

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Según los datos de la FAO, la industria lechera en Bolivia es una de las menos desarrolladas en la región incluso por debajo de los países con menores condiciones geográficas. Si bien la producción lechera en el país ha pasado un promedio de 177 mil toneladas anuales entre 1990 y 2000 a 280 mil entre 2001 y 2009 la tasa de crecimiento entre los mismos periodos muestra una reducción de 2,8% si se compara la década de los 90's con el periodo de 2001 y 2009. Este comportamiento se puede explicar la tendencia de varios países de la región hacia el cambio del uso de la tierra de pascos hacia otro tipo de actividades más rentables como ser la plantación de soya. (CEPB, 2011)

Los principales productores de leche del país son Cochabamba y Santa Cruz, cuentan con grandes campos ideales para producir los forrajes necesarios para realizar una lechería exitosa a bajo costo y literalmente tienen el potencial para multiplicar su actual producción. Chuquisaca y Tarija cuentan con varias lecherías pequeñas, pero con interesantes producciones en crecimiento. El altiplano de Oruro y La Paz está dando una sorpresa en el crecimiento de su ganado lechero, especialmente de la raza Holstein, que se adaptado muy bien a los 4000 metros sobre el nivel del mar y su producción está superando producción de lugares cálidos, como los del oriente boliviano. (Arteaga, 2018)

Según el Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria e Inocuidad Alimentaria (SENASAG, 2012), hasta el año 2003 el departamento de Santa Cruz se mostraba como el primer productor, alcanzando aproximadamente 183,3 millones de litros año (62%), seguido del departamento de Cochabamba con 66.8 millones (23%); La Paz con más de 17 millones (6%), ubicándose después los departamentos de Oruro, Tarija, Chuquisaca y Beni, que en total producen aproximadamente el 9% de la producción.

La leche de los productores del valle central de Tarija es destinada a las industrias lácteas el principal comprador es PIL Tarija adquiere el 80% de la producción el resto

se divide entre la PROLAC, LACTEOSBOL y quienes venden de manera directa en el mercado. (Escalante, 2016)

A nivel regional de la provincia Cercado existen varias empresas productoras de lácteos y otras de manera artesanal ofrecen al mercado local yogurt batido con esencias de frutas e incorporan pulpa de frutas; actualmente la empresa Pil Tarija es una de las empresas que ofrece al mercado local yogurt con frutas y verduras.

1.2 Justificación

- ✓ El presente trabajo de investigación surge como una necesidad, por el creciente interés de la población por consumir alimentos saludables; lo que daría lugar de incorporar en el mercado local un producto funcional y que contribuya al consumo de alimentos saludables.
- ✓ Al elaborar yogurt batido con pulpa de calabaza permitirá de alguna manera el consumo de esta hortaliza por los niños en etapa escolar y adultos; ya que es una fuente rica de beta carotenos que es esencial para el buen funcionamiento de la visión y su contenido de potasio que coadyuva al sistema cardiovascular.
- ✓ Actualmente en el mercado local no existe un yogurt batido que incorpore pulpa de calabaza, lo que daría lugar a constituirse en una alternativa novedosa de calidad nutricional para ofrecer a la población tarijeña y que pueda ser parte de la dieta alimentaria.
- ✓ En el mercado local existe una gran oferta de calabaza de la variedad *Cucurbita moschata* sin embargo, la población no la consume por falta de conocimiento de su composición nutricional como su aporte en fibra y por tanto con el presente trabajo se pretende de alguna manera incentivar el consumo de esta hortaliza.

1.3 Objetivos

El presente trabajo de investigación tiene los siguientes objetivos:

1.3.1 Objetivo general

Elaborar yogur batido con pulpa de calabaza mediante el proceso de fermentación láctica, con la finalidad de obtener un producto de calidad nutricional para el consumo de la población Tarijeña.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar las propiedades fisicoquímicas de la leche la finalidad de establecer su composición química.
- Determinar las características microbiológicas de la leche con la finalidad de conocer la calidad de la materia prima.
- Determinar las propiedades físicas y fisicoquímicas de la calabaza (*Cucurbita moschata*) con el fin de establecer su composición.
- Seleccionar una muestra de referencia con el fin de conocer las características sensoriales a tener en cuenta en el proceso de elaboración de yogur batido con pulpa de calabaza.
- Seleccionar la muestra prototipo de yogur batido con el fin de establecer la formulación de materia prima e insumos.
- Seleccionar la muestra prototipo de pulpa de calabaza con el fin de establecer la formulación de materia prima e insumos.
- Realizar el control de pH y acidez en el proceso de fermentación del yogur batido con pulpa de calabaza.
- Realizar el control de acidez, pH y sólidos solubles de la pulpa de calabaza durante el almacenamiento.

- Realizar el control de acidez y pH de yogurt batido sin pulpa durante el almacenamiento.
- Realizar el diseño experimental para determinar las variables que influyen en el proceso de fermentación.
- Realizar el control de pH y acidez del producto terminado durante el almacenamiento.
- Determinar las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y organolépticas del producto terminado para establecer la calidad del producto.
- Realizar balance de materia y energía a nivel experimental en el proceso de elaboración de yogurt batido con pulpa de calabaza.

1.4 Variable dependiente e independiente

- **Variable dependiente:** yogurt batido con pulpa de calabaza
- **Variable independiente:** proceso de fermentación láctica

1.5 Planteamiento del problema

En el mercado local se encuentran varios tipos de yogurt de distintos sabores y con pulpas de frutas que son producidos por las empresas lácteas y otros de manera artesanal. Sin embargo, no existe una empresa que se dedique a elaborar yogurt que incorpore pulpa de calabaza en su producto; así mismo en el mercado hay una buena oferta de calabaza por lo que en el presente trabajo se pretende procesar esta hortaliza ya que posee nutrientes beneficiosos para la salud siendo una fuente de beta carotenos que es esencial para el buen funcionamiento de la retina ocular y su contenido en potasio que coadyuva al sistema cardiovascular. Por lo tanto, el proceso de fermentación láctica permite obtener un producto fermentado a partir de la leche para incorporar pulpa de calabaza con el fin de obtener un producto nutricional y que pueda ser una alternativa para la dieta alimentaria de los niños en la etapa escolar y adultos.

1.6 Formulación del problema

¿Cómo elaborar yogur batido con pulpa de calabaza mediante el proceso fermentación láctica para obtener un producto de calidad nutricional para el consumo de la población de Tarijeña?

1.7 Hipótesis

El proceso de fermentación láctica a ser aplicado para la elaboración de yogurt con pulpa de calabaza permitirá obtener un producto de calidad nutricional para el consumo de la población Tarijeña.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Origen del yogurt

El yogurt es originario de los países del medio oriente, estos pueblos solían transportar la leche fresca que se obtenía de los animales en grandes sacos de cuero el calor y contacto de la leche con el saco permitía la producción de las bacterias acidas, las mismas que fermentaban la leche. El yogurt se transformó en un alimento básico desde la antigüedad. (Tamine & Robinson, 1991)

Una gran proporción de las leches fermentadas consumidas hoy en día parece tener su origen en los pueblos nómadas ganaderos de Asia, para las cuales este alimento era una de las bases fundamentales de la dieta. El origen del yogurt se sitúa en Turquía, aunque también hay quien lo ubica en los Balcanes, Bulgaria o Asia central, se cree que su consumo es anterior al comienzo de la agricultura. Los pueblos nómadas transportaban la leche fresca que obtenían de los animales en sacos, generalmente de piel de cabra. El calor y el contacto de la leche con la piel de cabra propiciaban la multiplicación de las bacterias acidas que fermentaban la leche. Así la leche se convertía en una masa semisólida y coagulada. (Aranceta & Serra, 2004)

2.2 Definición de yogurt

El yogurt es el producto de la fermentación de la leche pasteurizada entera (parcialmente descremada o descremada), originada por cultivos de las bacterias lácticas (*Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*). Dependiendo del tipo de yogurt se acepta la presencia de agregados como frutas, azúcar, miel, así como, colorantes y estabilizadores normados por el Instituto Boliviano de Normas y Calidad. (IBNORCA, 2006)

La legislación francesa señala que la denominación yogurt o yogourt está reservada a la leche obtenida, según los métodos tradicionales, únicamente por el desarrollo de las bacterias lácticas *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*, que deben sembrarse simultáneamente y encontrarse viables en el producto en una cantidad como mínimo de 10^7 bacterias g^{-1} . (Mahuat et al., 2004)

2.3 Clasificación del yogurt

Según (NTE INEN:2395, 2011), el yogurt puede ser clasificado de acuerdo a su contenido de grasa, proceso de elaboración y por sus ingredientes.

2.3.1 De acuerdo su contenido de grasa

- Entero
- Semidescremado
- Descremado

2.3.2 De acuerdo su proceso de elaboración

- Batido
- Coagulado o aflanado
- Bebible
- Deslactosado
- Concentrado

2.3.3 De acuerdo sus ingredientes

- Natural
- Con fruta
- Endulzado
- Saborizado o aromatizado
- otros ingredientes

2.4 Composición nutricional del yogurt

Desde el punto de vista nutricional y de salud, el yogurt aporta nutrientes adicionales a los productos frescos como las frutas, al ser un alimento derivado de la leche, lo hace rico en vitaminas y minerales. Las proteínas producidas por las bacterias lácticas hacen del yogurt un producto con mayor valor biológico, las grasas y la lactosa resultan más digeribles para el consumo de personas que presenten problemas de intolerancia a productos lácteos. Esto hace recomendable para el consumo de la gente de todas las edades ya que aporta nutrientes importantes que son fáciles de asimilar.

Existen varias características nutricionales que hacen de yogurt un alimento de suma importancia para la salud. (Narváez, 2015)

2.4.1 Hidratos de carbono

El yogurt contiene diferentes 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 (Babio et al., 2017. Pág.27). El yogurt natural contiene trazas de diversos mono y disacáridos, pero la lactosa sigue siendo el azúcar dominante, incluso después de la fermentación el yogurt contiene entre (4-5) % de lactosa (Vásquez et al., 2005. Pág.81).

2.4.2 Proteínas

El contenido de proteína del yogur comercial es generalmente más alto que el de la leche debido a la adición de leche en polvo descremada durante el procesamiento y la concentración, lo que aumenta el contenido de proteína del producto final. Se ha argumentado que la proteína del yogur se digiere más fácilmente que la proteína de la leche, ya que puede ocurrir una predigestión bacteriana de las proteínas de la leche en el yogur. (Adolfsson et al., 2004)

Durante la fermentación, tanto el tratamiento térmico como la producción de ácido dan como resultado una coagulación más fina de la caseína, lo que también puede contribuir a una mayor digestibilidad de las proteínas del yogurt. Las proteínas del yogur son de excelente calidad biológica, al igual que las de la leche, porque el valor nutricional de las proteínas de la leche se conserva bien durante el proceso de fermentación. Tanto las caseínas como las proteínas del suero de leche en el yogur son fuentes ricas en todos los aminoácidos esenciales. (Adolfsson et al., 2004)

2.4.3 Lípidos

El contenido de grasa, adecuadamente homogenizada tratándose de yogurt entero, tiene también una importante contribución a la viscosidad, textura y apariencia de producto y coadyuva a evitar la sinéresis. El Codex alimentarios especifica en un

contenido de grasa mínimo de 3% para el producto entero y menor a 0,5% para el yogurt descremado. (García et al., 2004)

2.4.4 Vitaminas y minerales

El yogurt además de ser una buena fuente de proteínas, el yogurt es una excelente fuente de calcio y fósforo. De hecho, los productos lácteos como el yogurt y el queso proporcionan la mayor parte del calcio altamente biodisponible en la dieta occidental típica. Debido al pH más bajo del yogurt en comparación con el de la leche, el calcio y el magnesio están presentes en el yogurt principalmente en sus formas iónicas. (Adolfsson et al., 2004)

Los productos lácteos generalmente se han considerado como una excelente fuente de calcio, potasio, fósforo, magnesio, zinc y las vitaminas B, riboflavina, niacina, vitamina B6 y vitamina B12. Puede ocurrir una pérdida mayor de vitaminas que de minerales durante el procesamiento del yogurt porque las vitaminas son más sensibles a los cambios en los factores ambientales que los minerales. (Adolfsson et al., 2004)

El contenido de vitaminas y minerales depende de las características de la leche inicial y leche en polvo añadida, de las modificaciones por calor de las cepas de fermentos y de las condiciones de fermentación durante la fermentación se consumen las vitaminas B12 y C, produciéndose la formación de ácido fólico. Apenas se alteran las vitaminas B1, B2, B6, biotina y ácido pantoténico. La cantidad de calcio que aporta un yogurt fabricado de una leche fortificada con leche en polvo puede llegar a los 180mg/100g. (Vásquez et al., 2005)

En la tabla 2.1, se muestra una comparación entre la composición nutricional de la leche y yogurt.

