 4.23, se observa en el yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi que tiene acidez 0,60% (ácido láctico), cenizas 0,78%, densidad relativa 1,0675 (20°C), fibra n.d, materia grasa 3,80%, hidratos de carbono 15,68%, humedad 76,25%, proteína total 3,19 (Nx6,38), pH 5,89 (°C), solidos solubles 20,10 °Brix, solidos totales 23,75%, valor energético 110,88 Kcal/100gr.

#### **4.5.2 Análisis microbiológico del yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi**

En la tabla 4.24, se muestran los análisis microbiológicos del yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi de datos extraídos del Anexo A.3(Anexo A).

**Tabla 4.24*****Análisis microbiológico del yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi***

| Microorganismos    | Unidad | Resultados               |                                       |
|--------------------|--------|--------------------------|---------------------------------------|
| Coliformes fecales | UFC/ml | <1,0x10 <sup>1</sup> (*) | No se observan desarrollo de colonias |
| Escherichia coli   | UFC/ml | <1,0x10 <sup>1</sup> (*) | No se observan desarrollo de colonias |
| Mohos y levaduras  | UFC/ml | <1,0x10 <sup>1</sup> (*) | No se observan desarrollo de colonias |

Fuente: CEANID, 2021

En la tabla 4.24, se observa en el yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi la presencia microbiológica de coliformes fecales  $<1,0 \times 10^1$  UFC/ml, Escherichia coli  $<1,0 \times 10^1$  UFC/ml, mohos y levaduras  $<1,0 \times 10^1$  UFC/ml y no observándose desarrollo de colonias

#### **4.5.3 Control de parámetros acidez y pH durante el almacenamiento del producto final de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi**

Se procedió a realizar el control de los parámetros (acidez, pH) del yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi a la prueba experimental PX6; durante el almacenamiento bajo refrigeración entre (3 – 4) °C por 25 días, de dos muestras que se elaboraron. Se codificará a la prueba PX6C con conservante (sorbato de potasio) y PX6S sin conservante; con el fin de realizar un seguimiento de los parámetros del producto final durante la etapa de refrigeración a temperatura 3°C

#### **4.5.4 Control de acidez durante el almacenamiento del producto final yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi**

En la tabla 4.25, se muestran los resultados obtenidos de la variación de acidez del yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi con conservante (PX6C) y sin conservante (PX5S); en función del tiempo de almacenamiento de datos extraídos de la tabla D.2.7 (Anexo D).

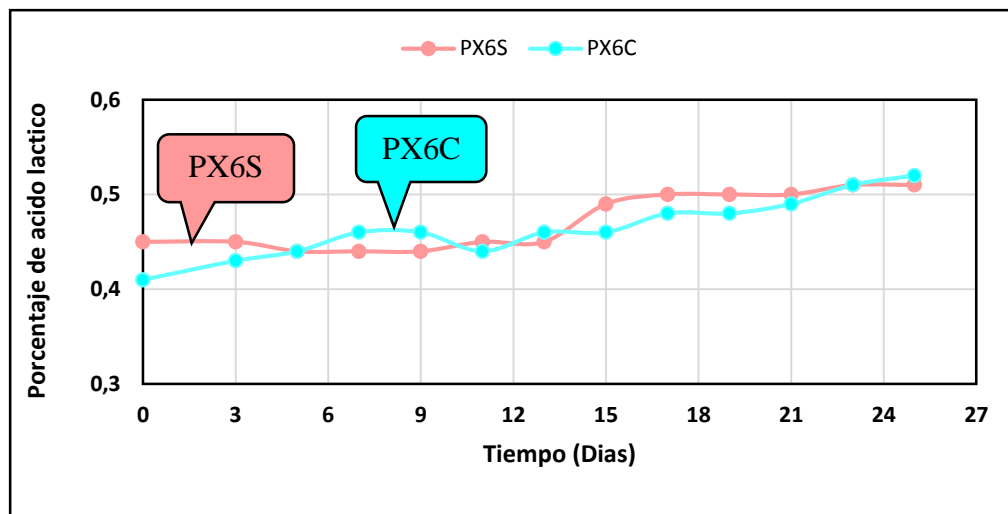
**Tabla 4.25**

*Control de acidez durante el almacenamiento del yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi*

| Tiempo<br>( días ) | Acidez (%)<br>(porcentaje de ácido láctico) |      |
|--------------------|---|------|
|                    | PX6S  | PX6C |
| 1                  | 0,45  | 0,41 |
| 3                  | 0,45  | 0,43 |
| 5                  | 0,44  | 0,44 |
| 7                  | 0,44  | 0,46 |
| 9                  | 0,44  | 0,46 |
| 11                 | 0,45  | 0,44 |
| 13                 | 0,45  | 0,46 |
| 15                 | 0,49  | 0,46 |
| 17                 | 0,50  | 0,48 |
| 19                 | 0,50  | 0,48 |
| 21                 | 0,50  | 0,49 |
| 23                 | 0,51  | 0,51 |
| 25                 | 0,51  | 0,52 |

**Fuente:** Elaboración propia

En la figura 4.22, se muestra el control de acidez del yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi; en base a los resultados obtenidos de la tabla 4.25.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.23** Variación de acidez en función al tiempo de almacenamiento del yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi con conservante v sin conservante

Según la figura 4.22 las muestra PX6C inicia con un porcentaje de 0,45% y PX6S con 0,41 %, a partir de tiempo del tiempo (5 – 9) días, se observa un leve descenso en la muestra PX6S (0,44%) y para PX6C un incremento (0,46%). Entre (11-13) días va incrementando acidez la muestra PX6C (0,45%) y PX6S (0,46%), entre (17-21) días la muestra PX6C (0,5%) y PX6S (0,48 – 0,49%) y finalmente entre (23-25) días la muestra PX6C (0,51%) y PX6S (0,51-0,52%) cuando finaliza el tiempo de almacenamiento

De acuerdo al control de acidez del yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi en el almacenamiento, se puede evidenciar que la muestra PX6S (sin conservante) y PX6C (con conservante) en el primer día presentan diferente porcentaje de acidez y para los días 25 PX6S (0,51-0,52%) y PX6C (0,51%). Donde se observa que la adición de conservante afecta directamente en la variación de la acidez.