Tabla 2.1

Composición nutricional de la leche y yogurt

Compuesto (100g)	Unidades	Leche	Yogurt
Calorías	kcal	67,50	72,00
Proteínas	g	3,50	3,90
Grasa	g	4,25	3,40
Carbohidratos	g	4,75	4,90
Calcio	mg	119,00	145,00
Fósforo	mg	94,00	114,00
Sodio	mg	50,00	47,00
Potasio	mg	152,00	186,00

Fuente: Tamine et al., 1991

2.5 Propiedades beneficiosas del yogurt para la salud de las personas

Los beneficios que brinda a nuestro organismo el consumo de yogurt son los siguientes:

- El yogurt tiene una acción preventiva contra las infecciones gastro-intestinales; el efecto beneficioso del yogurt en el tratamiento de las diarreas infantiles ha sido claramente demostrado por numerosos investigadores. Además del ácido láctico las bacterias del yogurt producen sustancias antimicrobianas y probióticas. (Mahuat et al., 2004)
- Diferentes estudios demuestran que el yogurt desnatado baja los niveles de colesterol en la sangre, en consecuencia, debe formar parte de la dieta de aquellas personas que presentan riesgo cardiovascular (Barco, 2007. Pág.110).
- El yogurt es dos veces más fácil de digerir in vitro que la leche antes de la fermentación y contienen dos veces de aminoácidos libres; estas características son resultado del tratamiento térmico, de la acidificación y de la actividad proteolítica de las bacterias. (Mahuat et al., 2004)
- La acción inmunorreguladora del yogurt es un efecto bien conocido. El papel que desempeña es el aumento de la producción de interferones y de inmunoglobinas y sobre la activación de los linfocitos B, se atribuye fundamentalmente al *Lactobocillus bulgaricos* (Mahuat et al., 2004. Pág.36).

- Las pérdidas diarias del calcio de nuestro organismo deben ser repuestas a través de la dieta diaria. 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 paso posterior a todo nuestro cuerpo. (Barco, 2007)

2.6 Fermentación del yogurt

El yogurt es la leche fermentada más conocida del mundo y para la elaboración de este se utilizan dos tipos de microorganismos que actúan de manera simbiótica de la lactosa produciendo ácido láctico. Estos son *Streptococcus Thermophilus* y *Lactobacillus Bulgaricus*, dos tipos de bacterias lácticas termófilas cuya perfecta simbiosis permite conseguir un sabor ácido y unos aromas característicos del yogurt. (Pinto, 2013)

- *Streptococcus Thermophilus*

Es un bacilo homofermentativo grampositivo, largo, no móvil, el cual produce D- (-) láctico. Es capaz de fermentar fructuosa, galactosa, glucosa y lactosa, pero no así maltosa y sacarosa puede crecer a temperaturas superiores a 45 °C, pero normalmente tiene su óptimo entre 40°C y 43°C; no es capaz de crecer a temperaturas menores de 15°C. tiene la habilidad de crecer a pH inferiores a 5.0 y presenta metabolismo fermentativo aun en presencia de aire. (Garcia et al., 2004)

- *Lactobacillus Bulgaricus*

Es una bacteria grampositiva esférica, la cual se observa en pares o cadenas es homofermentativo y produce L- (+) láctico a partir de glucosa, fructuosa, lactosa o sacarosa. Tiene una temperatura óptima de crecimiento de 40 °C A 45 °C, aunque puede crecer hasta 50 °C, pero no a menos de 20 °C. (García et al., 2004)

Los dos microorganismos actúan en forma sinérgica, las bacterias se estimulan mutuamente. Ambas especies pueden crecer en un pH bajo, pero *S. Thermophilus* crece mejor al inicio de la fermentación cuando el pH es alto. El pH disminuye durante la fermentación por la producción de ácido láctico hasta alcanzar un valor

inferior a 5,5. La acidez, el consumo de oxígeno y la liberación de sustancias volátiles que produce este microorganismo, crean las condiciones ideales para que se desarrolle *L. bulgaricus*. Por otro lado, al liberar aminoácidos de la caseína, el bacilo estimula el crecimiento de *S. thermophilus* y entonces se producen ácidos grasos y acetaldehído. Otro efecto positivo de la disminución de ph es la inhibición de los microorganismos que no crecen en ambientes tan ácidos, como la *salmonella*, el *Staphylococcus aureus* y otros microorganismos que pueden deteriorar el producto. (Hernández, 2003)

2.6.1 Bioquímica en la fermentación del yogurt

Según (Romero & Mestres, 2004) cuando las bacterias del yogurt (*Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbruekii sub. Bulgaricus*) se desarrollan conjuntamente en la leche, la producción de ácido láctico es más rápida que si se desarrollan por separado, ello es debido a que entre ellas se establece un fenómeno de mutua estimulación del crecimiento. Esta asociación es la que se conoce como simbiosis.

Desde el punto de vista bioquímico la lactosa es hidrolizada dentro de la célula bacteriana por una lactasa, en unidades de glucosa y galactosa. La glucosa es metabolizada por la vía Embde-Meyerhof, hasta ácido pirúvico, el cual se convierte en ácido láctico por la acción de la deshidrogenasa láctica presente en ambos microorganismos. Por otro lado, ambas bacterias crecen de la enzima alcohol deshidrogenasa, por lo que son incapaces de formar acetaldehído en etanol. (Hernández, 2003)

La proporción en la que se inoculan los microorganismos, es de 1:1 al final de la fermentación la proporción en que se hallan estos microorganismos depende de las condiciones de producen y se encuentra en forma directa de las características organolépticas en el yogurt. (Hernández, 2003)

2.7 Materias primas e insumos en la elaboración del yogurt batido con pulpa de calabaza

Las materias primas utilizadas en la elaboración de yogurt batido con pulpa de calabaza se describen a continuación:

2.7.1 La leche

El código alimentario español consigna que se entiende por leche natural al producto integro, no adulterado, del ordeño higiénico, regular, completo e ininterrumpido de las hembras mamíferas domesticas sanas y bien alimentadas (Soroa, 1974).

Según (Alais, 1985), se define la leche como un líquido segregado por las glándulas mamarias de las hembras de los mamíferos, tras el nacimiento de la cría. Es un líquido de composición compleja, blanco y opaco de sabor dulce y reacción iónica (pH) cercana a la neutralidad.

2.7.1.1 Composición química de la leche

La composición química de la leche se describe a continuación:

- **Agua**

El agua es el principal componente de la leche de vaca variando entre un 86 a 90 % se presenta en mayor parte como agua libre y en un pequeño porcentaje no más del 4% como agua ligada a otras sustancias mayormente a las proteínas y fosfolípidos. En algunos casos la leche normal puede exceder estos límites, el porcentaje es afectado por la variación de las proteínas, vitaminas, minerales y la grasa. (Churayra, 2012)

- **Proteína**

La proteína de la leche que puede estar entre (3-4) % del peso total, tiene un alto valor biológico. Está formada por caseínas aproximadamente del 80% y por las proteínas del suero aproximadamente del 20%. Las caseínas constituidas por varios tipos de fracciones (alfa y beta casinas), aparecen en forma de micelas formadas por complejas macromoleculares de fosfoproteínas glicoproteínas en suspensión coloidal. Por otro lado, las proteínas del suero son proteínas solubles principalmente albumina

y globulinas, destacando el contenido en beta-lactoglobulina, proteasas-peptonas y otros compuestos nitrogenados minoritarios no específicos como lactoferrina y lisozima. (Aranceta & Serra, 2004)

- **Grasa**

La grasa de la leche se encuentra en forma de pequeños glóbulos de grasa en emulsión de un diámetro de 0,1 a 80 micras. La grasa láctea tiene punto de fusión y de congelación variable: (29-30) °C y (10-12) °C respectivamente. La materia grasa se encuentra esencialmente constituida por triglicéridos 98% y representa la mitad del aporte energético de la leche. Está compuesta por un 65% de ácidos grasos saturados y un 35% de ácidos grasos insaturados. (Aranceta & Serra, 2004)

- **Carbohidratos**

La leche de cualquier origen contiene lactosa un disacárido menos dulce que la sacarosa y para cuya digestión se precisa la lactasa. Es un azúcar reductor que puede reaccionar con aminoácidos proteicos en la reacción de Maillard, cambiando el valor nutritivo, el color, etc., de la leche. (Vásquez et al., 2005)

El disacárido lactosa es junto con el agua el principal componente de la leche y proporciona el 25% de la energía total del alimento, en el intestino tanto su hidrólisis como su absorción se realizan de forma lenta por lo que tiene un importante efecto saciante. (Aranceta & Serra, 2004)

- **Minerales**

La leche tiene un alto contenido en calcio, cuya absorción se ve favorecida por la presencia de lactosa, vitamina D y una adecuada proporción de calcio y fósforo. La leche y productos lácteos aportan entre el 60%-70% de calcio total de la dieta. (Aranceta & Serra, 2004)

La digestibilidad del calcio y el fósforo es bastante alta en la leche, debido en parte a que se encuentran conjuntamente con la caseína. Por ello la leche es la mejor fuente

de calcio tanto para el crecimiento de los huesos en los jóvenes, como para el mantenimiento de la integridad ósea en los adultos. (Aranceta & Serra, 2004)

- **Vitaminas**

La leche presenta una gran cantidad de vitaminas en diferente proporción. Así, el contenido destacable de la vitamina A, tanto en forma de retinol, carotenos, riboflavina, cianocabalina y niacina (en forma de equivalentes de niacina, ya que la leche presenta un alto contenido en el aminoácido triptófano, precursor de la niacina). Además, y aunque el contenido es menor, también aporta tiamina, piridoxina y ácido fólico. (Aranceta & Serra, 2004)

En la tabla 2.2, se muestra la composición química de la leche distintas especies de hembras mamíferas expresado en porcentajes para 100 gramos.

Tabla 2.2

Composición química de la leche de distintas especies expresado en porcentaje

Especies	Agua	Grasa	Proteína	Lactosa	Cenizas
Asna	89,00	2,50	2,00	6,00	0,50
Búfala	82,10	8,00	4,20	4,90	0,80
Camella	87,10	4,20	3,70	4,10	0,90
Vaca	87,60	3,80	3,30	4,70	0,60
Cabra	87,00	4,50	3,30	4,60	0,60
Yegua	89,00	1,50	2,60	6,20	0,70
Rena	63,30	22,50	10,30	2,50	1,40
Oveja	81,60	7,50	5,60	4,40	0,90

Fuente: Tamine y Robinson, 1991

2.7.1.2 Propiedades fisicoquímicas de la leche

A continuación, se describen algunas de las propiedades fisicoquímicas de la leche:

- **Densidad**

La densidad de la leche de vaca varía según la composición de ácidos grasos de los triglicéridos, la naturaleza y cantidad de materia insaponificable presente y temperatura; la última es inversamente proporcional a la densidad. La densidad media de la leche a 15 °C/15°C es de 1,032. En la leche entera, es conveniente medir a 30 °C

para que la materia grasa este en estado líquido, ya que en estado sólido la grasa tiene una densidad superior y bastante variable. (Churayra, 2012)

- **Viscosidad**

La viscosidad de la leche es influenciada por la concentración de proteínas 3% a 4% y por su tasa de lípidos. Durante las operaciones a viscosidad puede cambiar considerablemente. Esto ocurre en particular en procesos que implican calentamiento, enfriamiento, homogenización y concentración, así como durante muchas fermentaciones industriales mediante hongos; estos cambios en la viscosidad necesitan ser tomados en cuenta cuando se diseñan estos procesos. La viscosidad de un líquido es su resistencia a fluir, debida a su fricción entre las partículas que lo componen; en la leche es en función del número y tamaño de sus partículas y también de la temperatura. Sobre este parámetro influyen principalmente las proteínas y la materia grasa; la viscosidad de la leche a 20 °C es de 2,1 centipoise. (Churayra, 2012)

- **El pH**

El pH de la leche es ligeramente ácido, alrededor de 6,8. Si se consideran todas las sustancias que lo componen la leche, el pH ligeramente ácido indica la abundancia relativa de restos ácidos, como los grupos carboxílicos de aminoácidos, aniones citrato y fosfato, etc. también cabe destacar que en la práctica pueden llegar a ser importantes los restos de ácido láctico procedentes de la actividad metabólica de la población bacteriana que inevitablemente contamina la leche durante su manipulación. (Gil & Ruíz, 2010)

- **Acidez**

La acidez hace referencia a la capacidad tampón de la leche, que se pone de manifiesto añadiendo una solución alcalina previamente titulada a un volumen de leche, hasta alcanzar el punto de viraje de un indicador, corrientemente la fenolftaleína. El resultado de esta determinación se expresa habitualmente como grados Dornic. La leche natural, obtenida en condiciones higiénicas, de forma que no

haya habido crecimiento bacteriano suele tener una acidez en torno a 15°D y en ausencia de ácidos como láctico o acético procedentes del metabolismo bacteriano se relaciona muy bien con la riqueza proteica, puesto como se ha indicado antes son las proteínas lácteas (caseínas) las que aportan la mayoría de los restos ácidos que se ponen de manifiesto durante la valoración de la acidez. (Gil & Ruíz, 2010)

2.7.2 La calabaza

La calabaza o también más conocida pertenece a la familia Cucurbitácea y al género *Cucurbita*. El género *Cucurbita* está compuesto por 12 a 14 especies distribuidas desde el norte de América (*Cucurbita moschata*, *Cucurbita máxima*, *Cucurbita pepo*, *Cucurbita ficifolia* y *Cucurbita argyrosperma*) hasta Argentina. Al menos cinco de estas especies fueron domesticadas antes del descubrimiento de América y nueve especies son consideradas como silvestres relacionadas con las formas domesticadas. (Vallejo et al., 2013)

2.7.2.1 Calabaza (*Cucurbita moschata*)

Esta especie de *Cucurbita* es también conocida como: ayote, auyama, joko, anco es la especie de *Cucurbita* más importante de los trópicos, por la extensión de su cultivo y su riqueza varietal. Tiene usos variados el principal es la utilización como hortaliza; la pulpa de su fruto se come cocinada en varias formas, la parte final de los tallos y las flores también como hortaliza y las semillas como nueces. (León, 2000)

El carácter más distintivo entre las cinco especies cultivadas de *Cucurbita* es la forma del pedículo del fruto. En *Cucurbita moschata* tiene cinco rebordes longitudinales bien marcados y en la inserción del fruto se expande en forma de disco la pubescencia es densa y fina. El fruto es de formas muy variadas aun en la misma planta puede ser esférico elipsoidal, oblado, piriforme en forma de botella con el cuello recto o curvo. La superficie puede ser lisa o con rebordes o costillas longitudinales uniforme o verrugosa; hay también gran variedad en color y tamaño. (León, 2000)

2.7.2.2 Composición química de la calabaza

El principal componente de la calabaza es el agua, seguido de carbohidratos y pequeñas cantidades de grasa y proteínas. Todo esto, unido a un aporte moderado de fibra, en relación con su contenido vitamínico, destaca la presencia de folatos seguido del ácido ascórbico. También contiene vitaminas del grupo B como B1, B2 y B6, pero en menores cantidades. lo que respecta en minerales la calabaza es una buena fuente de potasio además de presentar pequeñas cantidades de fosforo, magnesio y hierro. (Quispe & Valcarcel, 2015)

En la tabla 2.3, se muestra la composición nutricional de la calabaza en 100 gramos.

Tabla 2.3

Composición nutricional de la calabaza

Componente	Unidades	Valores por 100g
Proteínas	g	0,50
Grasa total	g	0,30
Carbohidratos totales	g	4,90
Cenizas	g	0,40
Fibra	g	1,70
Calcio	g	11,00
Fosforo	mg	19,00
Zinc	mg	0,74
Hierro	mg	0,60
Retinol	ug	3,00
Vitamina A	ug	3,00
Tiamina	mg	0,03
Rivoflamina	mg	0,04
Niacina	mg	0,28
Vitamina C	mg	10,00

Fuente: Pamplona, 2003

2.8 Insumos en la elaboración de yogurt batido con pulpa de calabaza

Los insumos utilizados en la elaboración de yogurt batido con pulpa de calabaza se describen a continuación:

2.8.1 Leche en polvo

En la industria es muy frecuente la utilización de la leche en polvo, entera o descremada, para el enriquecimiento de la leche destinada a la elaboración de yogurt de consistencia espesa y suave. En Reino Unido el ingrediente más empleado es posiblemente la leche en polvo desnatada, ya que la mayoría del yogurt que se comercializa es el desnatado, la proporción de la leche en polvo añadida a la mezcla base puede oscilar del 3%-4%. (Tamime & Robinson 1991)

2.8.2 La sacarosa

La sacarosa tiene la fórmula empírica $C_{12}H_{22}O_{11}$ y el carbohidrato refinado se obtiene comercialmente de la caña de azúcar o de la remolacha azucarera. Es ampliamente utilizado en la industria alimenticia como un agente edulcorante y puede obtenerse en forma granulada o en forma de jarabe. El primer tipo requiere una fuerte agitación para la disolución completa cuando se añade a la leche líquida y en la práctica, se añade con el resto de los ingredientes secos a aproximadamente 40°C. (Tamime & Robinson 1991)

2.8.3 Estabilizantes

En algunos países el uso de estabilizantes no está permitido; sin embargo, su uso confiere mayor estabilidad al producto ya que mejora el cuerpo, la textura, la sensación táctil en la boca y la apariencia del yogurt ya que evita la ruptura del gel y la consecuente sinéresis. (Bedolla col., 2004)

Los estabilizantes a ser usados deben ser seleccionados cuidadosamente para obtener las propiedades deseadas del yogurt, ya que distintos estabilizantes tienen diferentes propiedades; por lo general se utilizan mezclas de estabilizantes para obtener los resultados deseados. Algunos de los estabilizantes usados son pectina, gelatina, carragenina, alginatos, almidones y féculas. (Bedolla col., 2004)

2.8.4 Colorantes

La adición de los colorantes a los yogures de frutas o aromatizados persigue aumentar el atractivo del producto. Las sustancias utilizadas pueden ser colorantes naturales o sintéticos (Tamine & Robinson, 1991. Pág.23).

2.8.5 Conservantes

Los conservantes que se adicionan al yogurt son los siguientes:

2.8.5.1 Benzoato de sodio

Es un preservante o inhibidor alimenticio es una sustancia que, sin alterar el sabor de los alimentos, impide el crecimiento de los microorganismos que los descomponen. Tal es el caso del benzoato de sodio empleado en bebidas no analcohólicas como jugos, en margarinas y jaleas (Garritz & Chamizo, 2001).

2.8.5.2 Sorbato de potasio

Es comercialmente es un producto obtenido por diferentes rutas químicas, aunque también se puede obtener de forma natural. El sorbato potásico es frecuentemente utilizado, ya que posee mejor disolución. Este conservante puede ser metabolizado perfectamente por el organismo humano, por lo que es usado para conservar alimentos como las leches fermentadas. (Amaya, 2017)

2.9 Operaciones en el proceso de elaboración de yogurt

Las operaciones que se realizan en la elaboración de yogurt son las que se describen a continuación:

2.9.1 Recepción de la leche

Es el proceso mediante el cual la planta procesadora realiza los análisis con el fin de aceptarla o rechazarla, verifica las cantidades obtenidas y obtiene muestras para efectuar los análisis de laboratorio que permitan determinar la calidad de la materia prima. (Tamine & Robinson, 1991)

2.9.2 Estandarización

La estandarización es la normalización del contenido de grasa y sólidos. La grasa entre 0,5 y 1,5% y sólidos entre 11 y 12%. Los sólidos se pueden ajustar con leche o suero en polvo, también se pueden ajustar los sólidos por concentración por calor aumentando los sólidos totales en un 2-4%. La estandarización se puede efectuar con la adición de leche descremada o crema según se desee bajar o subir el contenido de grasa por medio de separación parcial en una desnatadora o descremadora, ajustando de esta manera el contenido de grasa en la leche. (Churayra, 2012)

2.9.3 Tratamiento térmico

El tratamiento térmico tiene como propósito disminuir, mediante calor casi toda la flora microbiana y la totalidad de la flora patógena, alterando lo menos posible la estructura física de la leche, su equilibrio químico y las sustancias con actividad biológica. El tratamiento debe cumplir unos mínimos de temperatura y duración como es de 68,2 °C durante 30 minutos y de 78,6 durante 16 segundos. Se puede distinguir dos tipos de pasteurización, la pasteurización baja la cual se define por un calentamiento de 63 °C por 30 minutos es un proceso lento y discontinuo, pero posee la ventaja de no modificar las propiedades de la leche y el otro tipo es la pasteurización alta la cual se define por un calentamiento de 72 °C por 15 segundos este método es rápido y continuo, pero modifica ligeramente las propiedades de la leche. (Churayra, 2012)

2.9.4 Enfriamiento

La leche debe enfriarse después de la pasteurización entre 40 a 45°C, temperatura óptima para el desarrollo de las bacterias lácticas que contienen el cultivo lácteo del yogurt (Llangari, 1991. Pág.25).

2.9.5 Homogenización

Debido a la separación de la grasa durante el tratamiento térmico de la leche, es necesario reintegrar esta grasa; la homogenización reduce el tamaño de los glóbulos

de grasa, los dispersa y emulsifica obteniéndose un producto de mayor estabilidad evitando la formación de nata y como los pequeños glóbulos de grasa se rodean de proteínas y sales actúan como micelas coloidales que ayudan a retener el agua y por lo tanto ayudan a mantener la estabilidad del producto. (Bedolla et al., 2004)

2.9.6 Fermentación

La fermentación es conocida como etapa de acidificación y consta de la etapa de siembra e incubación. En la siembra se inoculan *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus* en una relación de 1/1, entre las dos bacterias existe una relación simbiótica y provoca que cada cepa estimule el crecimiento de la otra, *Lactobacillus bulgaricus* estimula el crecimiento de *Streptococcus thermophilus* por la liberación de aminoácidos y péptidos, *Streptococcus thermophilus* en su turno produce ácido fórmico que estimula el crecimiento de *Lactobacillus bulgaricus*. (Robles, 2010)

Ambas bacterias son termofílicas, *Lactobacillus bulgaricus* no crecen por debajo de 22°C y *Streptococcus thermophilus* debajo de 20°C, así mismo no crecen por encima de 52 y 50°C. El *Streptococcus thermophilus* es responsable de la caída inicial del pH hasta aproximadamente 5.0, entre tanto el *Lactobacillus bulgaricus* es responsable del descenso del pH hasta 4.0. (Robles, 2010)

2.9.7 Envasado

Cuando el yogurt se ha enfriado y colocado la fruta en caso que se esté elaborando yogurt con frutas se debe empacar el producto. Los envases que se utilizaran deberán ser resistentes y de un material que evite las alteraciones físicas y químicas. El yogurt ya empacado dura 30 días se lo debe mantener en frío con el motivo de aumentar vida útil del producto. (Vera, 2011)

CAPÍTULO III
MARCO METODOLÓGICO

3.1 Desarrollo de la parte experimental

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

3.2 Equipos de proceso, instrumentos de laboratorio y utensilios de cocina

Durante la realización de la parte experimental, se utilizaron diferentes materiales equipos e instrumentos proporcionados por el Laboratorio Taller de Alimentos (L.T.A), los cuales son:

3.2.1 Equipos

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

3.2.1.2 Termostato

En la figura 3.1, se muestra el equipo con las especificaciones técnicas que se utilizó para realizar la etapa de fermentación del yogurt.



Fuente: L.T.A., 2019

Figura 3.1: Termostato

3.2.1.3 Cocina industrial

En la figura 3.2, se muestra la cocina industrial y las especificaciones técnicas que se utilizó para la pasteurización de la leche y para la etapa de concentración de la pulpa de calabaza.



Fuente: L.T.A., 2019

Figura 3.2: Cocina industrial

3.2.1.4 Frezzer

En la figura 3.3, se muestra el freezer con las especificaciones técnicas se lo utilizó para mantener en refrigeración la materia prima y producto terminado.



Fuente: L.T.A., 2019

Figura 3.3: Frezzer

3.2.1.5 Procesador de alimentos

En la figura 3.4, se muestra el procesador de alimentos con las especificaciones técnicas se lo utilizó para reducir el tamaño de forma uniforme los trozos de calabaza.



Fuente: L.T.A., 2019

Figura 3.4: Procesador de alimentos

3.2.2 Instrumentos de laboratorio

Los instrumentos que se utilizaron en el proceso de elaboración del yogur batido con pulpa de calabaza son los siguientes:

3.2.2.1 Balanza digital

La balanza digital y las especificaciones técnicas se muestra en la figura 3.5, que se utilizó para pesa los insumos en el proceso elaboración de yogurt con pulpa de calabaza.



Fuente: L.T.A., 2019

Figura 3.5: Balanza digital

3.2.2.2 Balanza analítica digital

En la figura 3.6, se muestra la balanza analítica digital con las especificaciones técnicas, se utilizó para pesar cantidades pequeñas de los insumos.



Fuente: L.T.A., 2019

Figura 3.6: Balanza analítica

3.2.2.3 pH-metro digital de mesa

En la figura 3.7, se muestra el pH-metro digital de mesa con las especificaciones técnicas que se utilizó para realizar los controles de pH durante el proceso de elaboración del producto.



Fuente: L.T.A., 2019

Figura 3.7: pH-metro digital de mesa

3.2.2.4 Refractómetro manual

En la figura 3.8, se muestra refractómetro manual y las especificaciones técnicas, este instrumento se utilizó para medir el porcentaje de sólidos solubles de la leche y los sólidos solubles en el proceso de concentración de la pulpa de calabaza



Fuente: L.T.A, 2019

Figura 3.8: Refractómetro manual

3.2.3 Materiales de laboratorio y utensilios de cocina

Los materiales de laboratorio e utensilios de cocina utilizados durante el desarrollo del presente trabajo, se detallan en la tabla 3.1.

Tabla 3.1

Materiales de laboratorio e utensilios de cocina utilizados en la elaboración de yogur batido con pulpa de calabaza

Materiales	Cantidad	Capacidad/Tamaño	Tipo de material
Termómetro de alcohol	1	100 °C	Vidrio
Pipeta	1	10 ml	Vidrio
Probeta	1	50 ml	Vidrio
Erlenmeyer	3	50 ml	Vidrio
Bureta	1	25 ml	Vidrio
Vaso de precipitado	2	50 ml	Vidrio
Piseta	1	200 ml	Plástico
Pinza	1	Mediana	Metal
Espátulas	2	Pequeñas	Acero inoxidable
Jarra	2	1 l	Plástico
Filtro	1	Mediano	Plástico
Cuchillo	1	Mediano	Acero inoxidable
Olla	2	Medianas	Acero inoxidable
Tachos	2	Medianos	Acero inoxidable
Fuentes	2	Medianos	Plástico
Cuchara	1	Grandes	Madera
Cucharilla	1	Pequeñas	Acero inoxidable

Fuente: Elaboración propia

3.3 Reactivos e insumos alimentarios

Los insumos y reactivos que se utilizaron para elaborar el yogurt batido con pulpa de calabaza se detallan a continuación:

3.3.1 Insumos

En la tabla 3.2, se muestra los insumos que se utilizaron en la elaboración de yogur batido con pulpa de calabaza.