#### **4.5.5 Control de pH durante el almacenamiento del producto final de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi**

En la tabla 4.26, se muestran los valores del control de pH detallada en la tabla D.2.1 extraído del (Anexo D); expresada en (porcentaje de ácido láctico) técnica detallada la tabla F.2 extraído del (Anexo F); durante el almacenamiento de dos muestras de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi sin conservante (PX6S) y con conservante (PX6C)

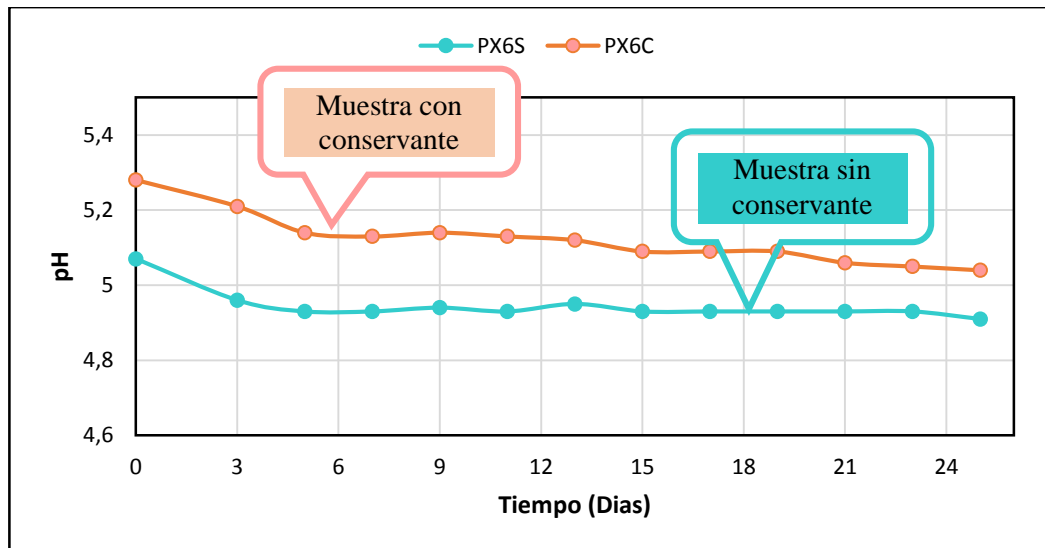
**Tabla 4.26**

*Control del pH durante la conservación de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi*

| Tiempo ( días ) | pH   |      |
|-----------------|------|------|
|                 | PX6S | PX6C |
| 1               | 5,07 | 5,28 |
| 3               | 4,96 | 5,21 |
| 5               | 4,93 | 5,14 |
| 7               | 4,93 | 5,13 |
| 9               | 4,94 | 5,14 |
| 11              | 4,93 | 5,13 |
| 13              | 4,95 | 5,12 |
| 15              | 4,93 | 5,09 |
| 17              | 4,93 | 5,09 |
| 19              | 4,93 | 5,09 |
| 21              | 4,93 | 5,06 |
| 23              | 4,93 | 5,05 |
| 25              | 4,91 | 5,04 |

**Fuente:** Elaboración propia

En la figura 4.23, se muestra el control de pH del yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi en el almacenamiento de los resultados de la tabla 4.26



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.24** Variación del pH en función del tiempo de almacenamiento del yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi

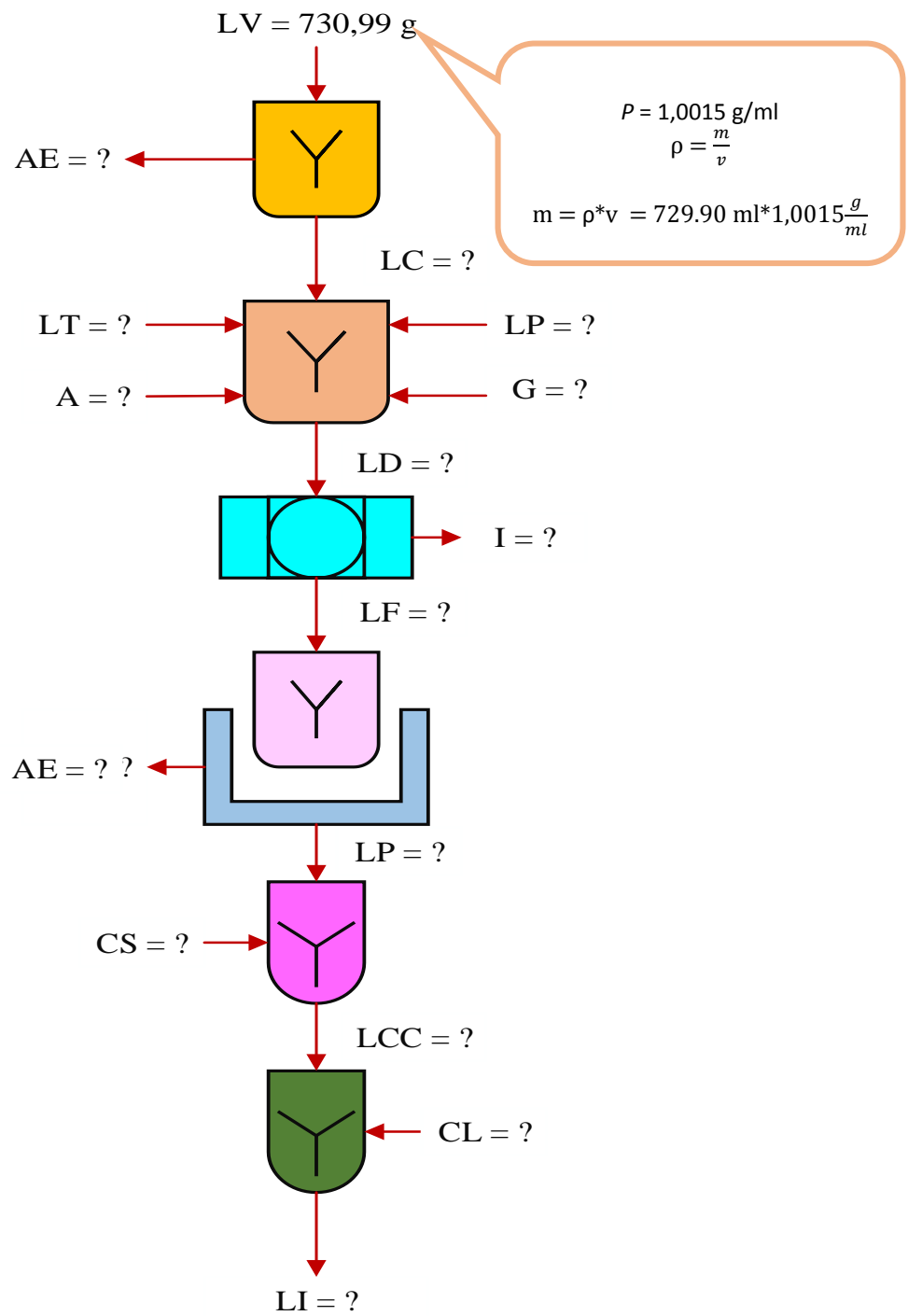


En la figura 4.23, las pruebas PX6C y PX6S presentan para día (0,0) días pH de 5,28 (PX6C) y 5.07 (PX6S) ambas pruebas durante el transcurso del control hay de pH al pasar de los días van descendiendo ya que en el día 15 la muestra PX6C presenta una acidez de 5,09 y PX6S 4,93; finalmente a partir del día 16 la muestra estable es la PX6S ya que mantiene el pH pruebas con conservante aún siguen bajando el porcentaje de dicha variable.

De acuerdo al control de pH del yogurt afluado enriquecido con leche de tarwi el almacenamiento, se puede evidenciar que la muestra PX6S (sin conservante) y PX6C (con conservante) en el primer día presentan diferente porcentaje de acidez y para los días 25 PX6S (4,91) y PX6C (5,04). Donde se observa que la adición de conservante afecta directamente en la variación del pH.

#### **4.6 Balance de materia en el proceso de elaboración de yogurt afluado enriquecido con leche de tarwi**

El balance de materia se realizó tomando en cuenta el diagrama de flujo (figura 4.25) para el proceso de elaboración de yogurt afluado enriquecido con leche de tarwi; para un cálculo en base a 0,72990 litro de leche (730,99 g).



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.25** Diagrama de flujo del proceso de elaboración de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi

**Donde:**

LV = Leche entera (g)

AE = Agua evaporada (g)

LC = Leche precalentada (g)

LT = Leche tarwi (g)

A = Azúcar (g)

LP = Leche en polvo entera (g)

G = Gelatina neutra (g)

LD = Leche dosificada (g)

LF = Leche filtrada (g)

AE = Agua evaporada (g)

LP = Leche pasteurizada (g)

CS = Conservante (g)

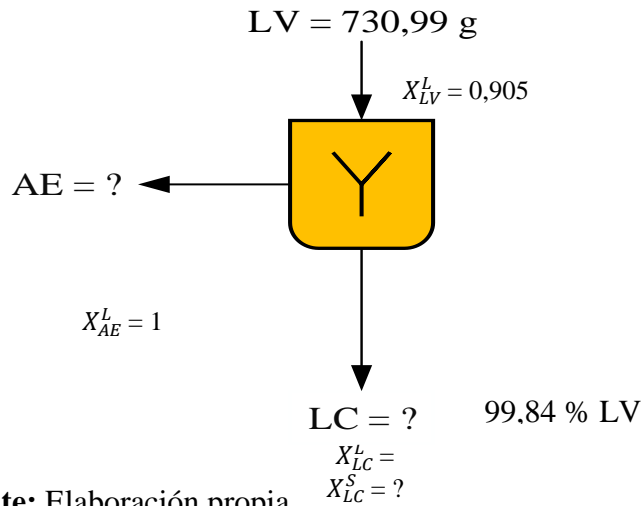
LCC = Leche con concertantes (g)

CL = Cultivo Lácteo (g)

LI = Leche inoculada (g)

 $X_{Lv}^L$  = Fracción líquida leche cruda $X_{Lv}^S$  = Fracción sólida leche cruda $X_{AE}^L$  = Fracción líquida de agua evaporada $X_{AE}^S$  = Fracción sólida de agua evaporada $X_{LC}^L$  = Fracción líquida de leche calentada $X_{LC}^S$  = Fracción sólida de leche calentada $X_{LT}^L$  = Fracción de líquidos de leche de tarwi $X_{LT}^S$  = Fracción de sólidos de leche de tarwi $X_A^L$  = Fracción de líquidos de azúcar $X_A^S$  = Fracción de sólidos de azúcar $X_{LP}^L$  = Fracción de líquido de leche en polvo $X_{LP}^S$  = Fracción de sólidos leche en polvo $X_G^L$  = Fracción de líquidos de gelatina $X_G^S$  = Fracción de sólidos de gelatina $X_{LF}^L$  = Fracción de líquidos de leche filtrada $X_{LF}^S$  = Fracción de sólidos leche filtrada $X_{AE}^L$  = Fracción líquida de agua evaporada $X_{AE}^S$  = Fracción sólida de agua evaporada $X_{LP}^L$  = Fracción de líquido de pasteurizada $X_{LP}^S$  = Fracción de sólidos leche pasteurizada $X_{CS}^L$  = Fracción de líquido conservante $X_{CS}^S$  = Fracción de sólidos conservante $X_I^S$  = Fracción de sólidos inoculación**4.6.1 Balance de materia en la etapa de calentamiento**

En la figura 4.26, se muestra el balance de materia de la etapa de calentamiento de leche entera



**Fuente:** Elaboración propia  
**Figura 4.26** Balance de materia en la etapa de precalentamiento

Balance de materia en la etapa de calentamiento:

$$LV = AE + LC \quad \text{(Ecuación 4.1)}$$

Balance de materia parcial para hallar LC:

$$LV = LC + AE$$

$$LC = 0,9984 * 730,99$$

LC = 729,82 g de leche calentada

Reemplazando en la ecuación 4.1

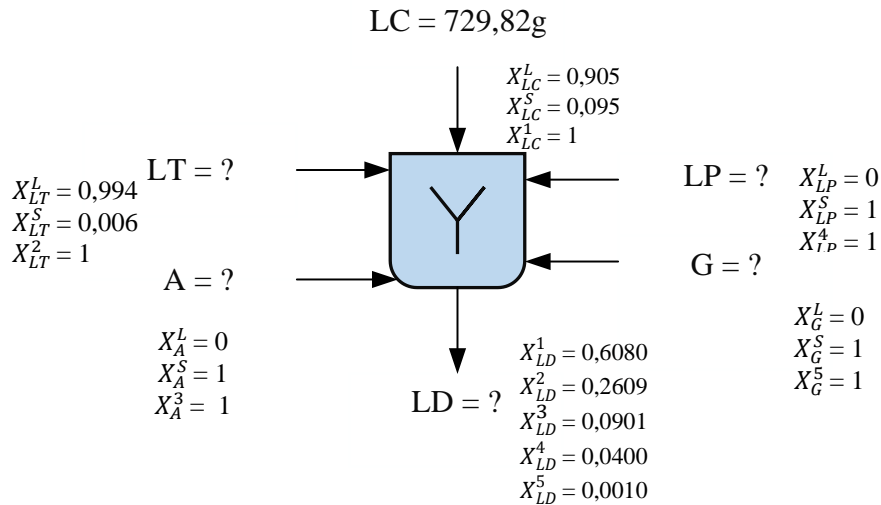
$$AE = LV - LC$$

$$AE = 730,99 - 729,82$$

AE = 1,17 g de agua evaporada

#### 4.6.2 Balance de materia en la etapa de dosificación

En la figura 4.27, se muestra el proceso de balance de materia de la etapa de dosificación de la leche