Tabla 3.2

Insumos utilizados en la elaboración de yogur batido con pulpa de calabaza

Insumos	Estado	Marca	Procedencia
Azúcar	Sólido	IPSA	Bolivia
Gelatina sin sabor	Sólido	KRIS	Bolivia
Leche en polvo	Sólido	PARMALAT	Argentina

Fuente: Elaboración propia

3.3.2 Reactivos de grado alimentario

En la tabla 3.3, se detallan los reactivos de grado alimentario que se usaron en la elaboración de yogur con pulpa de calabaza.

Tabla 3.3

Reactivos de grado alimentario utilizados en la elaboración de yogur batido con pulpa de calabaza

Reactivos	Estado	Marca	Procedencia
Cultivo lácteo para yogurt	Sólido	HANSEN	Bolivia
Colorante	Líquido	Esencial	Bolivia
Saborizante	Líquido	Esencial	Bolivia
Sorbato de potasio	Sólido	Esencial	Bolivia
Benzoato de sodio	Sólido	Esencial	Bolivia
Ácido cítrico	Sólido	Esencial	Bolivia

Fuente: Elaboración propia

3.3.3 Reactivos químicos de laboratorio

En la tabla 3.4, se detallan los reactivos químicos de laboratorio necesarios para la desinfección de materiales y para la determinación de la acidez titulable de la materia prima como así también en el control del producto terminado.

Tabla 3.4

Reactivos químicos utilizados en la determinación de acidez

Reactivos	Estado	Marca	Procedencia	Concentración
Hidróxido de sodio	Líquido	Anedra	Argentina	0,1 N
Fenolftaleína	Líquido	Anedra	Argentina	5%
Agua destilada	Líquido	SOLQUIFAR	Bolivia	-
Alcohol etílico	Líquido	SOLQUIFAR	Bolivia	70%

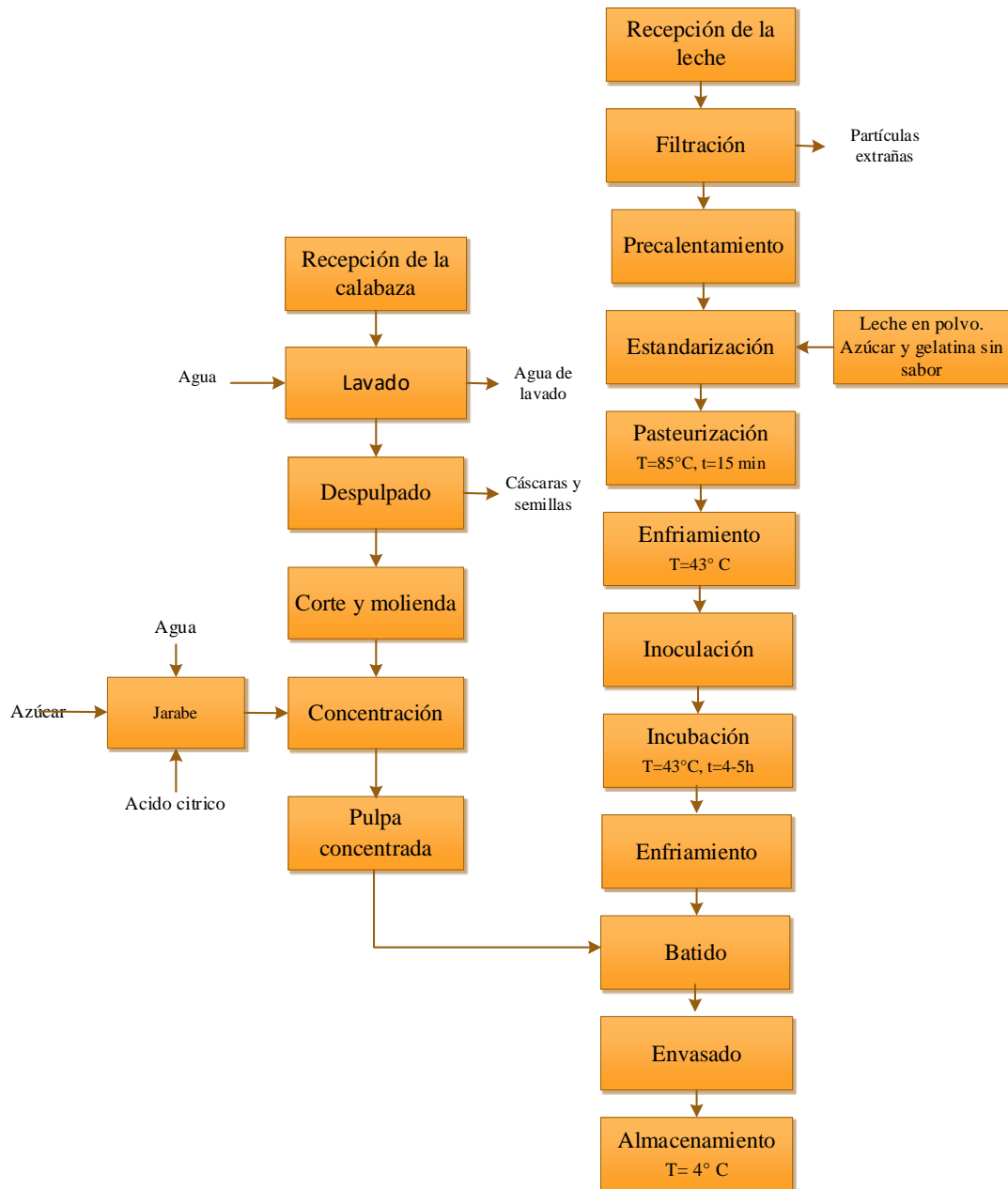
Fuente: Elaboración propia

3.4 Materia prima

Se utilizó como materia prima leche entera de vaca, proveniente de la Granja lechera de la familia Lujan de la zona del Temporal del departamento de Tarija. La calabaza de variedad *Cucurbita moschata* fue adquirida del mercado Campesino de la ciudad de Tarija.

3.5 Diagrama de flujo del proceso de elaboración de yogurt batido con pulpa de calabaza

En la figura 3.9, se muestra el diagrama de flujo del proceso de elaboración de yogurt batido con pulpa de calabaza.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.9: Diagrama del proceso de elaboración de yogurt con pulpa de calabaza

3.5.1 Descripción de diagrama de flujo del proceso de elaboración de yogurt batido con pulpa de calabaza

El proceso de elaboración de yogurt batido con pulpa de calabaza se detalla a continuación:

3.5.1.1 Recepción de la leche

La recepción de la leche, se realizó en un recipiente de acero inoxidable y se tomó una muestra de 50 ml para realizar las pruebas de control de calidad como ser:

- Prueba de mastitis: la técnica de análisis se muestra en el (Anexo H).
- Acidez titulable: la técnica de análisis se muestra en el (Anexo H).
- Determinación de pH: la técnica de análisis se muestra en el (Anexo H).
- Medición de sólidos solubles: la técnica de análisis se muestra (Anexo H).

3.5.1.2 Filtración

La filtración se realizó haciendo pasar la leche cruda por un colador de plástico con apertura de malla filtrante de 0,02 mm; con el propósito de eliminar impurezas (pelos, pajas, tierra, etc.) que se encuentren en la leche.

3.5.1.3 Pre calentamiento

Esta etapa consistió en calentar la leche utilizando baño un María de acero inoxidable hasta alcanzar aproximadamente una temperatura de 40°C, con el propósito de facilitar la dilución del azúcar, leche en polvo y gelatina neutra en la etapa de estandarización.

3.5.1.4 Estandarización

En esta etapa se procedió a mezclar en seco el azúcar entre (8-10)%, leche en polvo (0,8-0,10)% y gelatina neutra (0,2-0,3)%; una vez realizada la mezcla de estos insumos sólidos son adicionados en la leche precalentada y con la ayuda de una espátula se agitó la mezcla con el propósito de disolver completamente los insumos.

3.5.1.5 Pasteurización

Para realizar la pasteurización de la leche estandarizada, se utilizó un recipiente de acero inoxidable el cual fue introducido a un baño María, controlando la temperatura desde 40°C hasta 85 °C, con el propósito de eliminar las bacterias patógenas de la leche durante un tiempo de 15 minutos.

3.5.1.6 Pre-enfriamiento

Una vez realizada la pasteurización, se procedió a enfriar la mezcla desde 85°C hasta alcanzar aproximadamente 43°C y se trasvaso la mezcla a un recipiente de acero inoxidable de un litro de capacidad, con la finalidad de realizar la inoculación.

3.5.1.7 Inoculación

Esta etapa, consistió en agregar cuidadosamente el cultivo lácteo (0,003) % a 50 ml de leche pasteurizada y se agitó suavemente hasta conseguir una dilución total del cultivo lácteo; para luego incorporar a la mezcla acondicionada que se encuentra a 43°C.

3.5.1.8 Incubación

La etapa de incubación consistió en introducir los recipientes con la mezcla inoculada al sistema de calentado controlado de un termostato (baño María) como se muestra en la (figura 3.1), donde se controla automáticamente la temperatura a 43°C y se deja por un tiempo de 5 horas hasta que se complete la fermentación.

3.5.1.9 Enfriamiento

Transcurrido el tiempo de incubación, se procedió a sacar los recipientes del baño María para detener la fermentación y evitar la acidificación mismo, bajando la temperatura hasta alcanzar aproximadamente 20°C. Posteriormente, se llevó el yogurt a refrigeración a temperatura entre (4-5)°C hasta realizar la etapa de batido.

A si mismo se procedió a realizar la pulpa de calabaza y el proceso de elaboración se detalla a continuación:

3.5.1.10 Calabaza

Se utilizó como materia prima la calabaza de la variedad *cucurbita moschata*, que fue adquirida del mercado Campesino de la ciudad de Tarija.

3.5.1.11 Lavado

Se procedió a lavar la calabaza de manera manual con agua potable con el propósito de eliminar polvo, tierra e impurezas adheridas en la cáscara.

3.5.1.12 Pelado

El pelado de la calabaza se realizó de forma manual con la ayuda de un cuchillo de acero inoxidable separando las cáscaras y semillas.

3.5.1.13 Corte y molienda

En esta etapa se procedió a cortar la pulpa de calabaza en forma de cubos con la ayuda de un cuchillo de acero inoxidable, seguidamente se realizó la molienda de los mismos utilizando un procesador de alimentos con el propósito de reducir el tamaño hasta aproximadamente 4 mm.

3.5.1.14 Jarabe

Se preparó el jarabe a 29°Brix, agitando con la ayuda de una espátula de plástico hasta la dilución total del azúcar, así mismo se adiciona (0,03) % de ácido cítrico para ajustar el pH.

3.5.1.15 Concentración

La pulpa concentrada es el producto elaborado mediante la extracción parcial del agua de constitución de la pulpa de fruta en una cantidad suficiente para elevar el nivel de grados Brix en un 50% más que el valor de °Brix natural establecido por la pulpa. (NTC, 2012)

El concentrado se llevó a cabo en una paila de acero inoxidable de 1 kg de capacidad, donde se colocó la pulpa de calabaza junto con el jarabe y se agito durante un tiempo

de 10 minutos hasta alcanzar 33°Brix. Posteriormente se deja enfriar a temperatura ambiente para luego agregar al yogurt en la etapa de batido.

3.5.1.16 Batido

Esta etapa consistió en romper el coágulo agitando suavemente con la ayuda de un agitador de acero inoxidable; adicionando el colorante (0,1%), saborizante (0,1%), los conservantes como ser el benzoato de sodio (0,05%) y sorbato de potasio (0,05%); en esta etapa también se incorporó la pulpa de calabaza (15%)

3.5.1.17 Envasado

Se realizó el envasado producto terminado en bolsas de polietileno de 1 kg de capacidad.

3.5.1.18 Almacenado

El producto envasado se almaceno en condiciones de refrigeración a temperatura de 4°C.

3.6 Metodología para la obtención de resultados

Las técnicas que se utilizaron para la determinación de las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de la materia prima y del producto terminado fueron realizadas en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID) dependiente de la Universidad Juan Misael Saracho.

3.6.1 Materia prima

La metodología utilizada para obtener los resultados experimentales de la materia prima en el presente trabajo de investigación, se detallan a continuación:

3.6.1.1 Caracterización de las propiedades fisicoquímicas de la leche

En la tabla 3.5, se detallan los principales parámetros analizados para la caracterización fisicoquímica de la leche cruda, estos análisis se realizaron en el

Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID) perteneciente a la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Tabla 3.5

Métodos de análisis fisicoquímicos de la leche cruda

Parámetros	Métodos	Unidades
Proteína total (N _x 6,38)	NB/ISO 8968-1:08	%
Grasa	NB 228:98	%
Hidratos de carbono	Cálculo	%
Ceniza	NB 39034:10	%
Humedad	NB 313010:05	%
Sólidos totales	NB 231:1-1998	%
Acidez (ácido láctico)	NB 229:98	%
pH (20 °C)	SM 4500-H-B	-
Valor energético	Cálculo	Kcal/100 g
Calcio	Absorción Atómica	mg/ 100g
Fósforo	Absorción Atómica	mg/ 100g
Magnesio	Absorción Atómica	mg/ 100g

Fuente: CEANID, 2019

3.6.1.2 Caracterización de las propiedades microbiológicas de la leche

En la tabla 3.6, se detallan los principales parámetros analizados para la caracterización microbiológica de la leche cruda, estos análisis se realizaron en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID) perteneciente a la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Tabla 3.6

Métodos de análisis microbiológicos de la leche cruda

Parámetros	Métodos	Unidades
Coliformes fecales	NB32005:02	UFC/ ml
Colifomes totales	NB32005:02	UFC/ ml
Salmonella	NB32007:03	P/A/25 ml

Fuente: CEANID, 2019

3.6.1.3 Caracterización de las propiedades físicas de la calabaza de la variedad *Cucurbita moschata*

En la tabla 3.7, se detallan los principales parámetros analizados para la caracterización física de la calabaza de variedad *Cucurbita moschata*, estos parámetros se realizaron en el laboratorio Taller de Alimentos.