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.27 Balance de materia en la etapa de dosificación

Balance de materia general en la etapa de dosificación:

$$LC + LT + A + LP + G = LD \quad (\text{Ecuación 4.2})$$

Balance de materia parcial para hallar LD:

$$LC * X_{LC}^1 + \cancel{LT * X_{LT}^1} + \cancel{A * X_A^1} + \cancel{LP * X_{LP}^1} + \cancel{G * X_G^1} = LD * X_{LD}^1$$

$$729,82 * 1 = LD * 0,6080$$

$$LD = \frac{729,82}{0,6080} = 1200,36 \text{ g de leche dosificada}$$

Balance de materia parcial para hallar LT:

$$\cancel{LC * X_{LC}^2} + LT * X_{LT}^2 + \cancel{A * X_A^2} + \cancel{LP * X_{LP}^2} + \cancel{G * X_G^2} = LD * X_{LD}^2$$

$$LT * 1 = 1200,36 * 0,2609$$

$$LT = 313,17 \text{ g de leche de tarwi}$$

Balance de materia parcial para hallar A:

$$\cancel{LC * X_{LC}^3} + \cancel{LT * X_{LT}^3} + A * X_A^3 + \cancel{LP * X_{LP}^3} + \cancel{G * X_G^3} = LD * X_{LD}^3$$

$$A * 1 = 1200,36 * 0,0901$$

$$A = 108,15 \text{ g de leche de azúcar}$$

Balance de materia parcial para hallar LP:

$$\cancel{LC * X_{LC}^4} + \cancel{LT * X_{LT}^4} + \cancel{A * X_A^4} + LP * X_{LP}^4 + \cancel{G * X_G^4} = LD * X_{LD}^4$$

$$LP * 1 = 1200,36 * 0,0400$$

$$LP = 48,01 \text{ g de leche en polvo}$$

Balance de materia parcial para hallar G:

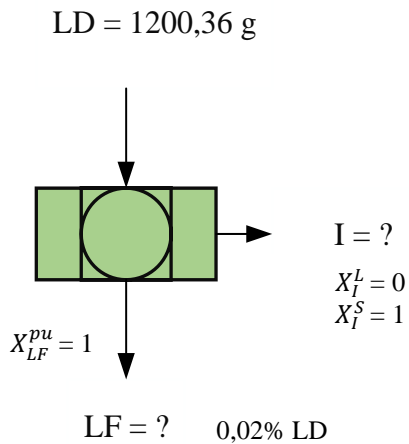
$$\cancel{LC * X_{LC}^5} + \cancel{LT * X_{LT}^5} + \cancel{A * X_A^5} + \cancel{LP * X_{LP}^5} + G * X_G^5 = LD * X_{LD}^5$$

$$G * 1 = 1200,36 * 0,0010$$

$$G = 1,20 \text{ g de gelatina}$$

#### 4.6.3 Balance de materia en la etapa de filtración

En la figura 4.28 se muestra el proceso de balance de materia de la etapa de filtración de la leche dosificada



**Fuente:** Elaboración propia  
**Figura 4.28** Balance de materia en la etapa de filtración

Balance de materia general en la etapa de filtración:

$$LD = I + LF \quad \text{(Ecuación 4.3)}$$

Para hallar el valor de I, LF se aplica el siguiente planteamiento:

Entonces  $I = 0,0002 \text{ LD}$

$I = 0,24 \text{ g de impurezas}$

Reemplazando en la ecuación 4.3

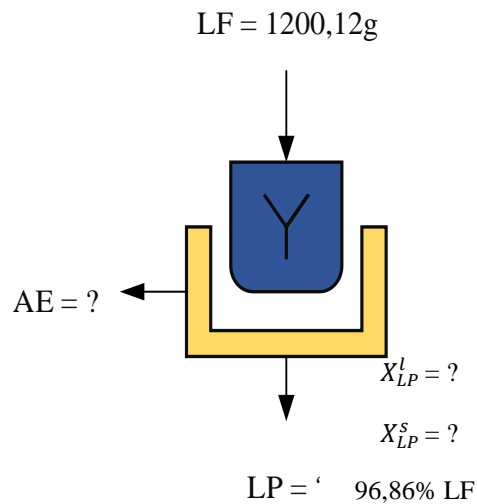
$$LF = LD - I$$

$$LF = 1200,36 - 0,24$$

$LF = 1200,12 \text{ g de leche filtrada}$

#### 4.6.4 Balance de materia en la etapa de pasteurización

En la figura 4.29 se muestra el balance de materia en la etapa de pasteurización de la mezcla de leches



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.29** Balance de materia en la etapa de pasteurización

Balance de materia general en la etapa de pasteurización:

$$\mathbf{LF = AE + LP} \qquad \mathbf{(Ecuación 4.4)}$$

Entonces  $LP = 0,9686 LF$

$$LP = 0,9686 * 1200,12$$

$LP = 1162,43$  g de leche pasteurizada

Reemplazando en la ecuación 4.4 para hallar AE

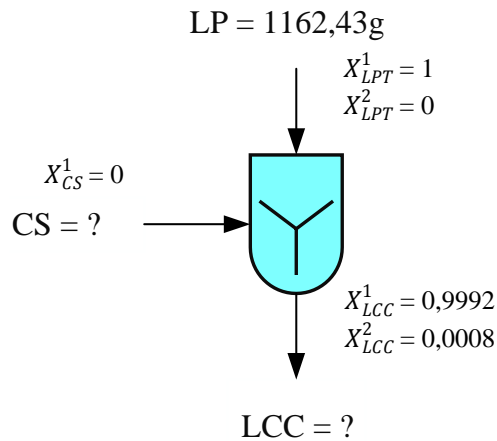
$$AE = 1200,12 - 1162,43$$

$AE = 37,68$  gr de agua evaporada

#### **4.6.5 Balance de materia en la etapa de adición de conservante**

En la figura 4.30, se muestra el balance de materia en la etapa de adición de conservantes





**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.30** Balance de materia en etapa de adición de conservantes

Balance de materia general en la etapa de adición de conservante:

$$LP + CS = LCC$$

**(Ecuación 4.5)**

Balance de materia parcial para hallar LCC:

$$LP * X_{LP}^1 + CS * \cancel{X_{CS}^1} = LCC * X_{LCC}^1$$

$$1162,43 * 1 = LCC * 0,9992$$

$$LCC = \frac{1162,43}{0,9992} = 1163,36 \text{ g de leche con conservante}$$

Balance de materia parcial para hallar CS:

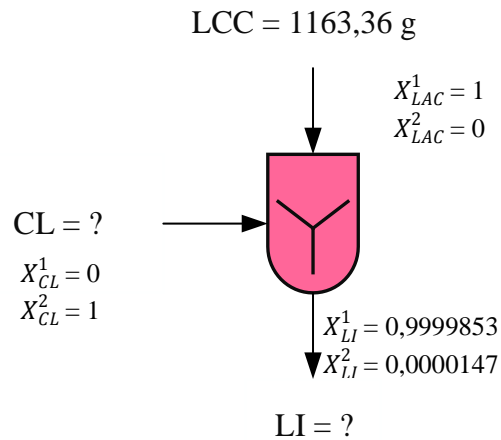
$$\cancel{LP * X_{LP}^2} + CS * X_{CS}^2 = LCC * X_{LCC}^2$$

$$CS * 1 = 1163,36 * 0,0008$$

$$CS = 0,9306 \text{ g de conservante}$$

#### 4.6 Balance de materia en la etapa de inoculación

En la figura 4.31, se muestra el proceso de balance de materia en la etapa de inoculación



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.31** Balance de materia en la etapa de inoculación

Balance de materia general en la etapa de inoculación:

$$LCC + CL = LI$$

**(Ecuación 4.6)**

Balance de materia parcial para hallar LI:

$$LCC * X_{LCC}^1 + \cancel{CL * X_{CL}^1} = LI * X_{LI}^1$$

$$1163,36 * 1 = LI * 0,9999585$$

$$LI = \frac{1163,36}{0,9999585} = 1163,41 \text{ g de leche inoculada}$$

Balance de materia parcial para hallar CL:

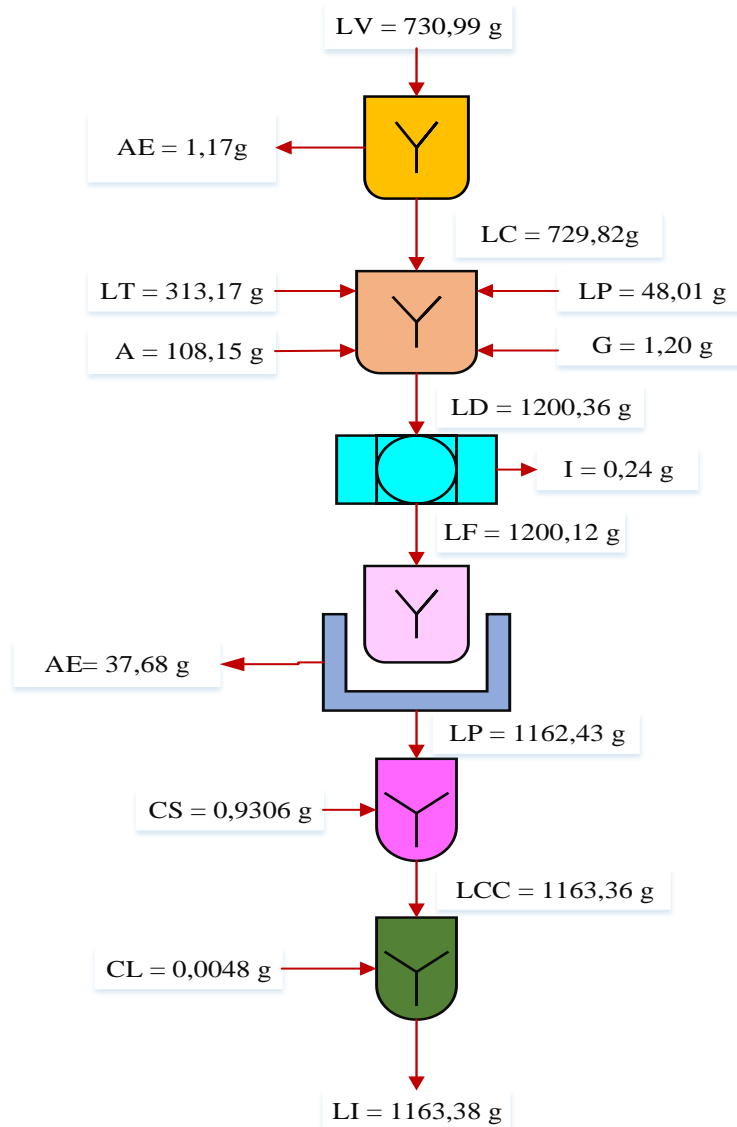
$$\cancel{LCC * X_{LCC}^2} = CL * X_{CL}^2 + LI * X_{LI}^2$$

$$CL * 1 = 1163,41 * 0,0000415$$

$$CL = 0,0048 \text{ g de cultivo lácteo}$$

#### 4.6.7 Resumen general del balance de materia en el proceso de elaboración de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi

En la figura 4.32, se muestran el resumen general del balance de materia en el proceso de elaboración de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.32** Resumen del balance de materia en el proceso de elaboración de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi

#### 4.6.8 Rendimiento del proceso de yogurt aplanado enriquecido con leche de tarwi

Para el cálculo de rendimiento en el proceso de elaboración de yogurt aplanado enriquecido con leche de tarwi, se tomó la ecuación 4.7 citado por (Alvarez, 2011).

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Masa obtenida}}{\text{Flujo masico de entrada}} \times 100 \quad (\text{Ecuación 4.7})$$

Reemplazando la ecuación 4.10:

$$\text{Rendimiento} = \frac{LI}{LE} \times 100 \quad (\text{Ecuación 4.8})$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{1163.41\text{g}}{1200.36\text{g}} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = 96,92\%$$

Según los resultados del balance de materia del proceso de elaboración de yogurt aplanado enriquecido con leche de tarwi se obtuvo un rendimiento de 96,93% en base a la cantidad de materia prima (leche entera) recepcionada más los insumos

#### 4.7 Balance de energía en la etapa de pasteurización de la leche

Para realizar el balance de energía en el proceso de elaboración de yogurt aplanado enriquecido con leche de tarwi, se tomó en cuenta la etapa de pasteurización de la leche y la fermentación láctica.