Tabla 3.7***Características físicas de la calabaza de variedad Cucurbita moschata***

Parámetros	Unidades
Peso total	g
Porción comestible	%
Porción no comestible	%
Peso de semillas	%
Longitud	cm

Fuente: Elaboración propia

3.6.1.4 Caracterización de las propiedades fisicoquímicas de la calabaza de la variedad *Cucurbita moschata*

En la tabla 3.8, se detallan los principales parámetros analizados para la caracterización fisicoquímica de la calabaza, estos análisis se realizaron en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID) perteneciente a la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Tabla 3.8***Métodos de análisis fisicoquímicos de la calabaza***

Parámetros	Métodos	Unidades
Proteína total (N _x 6,38)	NB/ISO 8968-1:08	%
Grasa	NB 228:98	%
Hidratos de carbono	Cálculo	%
Ceniza	NB 39034:10	%
Humedad	NB 313010:05	%
Sólidos totales	NB 231:1-1998	%
Acidez (ácido láctico)	NB 229:98	%
pH (20 °C)	SM 4500-H-B	-
Valor energético	Cálculo	Kcal/100 g
Calcio	Absorción Atómica	mg/ 100g
Fósforo	SM 4500-H-D	mg/ 100g
Potasio	Absorción Atómica	mg/ 100g

Fuente: CEANID, 2019

3.6.2. Producto terminado

La metodología utilizada para obtener los resultados experimentales del producto terminado en el presente trabajo de investigación, se detallan a continuación:

3.6.2.1 Caracterización de las propiedades fisicoquímicas del yogur batido con pulpa de calabaza

En la tabla 3.9, se detallan los principales parámetros analizados para la caracterización fisicoquímica del yogur batido con pulpa de calabaza de la variedad *curcubita moschata* estos análisis se realizaron en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID) perteneciente a la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Tabla 3.9

Métodos de análisis fisicoquímicos del yogurt con pulpa de la calabaza

Parámetros	Métodos	Unidades
Proteína total (N _x 6,38)	NB/ISO 8968-1:08	%
Grasa	NB 228:98	%
Hidratos de carbono	Cálculo	%
Ceniza	NB 39034:10	%
Humedad	NB 313010:05	%
Sólidos totales	NB 231:1-1998	%
Acidez (ácido láctico)	NB 229:98	%
pH (20 °C)	SM 4500-H-B	-
Valor energético	Cálculo	Kcal/100 g
Fósforo	Absorción Atómica	mg/ 100g
Calcio	SM 4500-H-D	mg/ 100g
Potasio	Absorción Atómica	mg/ 100g

Fuente: CEANID, 2019

3.6.3 Caracterización microbiológica del yogur batido con pulpa de calabaza

En la tabla 3.10, se detallan los principales parámetros analizados para la caracterización microbiológica del yogurt con pulpa de calabaza, estos análisis se realizaron en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID) perteneciente a la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Tabla 3.10

Métodos de análisis microbiológicos del yogurt con pulpa de calabaza

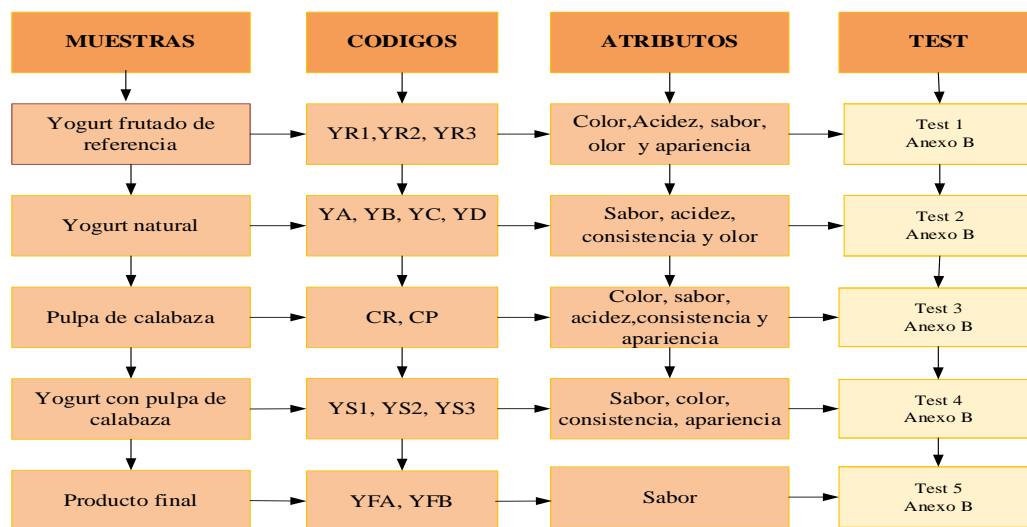
Parámetros	Métodos	unidades
Coliformes fecales	NB32005:02	UFC/g
Colifomes totales	NB32005:02	UFC/g
<i>Staphylococcus aureus</i>	NB32004:02	UFC/g

Fuente: CEANID, 2019

3.7 Análisis sensorial

La evaluación sensorial de los alimentos es una función primaria del hombre desde su infancia y de una forma consciente acepta o rechaza los alimentos de acuerdo con las sensaciones que experimenta al consumirlos. De esta forma se establecen unos criterios para la selección de los alimentos, criterios que inciden en una de las facetas de la calidad global del alimento, la calidad sensorial. La evaluación de esta calidad se lleva a cabo mediante una disciplina científica, el análisis sensorial, cuyo instrumento de medida es el propio hombre. (Ibañes & Barcina , 2001)

En la figura 3.10, se muestra las pruebas de análisis sensorial que se realizaron con veinte jueces no entrenados y escala hedónica de cinco puntos para caracterizar las propiedades organolépticas de la elaboración de yogurt batido con pulpa de calabaza.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.10: Diagrama de las pruebas sensoriales en la elaboración de yogurt batido con pulpa de calabaza

3.8 Diseño experimental

El diseño experimental puede definirse, en términos generales como un plan estructurado de acción tendente a la demostración de relaciones de carácter causal. De ahí que el propósito básico del diseño experimental sea la inferencia de un efecto de

causalidad entre la variable independiente y la variable dependiente. En todo diseño experimental deben por tanto quedar plasmados los supuestos implícitos del enfoque experimental: aleatorización, control y manipulación. (Arnau et al., 1990)

3.8.1 Diseño factorial

En muchos experimentos interviene el estudio de los efectos de dos o más factores. En general, los diseños factoriales son los más eficientes para este tipo de experimentos, por diseño factorial se entiende que en cada ensayo o replica completa del experimento se investigan todas las combinaciones de los factores. Por ejemplo, si el factor A tiene a niveles el factor B tiene b niveles, cada replica contiene todas las ab combinaciones de los tratamientos. Cuando los factores están incluidos en un diseño factorial, es común decir que están cruzados. (Montgomery, 2004)

3.8.1.1 Diseño factorial 2^3 en la etapa de fermentación en la elaboración de yogurt batido con pulpa de calabaza

Para realizar el diseño experimental en la etapa de la fermentación en la elaboración de yogurt con pulpa de calabaza se aplicó el diseño factorial 2^3 .

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

Donde los niveles de variación de cada factor son los siguientes:

- Temperatura (a) = 2 niveles
- Tiempo (b) = 2 niveles
- Porcentaje de cultivo lácteo (c) = 2 niveles

En la tabla 3.1, se muestra la matriz del diseño experimental a ser aplicado en la etapa de fermentación en la elaboración de yogurt batido con pulpa de calabaza, conformado por tres variables: temperatura, tiempo y cantidad de cultivo.

Tabla 3.11

Matriz del diseño factorial 2^3 para el proceso de fermentación

Corridos	Factores			Interacciones				Total	
	A	B	C	AB	AC	BC	ABC	Y_i	Y_i
1	-	-	-	+	+	+	-	Y_1	Y_1
2	+	-	-	-	-	+	+	Y_2	Y_2
3	-	+	-	-	+	-	+	Y_3	Y_3
4	+	+	-	+	-	-	-	Y_4	Y_4
5	-	-	+	+	-	-	+	Y_5	Y_5
6	+	-	+	-	+	-	-	Y_6	Y_6
7	-	+	+	-	-	+	-	Y_7	Y_7
8	+	+	+	+	+	+	+	Y_8	Y_8

Fuente: Elaboración propia

Donde:

Y_i = Porcentaje de acidez (ácido láctico)

En la tabla 3.12, se muestran los niveles de variación de los factores (nivel superior y nivel inferior), a ser aplicado en la etapa de fermentación conformado por tres variables: temperatura, tiempo y cantidad de cultivo.

Tabla 3.12

Niveles de variación de los factores en la etapa de fermentación

Variables	Nivel inferior	Nivel superior
Temperatura (A)	-	+
Tiempo (B)	-	+
Cultivo lácteo (C)	-	+

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Caracterización de la materia prima

Para realizar la caracterización de la materia prima se tomaron en cuenta los análisis fisicoquímicos y microbiológicos y las propiedades físicas.

4.1.1 Parámetros de control de calidad en la recepción de la leche

En la tabla 4.1, se muestran los resultados de los análisis de control de calidad en la recepción de la leche, realizados en el Laboratorio Taller de Alimentos de la Carrera de Ingeniería de Alimentos.

Tabla 4.1

Análisis de control de calidad en la recepción de la leche

Parámetros	Valores	Unidades
Acidez (ácido láctico)	0,14	%
Sólidos solubles	9,00	%
pH	6,70	-
Mastitis	Ausencia	-

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.1, se observa los resultados de los análisis de control de calidad en la recepción de la leche donde presentó una acidez 0,14%; sólidos solubles 9%; pH 6,7 y ausencia de mastitis.

4.1.2 Parámetros fisicoquímicos de la leche cruda

En la tabla 4.2, se muestran los resultados de los análisis fisicoquímicos de la leche cruda extraídos (Anexo A), realizados en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID) perteneciente a la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Tabla 4.2

Composición fisicoquímica de la leche cruda

Parámetros	Valores	Unidades
Proteína total (N _x 6,38)	3,03	%
Grasa	4,10	%
Hidratos de carbono	4,52	%
Ceniza	0,70	%
Humedad	87,65	%
Sólidos totales	12,35	%
Acidez (ácido láctico)	0,13	%
pH (20 °C)	6,70	-
Valor energético	67,10	Kcal/100 g
Calcio	1158,00	mg/100g
Fósforo	266,00	mg/100g
Magnesio	102,00	mg/100g

Fuente: CEANID, 2019

En la tabla 4.2, se muestran los resultados del análisis fisicoquímico de la leche cruda donde contiene proteína total de 3,03%; grasa 4,1%; hidratos de carbono 4,52%; ceniza 0,70%; humedad 87,65%; sólidos totales 12,35%; acidez como ácido láctico 0,13%; pH 6,7; valor energético 67,1 Kcal/100 g; calcio 1158 mg/100g; fósforo 266 mg/100g y magnesio 102 mg/100g.

4.1.3 Análisis microbiológico de la leche cruda

En la tabla 4.3, se muestran los resultados del análisis microbiológico de la leche cruda extraídos (Anexo A), realizados en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID) perteneciente a la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Tabla 4.3

Análisis microbiológico de la leche cruda

Parámetros	Valores	Unidades
Coliformes fecales	4,0x10 ²	UFC/ ml
Escherichia coli	6,7 x10 ²	UFC/ ml
Salmonella	Ausencia	P/A/25 ml

Fuente: CEANID, 2019

En la tabla 4.3, se muestran los resultados obtenidos del análisis microbiológico de la leche cruda, la cual presenta: Coliformes fecales $4,0 \times 10^2$ UFC/ ml, *Escherichia coli* $6,7 \times 10^2$ UFC/ ml y ausencia de *Salmonella* P/A/25 ml.

4.1.4 Propiedades físicas de la calabaza de variedad *Cucurbita moschata*

En la tabla 4.4, se muestran los resultados de las propiedades físicas de la calabaza de variedad *Cucurbita moschata* realizadas en el Laboratorio Taller de Alimentos de la Carrera de Ingeniería de Alimentos; para un total de 10 muestras.

Tabla 4.4

Propiedades físicas de la calabaza de variedad cucurbita moschata

Número de calabaza	Peso total (g)	Porción comestible (%)	Porción no comestible (%)	Semillas (%)	Longitud (cm)
1	1505,00	66,04	33,96	2,40	20,80
2	1490,00	66,74	33,26	2,74	25,10
3	1325,00	66,58	33,42	1,81	20,90
4	1375,00	62,81	37,19	2,58	20,50
5	1255,00	59,03	40,97	1,60	22,00
6	1015,00	64,91	35,09	3,76	19,20
7	616,49	65,21	34,79	2,27	13,00
8	905,97	60,92	39,08	3,09	18,03
9	1320,00	65,18	34,82	1,52	21,34
10	990,19	59,44	40,56	2,48	18,60
x	1179,77	63,69	36,31	2,43	19,95

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.4, se observa los resultados obtenidos de las propiedades físicas de la calabaza de variedad *Cucurbita moschata* donde el peso promedio es de 1179,77 g; porción comestible 63,69%; porción no comestible 36,31%; semillas 2,43% y longitud de 19,95 cm.

4.1.5 Análisis fisicoquímicos de la calabaza

En la tabla 4.5, se muestran los resultados de los análisis fisicoquímicos de la calabaza de variedad *Cucurbita moschata* extraídos (Anexo A), realizados en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID) perteneciente a la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Tabla 4.5

Composición fisicoquímica de la calabaza variedad Cucurbita moschata

Parámetros	Valores	Unidades
Proteína total (N _x 6,38)	1,42	%
Grasa	0,12	%
Hidratos de carbono	7,16	%
Ceniza	1,03	%
Humedad	89,31	%
Sólidos solubles	10,60	%
Acidez (ácido cítrico)	0,02	%
pH (20 °C)	7,40	-
Valor energético	35,40	Kcal/100 g
Calcio	17,30	mg/100g
Fósforo	137,88	mg/100g
Potasio total	388,00	mg/100g

Fuente: CEANID, 2019

En la tabla 4.5, se observa los resultados del análisis fisicoquímico de la calabaza de variedad *Cucurbita moschata*, donde el contenido de proteína total es 1,42%; grasa 0,12%; hidratos de carbono 7,16%; ceniza 1,03%; humedad de 89,31%; sólidos solubles 10,60%; acidez (ácido cítrico) 0,02%, pH 7,4; valor energético 35,4 Kcal/100 g; calcio 17,3 mg/100g; potasio 137,88 mg/100g y calcio 388 mg/100g.

4.2 Caracterización de las variables del proceso para la elaboración de yogurt batido con pulpa de calabaza

Para caracterizar las variables del proceso de elaboración de yogurt con pulpa de calabaza se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:

4.2.1 Desarrollo de las pruebas preliminares para la obtención de yogurt batido con pulpa de calabaza

Para el desarrollo de la parte experimental del presente trabajo, inicialmente se tomaron en cuenta doce pruebas de yogurt batido (Anexo I), donde se muestran los ensayos aplicados en base a la metodología del Laboratorio Taller de Alimentos y (Barco, 2007); con el fin de establecer dos formulaciones básicas (tabla 4.6) de un total de seis muestras (grupo 1) que se muestran en la (figura 4.1) que fueron degustadas por el personal del LTA del área de lácteos donde se seleccionaron las pruebas con mayor aceptación por los mismos.

Tabla 4.6

Formulaciones básicas de yogurt batido

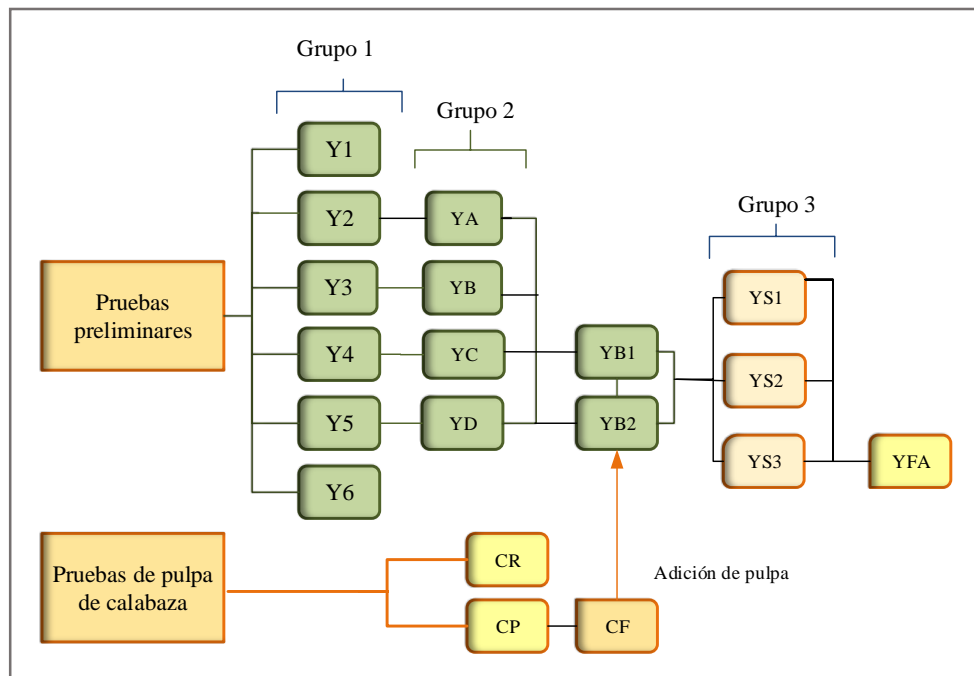
Formulación 1		Formulación 2	
Materia prima e insumos	Porcentaje (%)	Materia prima e insumos	Porcentaje (%)
Leche	89,483	Leche	91,0990
Azúcar	8,948	Azúcar	7,7434
Leche en polvo	1,342	Leche en polvo	0,9110
Gelatina neutra	0,224	Gelatina neutra	0,2441
Cultivo lácteo	0,003	Cultivo lácteo	0,0025
Condiciones de fermentación		Condiciones de fermentación	
Tiempo (h)	Temperatura (°C)	Tiempo (h)	Temperatura (°C)
5	45	4	45

Fuente: Elaboración propia

A partir de las formulaciones propuestas de la tabla 4.6, se procedió a realizar cuatro muestras de yogurt batido (grupo 2), donde se seleccionaron 2 muestras (YB1 y YB2) y que representen al yogurt batido sin pulpa. Por otra parte, se elaboraron las pruebas de pulpa de calabaza como se muestra en la parte inferior de la (figura 4.1), en donde se seleccionó una muestra representativa de pulpa de calabaza (CP); la cual esta muestra se tomó en cuenta para ser incorporada en las muestras representativas de yogurt batido (YB1 y YB2).

Una vez obtenidas las muestras de yogurt batido y pulpa de calabaza, se procedió a elaborar tres muestras de yogurt batido con pulpa de calabaza (grupo 3); donde

finalmente se realizó una selección para obtener una muestra ideal de yogurt batido con pulpa de calabaza (YFA).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.1: Pruebas preliminares para la obtención del yogurt batido con pulpa de calabaza

4.2.2 Variación de insumos de las muestras de yogurt batido del grupo 2

En la tabla 4.7, se muestra la variación de insumos como ser: azúcar, gelatina neutra, cultivo lácteo y leche en polvo de las muestras del grupo 2 de yogurt batido; con la finalidad de mejorar la consistencia, sabor y acidez.

Tabla 4.7

Variación de insumos de las muestras de yogurt batido del grupo 2

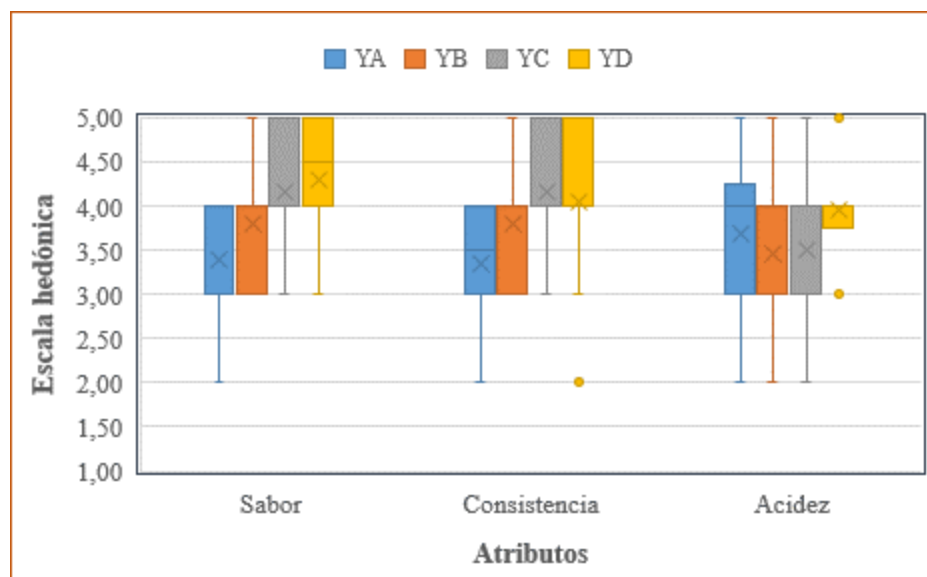
Muestras	Azúcar (%)	Gelatina neutra (%)	Cultivo lácteo (%)	Leche en polvo (%)
YA	7,3392	0,1835	0,0028	0,7339
YB	7,3359	0,2292	0,0028	0,7336
YC	7,7553	0,2737	0,0026	0,7299
YD	7,7482	0,2735	0,0026	0,8204

Fuente: Elaboración propia

Tomando en cuenta la temperatura y tiempo de fermentación de las muestras para YA (4h a 43°C), YB (4h a 45°C), YC (5h a 45°C) y YD (4,5h a 45°C); se procedió a realizar una evaluación sensorial con 20 jueces no entrenados de acuerdo a los atributos sensoriales según la figura 3.10.

4.2.2.1 Estadístico caja y bigote de las muestras de yogurt batido del grupo 2

En la figura 4.2, se muestra el estadístico de caja y bigote de las muestras de yogurt batido del grupo 2, para los atributos sabor (tabla C.3), consistencia (tabla C.7) y acidez (tabla C.11); extraídos del (Anexo C).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.2: Caja y bigote de las muestras de yogurt batido del grupo 2

En la figura 4.2, se observa que el atributo sabor de la muestra YD presenta la caja con el 75% de los datos con mediana (4,3), próxima al primer cuartil y por encima de las medianas YC (4,15), YB (3,8) y YA (3,4), lo que nos indica que los jueces tuvieron mayor percepción por la muestra YD para el atributo sabor. Sin embargo, para el atributo consistencia los jueces tuvieron mayor percepción por la muestra YC (4,15), ya que presenta la caja con el 75% de los valores y para el atributo acidez YD (3,5) presenta una caja simétrica con el 50% de los valores indicando que tienen una mayor percepción los jueces para el atributo acidez de la muestra YD.

4.2.2.2 Estadístico Tukey del atributo sabor de las muestras de yogurt batido del grupo 2

En la tabla 4.8, se muestran los resultados del análisis estadístico Tukey para el atributo sabor y extraídos de la (tabla C.6) del (Anexo C).

Tabla 4.8

Estadístico de Tukey del atributo sabor de las muestras de yogurt batido del grupo 2

Tratamientos	Significancia
YD-YA	Si hay diferencia significativa
YD-YB	No hay diferencia significativa
YD-YC	No hay diferencia significativa
YC-YA	Si hay diferencia significativa
YC-YB	No hay diferencia significativa
YB-YA	No hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.8, se puede observar que existe evidencia estadística en los tratamientos (YD-YA) y (YC-YA). Sin embargo, los tratamientos (YD-YB), (YD-YC), (YC-YB) y (YB-YA); no existe diferencia significativa para un nivel de significancia $p < 0,05$.

4.2.2.3 Estadístico Tukey para el atributo consistencia de las muestras de yogurt batido del grupo 2

En la tabla 4.9, se muestran los resultados del análisis estadístico Tukey para el atributo consistencia y extraídos de la (tabla C.10) del (Anexo C).

Tabla 4.9

Estadístico de Tukey del atributo consistencia de las muestras de yogurt batido del grupo 2

Tratamientos	Significancia
YD-YA	Si hay diferencia significativa
YD-YB	No hay diferencia significativa
YD-YC	No hay diferencia significativa
YC-YA	Si hay diferencia significativa
YC-YB	No hay diferencia significativa
YB-YA	No hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.9, se puede observar que existe evidencia estadística en los tratamientos (YD-YA) y (YC-YA). Sin embargo, los tratamientos (YD-YB), (YD-YC), (YC-YB) y (YB-YA), no existe diferencia significativa para un nivel de significancia $p < 0,05$.

4.2.2.4 Análisis de varianza del atributo acidez de muestras de yogurt batido del grupo 2

De acuerdo al análisis de varianza para el atributo acidez (tabla C.12) del (Anexo C), se observó que $F_{cal} < F_{tab}$, por lo cual se acepta la hipótesis planteada y no existiendo diferencia significativa entre tratamientos para un nivel de significancia $p < 0,05$.

Según caja y bigote para las muestras de yogurt batido del grupo 2, se observó que el atributo sabor con mediana (4,3) de la muestra YD es el de mayor agrado por los jueces. Realizando el estadístico Tukey, se pudo evidenciar que para el atributo sabor existe diferencia significativa entre los tratamientos (YD-YA) $p < 0,05$. Con relación al proceso, se observó que al variar el porcentaje de gelatina neutra y leche en polvo mejora la consistencia y sabor para las muestras YD y YC.

4.2.3 Formulación de pulpa de calabaza para la selección de la muestra prototipo

A nivel experimental, se elaboraron dos muestras de pulpa de calabaza (tabla 4.10) con el fin de establecer una muestra prototipo para ser incorporada en el yogurt batido; para tal efecto se preparó jarabe para ambas muestras a 29 °Brix, variando el porcentaje de ácido cítrico y la proporción de jarabe que se adicionó en la muestra CR fue la misma para CP. Sin embargo, para el tipo de corte de la pulpa de calabaza, se hizo variar para la muestra CR (ralla) y CP (paisana).