##### 4.7.1 Ecuaciones para el balance de energía en el proceso de pasteurización

Según (Lewis, 1993) se muestra la deducción del balance general de energía para procesos de transferencia de calor:

$$L_1(\cancel{C_1} + \cancel{P_1} + P_{V1}) + Q - L_2(\cancel{C_2} + \cancel{P_2} + \mu_2 + P_{V2}) = T + 2F \frac{d\theta v^4}{d\theta}$$

$$L_1(\mu_1 + P_{V1}) + Q = L_2(\mu_2 + P_{V2}) = 0$$

$$L_1 (H_1) + Q - L_2 (H_2) = 0$$

$$\cancel{L_1} (H_1 - H_2) = \cancel{Q}$$

$$Q = L_1 \Delta H$$

$$\Delta H = C_p \Delta H$$

$$Q = L_1 C_p \Delta H \quad (\text{Ecuación 4.9})$$

Según (Lewis, 1993), el principio de conservación de la energía está dado por:

$$Q_{cedido} = Q_{ganado}$$

$$- Q_{cedido} = Q_{ganado}$$

$$- \sum Q_{cedido} = \sum Q_{ganado}$$

$$Q_T = Q_{cedido} + Q_{ganado} \quad (\text{Ecuación 4.10})$$

Para calcular el calor latente en los cambios de fase según (Lewis, 1993) es :

$$Q_1 = \Delta H L = L\lambda \quad (\text{Ecuación 4.11})$$

Para el cálculo del balance de energía en las diferentes etapas de la elaboración de yogurt afluado enriquecido con leche de tarwi, se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones como ser:

Según (Lewis, 1993), manifiesta que: si se conoce la composición fisicoquímica del alimento se puede utilizar para calcular las capacidades caloríficas, como se detalla en la ecuación 4.18. de la tal forma, en el presente trabajo se determinó el Cp de leche entera y leche de tarwi.

$$C_p = X_w C_w + x_c C_c + x_p C_p + x_A C_A \quad (\text{Ecuación 4.12})$$

Donde:

$X_W$  = Fracción en peso del agua

$X_C$  = Fracción en peso de carbohidratos

$X_P$  = Fracción en peso de proteína

$X_F$  = Fracción en peso de grasa

$X_A$  = Fracción en peso de cenizas

Las capacidades caloríficas en función a la composición fisicoquímica de los alimentos se detallan en la tabla 4.27

**Tabla 4.27**

*Capacidades caloríficas en función a la composición de los alimentos*

| Calor específico      | Valor 1<br>KJ/Kg°C     | Valor 2<br>KJ/Kg°C |
|-----------------------|------------------------|--------------------|
| $C_W$ (agua)          | 4,18                   | 4,18               |
| $C_C$ (carbohidratos) | 1,40                   | 1,22               |
| $C_P$ (proteína)      | 1,60                   | 1,90               |
| $C_F$ (grasa)         | 1,70                   | 1,90               |
| $C_A$ (ceniza)        | 0,80                   | -                  |
|                       | Para productos lácteos | Para alimentos     |

**Fuente:** Orozco,1998

En la tabla 4.27, se observa los resultados de la composición fisicoquímica de la leche de datos extraídos del (Anexo A)

**Tabla 4.28**

*Resultados de la composición fisicoquímica de la leche entera*

| Composición         | Unidad | Cantidad |
|---------------------|--------|----------|
| Cenizas             | %      | 0,73     |
| Materia grasa       | %      | 3,60     |
| Hidratos de carbono | %      | 4,61     |
| Humedad             | %      | 87,92    |
| Proteína total      | %      | 3,24     |

**Fuente:** CEANID, 2021

### Calculando el Cp de la leche de vaca

$$1 \text{ KJ} = 0,239006 \text{ Kcal}$$

$$Cp_{LV} = x_W C_W + x_C C_C + x_P C_P + x_F C_F + x_A C_A$$

$$Cp_{LV} = 0,8792 * 0,99904808 + 0,0451 * 0,3346084 + 0,0324 * 0,3824096 + 0,036 * 0,4063102 + 0,0073 * 0,19122048$$

$$Cp_{LV} = 0,9218 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}$$

En la tabla 4.29, se observa los resultados de la composición fisicoquímica de la leche de tarwi, datos extraídos del (Anexo A)

**Tabla 4.29**

*Resultados de la composición fisicoquímica de la leche entera*

| Composición         | Unidad | Cantidad |
|---------------------|--------|----------|
| Cenizas             | %      | 0,03     |
| Materia grasa       | %      | 0,50     |
| Hidratos de carbono | %      | 0,13     |
| Humedad             | %      | 98,52    |
| Proteína total      | %      | 0,82     |

**Fuente:** CEANID, 2021

### Calculando el Cp de la leche de tarwi

$$Cp_{LT} = x_W C_W + x_C C_C + x_P C_P + x_F C_F + x_A C_A$$

$$Cp_{LT} = 0,9852 * 0,99904808 + 0,013 * 0,3346084 + 0,0082 * 0,3824096 + 0,0050 * 0,4063102 + 0,0003 * 0,19122048$$

$$Cp_{LT} = 0,9890 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}$$

En la tabla 4.30, se puede observar la capacidad calorífica del agua y del acero inoxidable

**Tabla 4.30***Capacidad calorífica del agua y el acero inoxidable*

| Capacidad calorífica | Unidad    | Valor |
|----------------------|-----------|-------|
| Acero inoxidable     | Kcal/Kg°C | 0,12  |
| Agua                 | Kcal/Kg°C | 1,00  |

**Fuente:** (Lewis, 1993)

En la tabla 4.31, se puede observar las entalpías de vaporización en función a la temperatura para el agua saturada

**Tabla 4.31***Entalpías de vaporización del agua saturada*

| Temperatura (°C) | Unidad  | Entalpia de vaporización |
|------------------|---------|--------------------------|
| 82               | Kcal/Kg | 550,38                   |
| 90               | Kcal/Kg | 545,41                   |
| 92               | Kcal/Kg | 544,21                   |