Tabla 4.10

Formulación de pulpa de calabaza para la selección de muestra prototipo

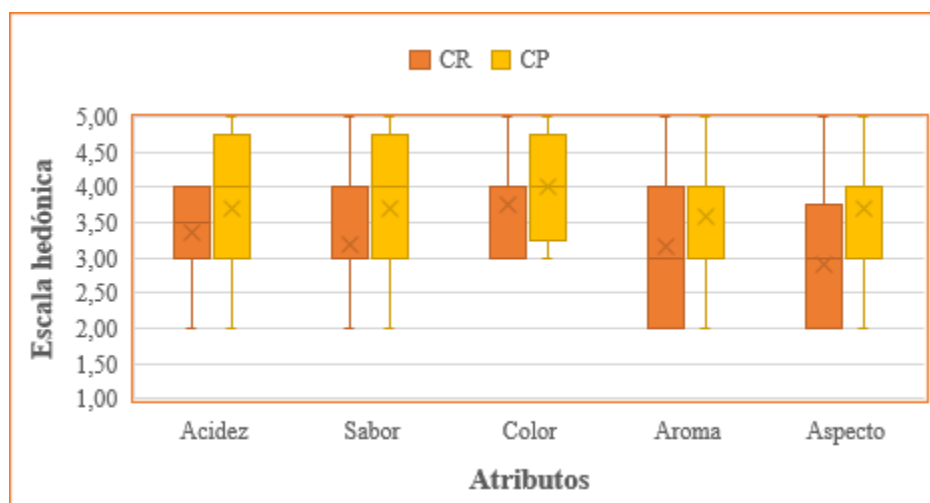
Muestras	Pulpa (%)	Jarabe (%)	Ácido cítrico (%)	Tipo de corte
CR	38,272	61,728	0,881	Ralla
CP	38,272	61,728	0,772	Paisana

Fuente: Elaboración propia

En base a la muestra CP y CR, se procedió a realizar una evaluación sensorial con 20 jueces no entrenados de acuerdo a los atributos sensoriales según la (figura 3.10).

4.2.3.1 Estadístico de caja y bigote para la selección de muestra prototipo de pulpa de calabaza

En la figura 4.3, se muestra el estadístico de caja y bigote para la selección de muestra prototipo de pulpa de calabaza de los atributos: aroma (tabla C.13), aspecto (tabla C.17), acidez (tabla C.21), sabor (tabla C.22) y color (tabla C.25); extraídos del (Anexo C).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.3: Caja y bigote para la selección de muestra prototipo de pulpa de calabaza

En la figura 4.3, se puede observar que el atributo color de la muestra CR representa el 75% de los valores y mediana (4,0) en el centro de la caja y por encima de la mediana CR (3,75) para el atributo color; lo que indica, que los jueces tuvieron mayor percepción por el atributo color de la muestra CP. Los atributos de la muestra CP tienen medianas por encima de las medianas de los atributos de la muestra CR; para el atributo acidez (3,7), sabor (3,7), aroma (3,6) y aspecto (3,7) indicando que los jueces tienen mayor percepción por los atributos de la muestra CP.

4.2.3.2 Estadístico Tukey del atributo aroma para la selección de la muestra prototipo de pulpa de calabaza

En la tabla 4.11, se muestra los resultados del análisis estadístico Tukey para el atributo aroma; extraídos (tabla C.16) del (Anexo C).

Tabla 4.11

Estadístico Tukey del atributo aroma para selección de muestra prototipo de pulpa de calabaza

Tratamientos	Significancia
CP-CR	Si hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.11, se puede observar que existe evidencia estadística entre los tratamientos (CP-CR) para un nivel de significancia $p < 0,05$.

4.2.3.3 Estadístico Tukey del atributo aspecto para la selección de la muestra prototipo de pulpa de calabaza

En la tabla 4.12, se muestra los resultados del análisis estadístico Tukey para el atributo aspecto; extraídos de la (tabla C.18) del (Anexo C).

Tabla 4.12

Estadístico Tukey del atributo aspecto para la selección de muestra prototipo de pulpa de calabaza

Tratamientos	Significancia
CP-CR	Si hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.12, se puede observar que existe evidencia estadística entre los tratamientos (CP-CR) para un nivel de significancia $p < 0,05$.

4.2.3.4 Análisis de varianza de los atributos color, sabor y acidez para la selección de muestra prototipo de pulpa de calabaza

De acuerdo al análisis de varianza para los atributos acidez (tabla C.23), color (tabla C.26) y sabor (tabla C.24) del (Anexo C); se observa que $F_{cal} < F_{tab}$ por lo cual se acepta la hipótesis planteada que no existe diferencia significativa entre tratamientos para un nivel de significancia $p < 0,05$.

Según caja y bigote para las muestras de pulpa de calabaza se pudo observar que el atributo color con una mediana (4,0) de la muestra CP fue el atributo de mayor agrado por los jueces. Realizado el estadístico Tukey, se observó que el atributo color no existe diferencia significativa entre los tratamientos (CP-CR) $p < 0,05$. En relación al proceso, se puede observar que al variar porcentaje de ácido cítrico mejora la acidez del medio y que tipo de corte mejora el aspecto de la pulpa.

4.2.4 Variación de insumos en muestras de yogurt batido con pulpa de calabaza del grupo 3

A nivel experimental se elaboraron un total de tres muestras de yogurt batido con pulpa de calabaza (tabla 4.12). Para tal efecto se tomó en cuenta la muestra de pulpa de calabaza de mayor preferencia (CP) para ser incorporada en las muestras de yogurt batido YB1 y YB2 (figura 4,1); en cada muestra se hizo variar el porcentaje de pulpa de calabaza entre (10,7143-13,0435) %.

Tabla 4.13

Variación de insumos en muestras de yogurt batido con pulpa de calabaza del grupo 3

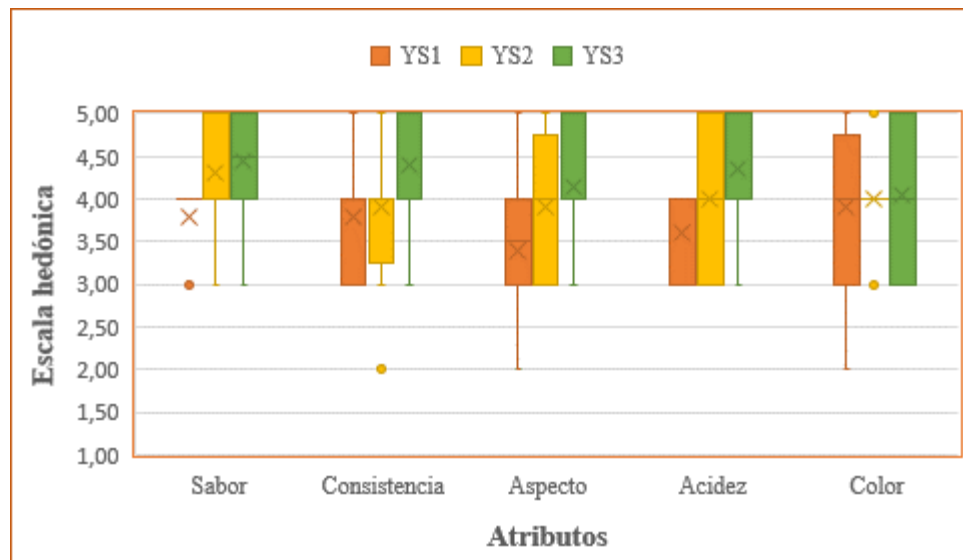
Muestras	Azúcar (%)	Gelatina neutra (%)	Leche en polvo (%)	Cultivo lácteo (%)	Pulpa de calabaza (%)
YS1	7,7553	0,2737	0,7299	0,0026	10,7143
YS2	7,7482	0,2735	0,8204	0,0026	12,2807
YS3	7,7482	0,2735	0,8204	0,0026	13,0435

Fuente: Elaboración propia

Tomando en cuenta la temperatura y tiempo de fermentación para las muestras YS1 (4h a 43°C), YS2 (4,5h a 45°C) y YS3 (4,5h a 45°C); se procedió a realizar una evaluación sensorial con 20 jueces no entrenados de acuerdo a los atributos según la (figura 3.10).

4.2.4.1 Estadístico de caja y bigote de muestras de yogurt batido con pulpa de calabaza del grupo 3

En la figura 4.4, se muestra el estadístico de caja y bigote de muestras de yogurt batido con pulpa de calabaza del grupo 3, para los atributos sabor (tabla C.27), consistencia (tabla C.31), aspecto (tabla C.35), acidez (tabla C.39) y color (tabla C.43); extraídos del (Anexo C).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.4: Caja y bigote de muestras de yogurt batido con pulpa de calabaza del grupo 3

En la figura 4.4, se puede observar la caja y bigote del atributo sabor de la muestra YS3 presenta la caja con el 75% de los valores y con mediana de (4,45) ubicada en el centro de la caja y por encima de las medianas YS2 (4,3) y YS1 (3,8); lo que quiere decir que los jueces tuvieron mayor percepción por la muestra YS3 para el atributo sabor. Las cajas de la muestra YS3 para el atributo consistencia (4,4), aspecto (4,4) acidez (4,35) y color (4,15) presentan medianas por encima de las muestras YS1 y YS2, indicando que los jueces tienen una mayor percepción para los atributos de la muestra YS3.

4.2.4.2 Estadístico Tukey del atributo sabor de muestras de yogurt batido con pulpa de calabaza del grupo 3

En la tabla 4.14, se muestra los resultados del análisis estadístico Tukey para el atributo sabor; extraídos de la (tabla C.30) del (Anexo C).

Tabla 4.14

Estadístico Tukey del atributo sabor de muestras de yogurt batido con pulpa de calabaza del grupo 3

Tratamientos	Significancia
YS3-YS1	Si hay diferencia significativa
YS3-YS2	No hay diferencia significativa
YS2-YS1	Si hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.14, se puede observar que existe evidencia estadística entre los tratamientos (YS3-YS1) y (YS2-YS1). Sin embargo, para los tratamientos (YS3-YS2) no existe diferencia significativa para un nivel de significancia $p < 0,05$.

4.2.4.3 Estadístico Tukey del atributo consistencia de yogurt batido con pulpa de calabaza del grupo 3

En la tabla 4.15, se muestra los resultados del análisis estadístico Tukey del atributo consistencia; extraídos de la (tabla C.34) del (Anexo C).

Tabla 4.15

Estadístico Tukey del atributo consistencia de muestras de yogurt batido con pulpa de calabaza del grupo 3

Tratamientos	Significancia
YS3-YS1	Si hay diferencia significativa
YS3-YS2	Si hay diferencia significativa
YS2-YS1	Si hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.15, se puede observar que existe evidencia estadística entre los tratamientos (YS3-YS1); (YS2-YS1) y (YS2-YS1) para un nivel de significancia $p < 0,05$.

4.2.4.4 Estadístico Tukey del atributo aspecto de muestras de yogurt batido con pulpa de calabaza del grupo 3

En la tabla 4.16, se muestra los resultados del análisis estadístico Tukey del atributo aspecto; extraídos de la (tabla C.38) del (Anexo C).

Tabla 4.16

Estadístico Tukey del atributo aspecto de muestras de yogurt batido con pulpa de calabaza del grupo 3

Tratamientos	Significancia
YS3-YS1	Si hay diferencia significativa
YS3-YS2	Si hay diferencia significativa
YS2-YS1	Si hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.16, se puede observar que existe evidencia estadística en los tratamientos (YS3-YS1); (YS3-YS2) y (YS2-YS1) para un nivel de significancia $p < 0,05$.

4.2.4.5 Estadístico Tukey del atributo acidez de muestras de yogurt batido con pulpa de calabaza del grupo 3

En la tabla 4.17, se muestra los resultados del análisis estadístico Tukey del atributo acidez; extraídos de la (tabla C.42) del (Anexo C).

Tabla 4.17

Estadístico Tukey del atributo acidez de muestras de yogurt batido con pulpa de calabaza del grupo 3

Tratamientos	Significancia
YS3-YS1	Si hay diferencia significativa
YS3-YS2	Si hay diferencia significativa
YS2-YS1	Si hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.17, se puede observar que existe evidencia estadística entre los tratamientos (YS3-YS1); (YS3-YS2) y (YS2-YS1) para un nivel de significancia $p < 0,05$.

4.2.4.4 Análisis de varianza del atributo color de muestras yogurt batido con pulpa de calabaza del grupo 3

De acuerdo al análisis de varianza del atributo color (tabla C.43) del (Anexo C); se observó que $F_{cal} < F_{tab}$; por lo cual se acepta la hipótesis planteada, que no existe diferencia significativa entre tratamientos para un nivel de significancia $p < 0,05$.