**Fuente:** (Lewis, 1993)

Según Orozco, 1998) se puede observar la ecuación empírica para el cálculo de la capacidad calorífica a presión constante, en función de la fracción del peso del agua y fracción de masa para sólidos. En el presente trabajo se utilizó la ecuación para calcular el  $C_{p_M}$ (agua y mezcla de leches)

$$C_{p_M} = X_W C_W + X_S C_S \quad \text{(Ecuación 4.13)}$$

Donde

$X_W$  = Fracción en peso del agua

$C_W$  = Capacidad calorífica

$X_S$  = Fracción de sólidos en peso de la leche

$C_S$  = Capacidad calorífica de la leche

Calculando el  $C_{p_M}$  utilizando la ecuación 4.13

$$C_{p_M} = (X_W C_W + X_{SLV} C_{SLV}) + (X_W C_W + X_{SLT} C_{SLT})$$

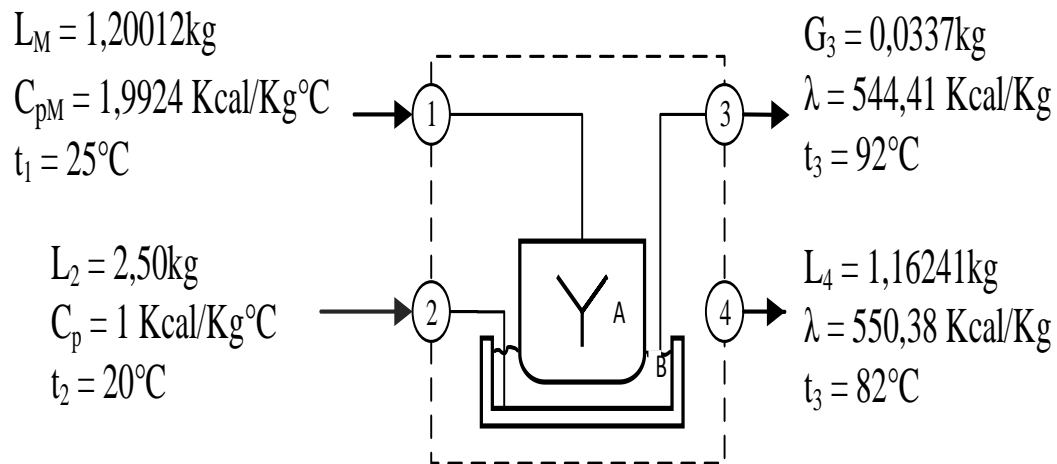


$$Cp_M = (0,927*0,99904508 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} + 0,073*0,9218 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}}) + (0,994*0,99904508 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} + 0,006*0,9890 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}})$$

$$Cp_M = 1,9924 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}}$$

#### 4.7.2 Balance de energía en la etapa de pasteurización de la leche entera y leche de tarwi

El balance de energía se realizó tomando en cuenta para el proceso de pasteurización de la leche para un cálculo en base a 1200.12g. El sistema utilizado para la pasteurización se observa en la figura 4.33



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 4.33** Balance de energía en la etapa de pasteurización

Donde:

$L_M$  = Cantidad de la mezcla de leches (Kg)

$L_2$  = Cantidad de agua (Kg)

$G_3$  = Cantidad de vapor de agua (Kg)

$L_4$  = Cantidad de leche pasteurizada (Kg)

En la figura 4.33, se puede observar el sistema de transferencia de calor que se utilizó para la pasteurización de la mezcla de leches tanto de vaca como de tarwi realizado en una cocina industrial en un sistema de baño maría conformado por dos recipientes de acero inoxidable, en el recipiente A se encuentra la leche y en el B el agua

**Para el cálculo del calor requerido para calentar el recipiente B se utilizó la ecuación 4.9**

**Datos:**

$$m_{\text{recipiente B}} = 1,120 \text{ Kg}$$

$$Q = 1,120 \text{ Kg} * 0,12 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} (92-20) ^\circ\text{C} = 12,3917 \text{ Kcal}$$

**Para el cálculo del calor requerido para calentar el agua se utilizó la ecuación 4.11**

$$Q = 2,50 \text{ Kg} * 1 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} (92-20) ^\circ\text{C} + 0,03588 \text{ Kg} * 544,21 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} = 199,5262 \text{ Kcal}$$

**Para el cálculo del calor requerido para calentar el recipiente A se utilizó la ecuación 4.9**

**Datos:**

$$m_{\text{recipiente A}} = 0,900 \text{ Kg}$$

$$Q = 0,900 \text{ Kg} * 0,12 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} (82-25) ^\circ\text{C} = 6,156 \text{ Kcal}$$

**Para el cálculo del calor requerido de la mezcla de las leches se utilizó la ecuación 4.9 y ecuación 4.11**

$$Q_{LM} = 1,20012 \text{ Kg} * 1,9924 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} (82-25) ^\circ\text{C} + 0,03337 \text{ Kg} * 550,38 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}}$$

$$Q_{LM} = 154,842 \text{ Kcal}$$

Para el cálculo del requerimiento total de calor se utilizó

$$Q_T = Q_{recipiente B} + Q_{agua} + Q_{recipiente A} + Q_{LM}$$

$$Q_T = 12,3917 \text{ Kcal} + 199,5262 \text{ Kcal} + 6,156 \text{ Kcal} + 154,842 \text{ Kcal} = 372,9159 \text{ Kcal}$$

El calor requerido en la etapa de pasteurización de la leche es de 372,9159 Kcal para 1200,12 g de leche dosificada.

### **Balance de energía en la etapa de fermentación láctica**

Para la etapa de fermentación láctica se utilizó un termostato (figura 3.1) con una potencia de 1100 W por un lapso de 4,30 horas tiempo que dura la fermentación

$$P = \frac{\text{Energía (E)}}{\text{Tiempo } (\Theta)} \quad \text{ecuación 4.13}$$

### **Despeje y cálculo de la energía eléctrica**

$$E = P * \Theta$$

$$E = 1100 \text{ W} * \frac{1 \text{ kcal/h}}{1,163 \text{ W}} * 4,30 \text{ h}$$

$$E = 4067,0679 \text{ Kcal}$$

La cantidad de energía eléctrica requerida para llevar a cabo la fermentación láctica de yogurt aplanado enriquecido con leche de tarwi fue durante 4,30 horas es de 4067,0679 Kcal para 1163,38 g de leche inoculada

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## .1 Conclusiones

- ✚ En base al análisis fisicoquímico: la leche entera de vaca tiene 0,13% de acidez (ácido láctico), cenizas 0,73%, densidad relativa 1,0015 (20°C), fibra n.d, materia grasa 3,60%, hidratos de carbono 4,51%, humedad 87,92%, proteína total (Nx6,38) 3,24%, sólidos solubles 7,30°Brix, sólidos no grasos 8,48%, sólidos totales 12,08% y valor energético 63,4 kcal/100g, tiene micronutrientes como calcio 211,00 mg /100g, fosforo 68,69 mg/100g. De acuerdo al análisis microbiológico; leche entera presenta coliformes fecales de  $2,3 \times 10^3$  UFC/ml, Escherichia coli  $7,6 \times 10^2$  UFC/ml y mohos y levaduras con  $1,2 \times 10^2$  UFC/ml; encontrándose entre los rangos establecidos por la norma NB 33013.
- ✚ En base a los análisis fisicoquímicos: se observa que la leche de tarwi tiene 0,2% de acidez (ácido láctico), cenizas 0,03%, densidad relativa 1,0300 (20°C), fibra n.d, materia grasa 0,50%, hidratos de carbono 0,13%, humedad 98,52%, proteína total (Nx6,38) 0,82%, sólidos solubles 0,60°Brix, sólidos no grasos 0,98%, sólidos totales 1,48% y valor energético 8,3 kcal/100g, tiene micronutrientes calcio 7,2 mg/100g, fósforo 4,20 mg/100g. De acuerdo al análisis microbiológico coliformes fecales  $1,4 \times 10^4$  UFC/ml, Escherichia coli  $<1,0 \times 10^1$  UFC/ml y mohos y levaduras  $9,7 \times 10^2$  UFC/ml
- ✚ Para obtener la formulación de muestra ideal de yogurt aflanado se realizó una evaluación subjetivamente por el personal de laboratorio del taller de alimentos en donde salieron elegidas cuatros muestras que fueron: P02 que contenía leche en polvo entera, P07 no tenía leche en polvo, P08 leche en polvo descremada y P09 almidón de maíz. Donde se realizó evaluación sensorial test 1 y la muestra que fue de mayor aceptación por los jueces fue P02 de acuerdo a la gráfica caja y bigote quedando, así como muestra preliminar elegida.
- ✚ A la muestra P02 que salió elegida se adiciono leche de tarwi para la selección de muestra ideal donde se realizaron cinco muestras con diferentes porcentajes de

(X01:20, X02:40, X03:X03:50, X04:60, X05:80) % de leche de tarwi en la que se realizó una valoración subjetiva sobre las muestras realizadas la cual se descartó la muestra X05 porque no tenía una buena formación de gel, sabor desagradable, falta de consistencia y sedimentación del tarwi muy notorio. Se realizó evaluación sensorial test 2 de las cuatro muestras en las que salieron elegidas dos que fueron X01 y X02 realizando así un test 3 finalmente saliendo elegida la muestra X02 que fue la de mayor preferencia por los jueces.

- ✚ En base al diseño factorial  $2^3$  en la etapa de fermentación de yogurt aplanado enriquecido con leche de tarwi se pudo evidencia que para los factores porcentaje de leche de tarwi (A), tipo de leche en polvo (B) y porcentaje de cultivo lácteo (C) para la variable respuesta acidez: el factor (C) fue el que más se acercó, pero no fue significativo con el porcentaje de cultivo lácteo sin embargo en la variable respuesta pH; el factor (B), (C), (AB) existe diferencia significativa ya que  $F_{cal} > F_{tab}$  y se puede afirmar que los factores son significativos e influyentes en el proceso
- ✚ Realizado la evaluación sensorial de las muestras experimentales (PX5 y PX6) con test 4 para la elección prueba ideal en la que salió con mayor preferencia la prueba PX6 que obtuvo mayor aceptación por los jueces
- ✚ De acuerdo a la curva de variación de la viscosidad vs la temperatura; la viscosidad a  $4^{\circ}\text{C}$  de PX5 es (3350 Cp) y PX6 (3450 Cp) fueron las dos muestras experimentales que tuvieron significancia para la variable respuesta pH en donde se pudo evidencia que la temperatura incide en el cambio de viscosidad del producto.
- ✚ Realizado el control de acidez en el proceso de fermentación, se pudo evidenciar que la muestra PX6 a los 270 minutos presento (0,52%) en porcentaje de ácido láctico. En relación al control de pH la muestra a los 270 minutos presento (pH 5,24)

- ✚ De acuerdo a la variación de la acidez, pH durante el almacenamiento del día 1 muestra PX6S presenta una acidez de (0,45%) y pH (5,07); y muestra PX6C con conservante 0,41%) Y pH (5,28); a los 26 días se evidencio que la muestras (PX6C) muestra con conservante tiende a mantener sus propiedades más estables en función al tiempo de almacenamiento.
- ✚ En base al análisis fisicoquímico; el yogur aflanado enriquecido con leche de tarwi tiene acidez 0,60% (ácido láctico), cenizas 0,78%, densidad relativa 1,0675 (20°C), fibra n.d, materia grasa 3,80%, hidratos de carbono 15,68%, humedad 76,25%, proteína total 3,19 (Nx6,38), pH 5,89 (°C), solidos solubles 20,10 °Brix, solidos totales 3,75%, valor energético 110,88 Kcal/100gr.
- ✚ De acuerdo al balance de materia del proceso de elaboración de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi: para (1200.12 g) de leche entera más insumos añadidos se obtuvo 1108,0248 g de yogurt aflanado con un rendimiento del proceso de 96,93%. De acuerdo al balance de energía necesaria en la etapa de pasteurización; la cantidad de calor es de 372,9159 Kcal

## **5.2 Recomendaciones**

- ✚ Se recomienda implementar nuevos productos a base de leches vegetales con cereales producidos en la provincia Cercado del departamento de Tarija para así poder ofrecer un producto innovador y saludable a la población y coadyuvar el consumo y la producción del cereal de tarwi por todas sus propiedades benéficas.
- ✚ Así también se recomienda seguir trabajando en la elaboración de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi y combinarlo con algún tipo de pulpa de fruta para darle un mejor sabor para así obtener una mejor aceptabilidad con los distintos consumidores en general.

- ✚ Así mismo se recomienda realizar estudios de pre factibilidad para el yogurt afluado enriquecido con leche de tarwi con la finalidad de conocer la posible oferta y demanda que pueda tener este producto en el mercado local.
- ✚ Realizar el estudio de análisis sensorial con personas entrenadas que sean capaces de poder percibir las características organolépticas del tarwi en el yogurt afluado, de esta manera realizar el estudio estadístico de la evaluación sensorial con un menor porcentaje de error para poder identificar las diferencias significativas de un tratamiento a otro.