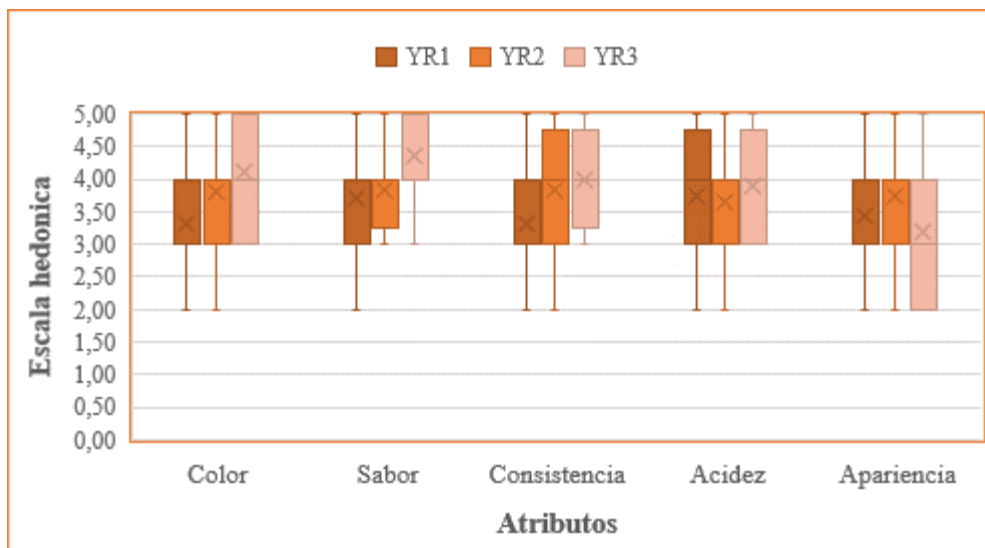
Según caja y bigote de muestras de yogurt batido con pulpa de calabaza, se pudo observar que el atributo sabor de la muestra YS3 con mediana de (4,45) es el atributo de mayor agrado por los jueces; realizando el estadístico Tukey, se determinó que para el atributo sabor existe diferencia significativa entre los tratamientos (YS3-YS1); (YS3-YS2). En relación al proceso, la muestra YS3 tiene mayor porcentaje de azúcar, leche en polvo y pulpa de calabaza por lo que influye en las muestras de yogurt mejorando en el sabor y siendo más agradable para los jueces.

4.3 Selección de muestra referencia para la elaboración de yogurt batido con pulpa de calabaza

Para la selección de muestra de referencia en el presente trabajo, se tomó en cuenta muestras de yogurt con pulpa de durazno; ya que en el mercado local no existe un yogurt que incorpore pulpa de calabaza. Para tal efecto; se tomaron tres muestras de yogurt frutado sabor durazno de las marcas Pil Tarija, Pil Andina y Taller de Alimentos que fueron evaluadas por 20 jueces no entrenados para establecer el atributo sabor.

4.3.1 Estadístico caja y bigote para la selección de muestra de referencia

En la figura 4.5, se muestra el estadístico de caja y bigote para la selección de muestra de referencia para los atributos: sabor (tabla C.45), color (tabla C.53), consistencia (tabla C.49), acidez (tabla C.57) y apariencia (tabla C.54); extraídos del (Anexo C).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.5: Caja y bigote para la selección de muestra de referencia

En la figura 4.5, se observa que en el atributo sabor de la muestra YR3 con mediana (4,35) tiene una caja con el 75% de los datos con mediana cercana al primer cuartil lo que nos indica que los jueces tuvieron mayor percepción por el atributo sabor de la muestra YR3. Los atributos color, acidez y apariencia de la muestra YR3 presentan medianas que están por encima de las medianas de YR1 y YR2 lo que nos indica que los atributos de la muestra YR3 tienen mayor aceptación por los jueces. Sin embargo, para el atributo apariencia la muestra YR2 presenta una caja con el 50% de los valores y con mediana (3,75) próxima al tercer cuartil.

4.3.2 Estadístico Tukey del atributo sabor para la selección de muestra referencia

En la tabla 4.18, se muestra los resultados del análisis estadístico Tukey del atributo sabor; extraídos de la (tabla C.48) del (Anexo C).

Tabla 4.18

Estadístico Tukey del atributo sabor para la selección de la muestra de referencia

Tratamientos	Significancia
YR3-YR1	Si hay diferencia significativa
YR3-YR2	No hay diferencia significativa
YR2-YR1	No hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.18, se puede observar que existe evidencia estadística entre los tratamientos (YR3-YR1). Sin embargo, en los tratamientos (YR3-YR2) y (YR2-YR1) no existe diferencia significativa para un nivel de significancia $p < 0,05$.

4.3.3 Estadístico Tukey del atributo consistencia para la selección de la muestra de referencia

En la tabla 4.19, se muestra los resultados del análisis estadístico Tukey del atributo consistencia; extraídos de la (tabla C.52) del (Anexo C).

Tabla 4.19

Estadístico de Tukey del atributo consistencia para la selección de muestra de referencia

Tratamientos	Significancia
YR3-YR1	Si hay diferencia significativa
YR3-YR2	Si hay diferencia significativa
YR2-YR1	Si hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.19, se puede observar que existe evidencia estadística entre los tratamientos (YR3-YR1), (YR3-YR2) y (YR2-YR1); para un nivel de significancia $p < 0,05$.

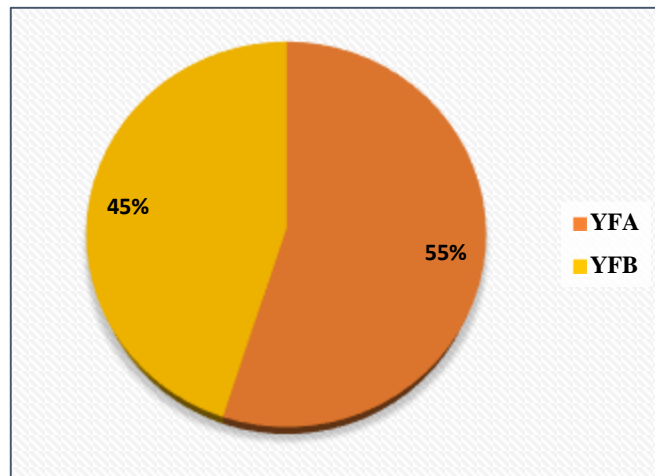
4.3.4 Análisis de varianza de los atributos color, sabor y acidez para la selección de muestra de referencia

El análisis de varianza para la selección de muestra de referencia para los atributos color (tabla C.55), apariencia (tabla C.56) y sabor (tabla C.58) del (Anexo C); se observó que $F_{cal} < F_{tab}$; por lo cual se acepta la hipótesis planteada, que no existe diferencia significativa entre los tratamientos para un nivel de significancia $p < 0,05$.

Según caja y bigote, se pudo observar que el atributo sabor con mediana (4,35) para la muestra YR3 es el atributo de mayor agrado por los jueces. Realizando el estadístico Tukey se puede evidenciar. que existe diferencia significativa para el atributo sabor entre los tratamientos (YR3-YR1) $p < 0,05$.

4.3.5 Elección entre muestra ideal y la muestra de referencia

En la figura 4.6, se muestra la comparación de la muestra ideal (YFA) y muestra de referencia (YFB) para el atributo sabor en base a los resultados de la (tabla D.1) y (Anexo D).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.6: Elección entre la muestra ideal y muestra de referencia para el atributo sabor

En la figura 4.6, se puede observar que el 55% corresponde a la muestra YFA y el 45% a la muestra YFB para el atributo sabor, indicando que los jueces tienen mayor preferencia por la muestra YFA (yogurt con pulpa de calabaza).

4.3.5.1 Estadístico T-Student para el atributo sabor de la muestra ideal y la muestra de referencia

El estadístico T-Student, realizado para el atributo sabor entre la muestra ideal y la muestra referencia en base a los valores extraídos de la (tabla D.1) y (Anexo D), donde indica que $T_{cal} < T_{tab}$; por lo que se acepta la hipótesis planteada que no existe diferencia significativa entre las muestras para un nivel de significancia $p < 0,01$.

4.4 Diseño factorial 2^3 en el proceso de fermentación del yogurt batido con pulpa de calabaza

Para determinar que factor incide en el proceso de fermentación del yogurt batido con pulpa de calabaza, se procedió a realizar el diseño factorial 2^3 , donde la variable respuesta es la acidez (porcentaje de ácido láctico). Los resultados obtenidos se detallan en el (Anexo F) y en base a los mismos se procedió a realizar el estadístico de la variable respuesta que se muestran en la tabla 4.20.

Tabla 4.20

Análisis de varianza para el diseño 2^3 en la etapa fermentación de yogurt batido

Fuente de varianza (FV)	Suma de cuadrados SC	Grados libertad GL	Cuadrados medios MC	Fcal	Ftab
Total	0,0078	15	-	-	-
Factor A	0,0003	1	0,0003	0,989	5,32
Factor B	0,0012	1	0,0012	4,596	5,32
Factor C	0,0008	1	0,0008	3,214	5,32
Interacción AB	0,0013	1	0,0013	4,847	5,32
Interacción AC	0,0015	1	0,0015	5,805*	5,32
Interacción BC	0,0004	1	0,0004	1,588	5,32
Interacción ABC	0,0001	1	0,0001	0,320	5,32
Error	0,0021	8	0,0003	-	-

Fuente: Elaboración propia

(*) significativo

Según el análisis de varianza (tabla 4.20), se observa que la temperatura (A), porcentaje de cultivo (B), tiempo (C) y las interacciones de los factores temperatura-porcentaje de cultivo (AB), porcentaje de cultivo-tiempo (BC) y temperatura-porcentaje de cultivo-tiempo (ABC), no son significativos en el proceso de fermentación ya que $F_{cal} < F_{tab}$ por lo tanto se acepta la hipótesis planteada para una $p < 0,05$. Sin embargo, para la interacción temperatura- tiempo existe diferencia significativa ya que $F_{cal} > F_{tab}$ se rechaza la H_p y se puede afirmar que la interacción temperatura-tiempo (AC) son significativos en la etapa de fermentación del yogurt batido con pulpa de calabaza.

4.5 Control fisicoquímico en el proceso de fermentación del yogurt batido sin pulpa

Para realizar el control fisicoquímico en el proceso de fermentación de yogurt batido sin pulpa, se tomaron valores de pH y acidez por cada 15 minutos de la muestra YD y la muestra YC.

4.5.1 Control de acidez en el proceso de fermentación del yogurt batido sin pulpa

En la tabla 4.21, se muestran los resultados de la variación de acidez en el proceso de fermentación del yogurt batido sin pulpa; extraídos de la (tabla G.1) y (Anexo G). La técnica para la determinación de la acidez se muestra en el (Anexo G).

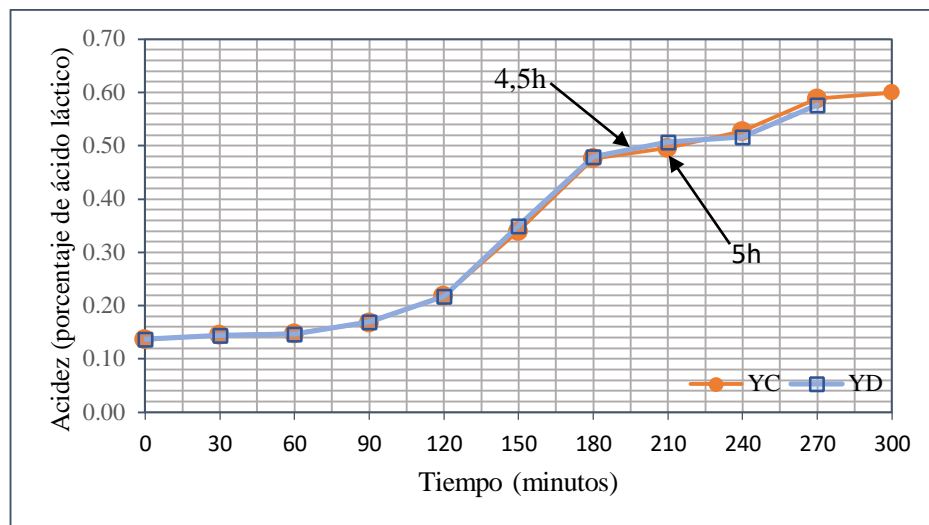
Tabla 4.21

Variación de acidez en el proceso de fermentación de yogurt batido sin pulpa

Tiempo (minutos)	Acidez (Porcentaje de ácido láctico)	
	YC	YD
0	0,14	0,14
30	0,14	0,14
60	0,15	0,15
90	0,17	0,17
120	0,22	0,22
150	0,35	0,34
180	0,48	0,48
210	0,51	0,50
240	0,52	0,53
270	0,58	0,59
300	0,60	-

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.7, se muestra la variación de la acidez en función del tiempo en el proceso de fermentación del yogurt batido sin pulpa; en función de los resultados de la tabla 4.21.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.7: Variación de acidez en el proceso de fermentación del yogurt batido sin pulpa

En la figura 4.7, se puede observar que la muestra YC y muestra YD presentan una acidez inicial de 0,14% de ácido láctico; durante los primeros 90 minutos la tendencia de ascenso de acidez es lenta, llegando a alcanzar un valor de 0,17% de ácido láctico para ambas muestras; pasando los 90 minutos la muestra YC y YD experimentan un ascenso de acidez de 0,48% de ácido láctico para un tiempo de 180 minutos; transcurridos los 180 minutos la tendencia de ascenso disminuye donde la muestra YD presenta un valor de 0,59% en 270 minutos y la muestra C1 un valor de 0,60% a los 300 minutos donde termina el proceso de fermentación.

4.5.2 Variación del pH en el proceso de fermentación del yogurt batido sin pulpa

En la tabla 4.22, se muestran los resultados de pH en la etapa de fermentación del yogurt batido sin pulpa y la técnica se muestra en el (Anexo H).

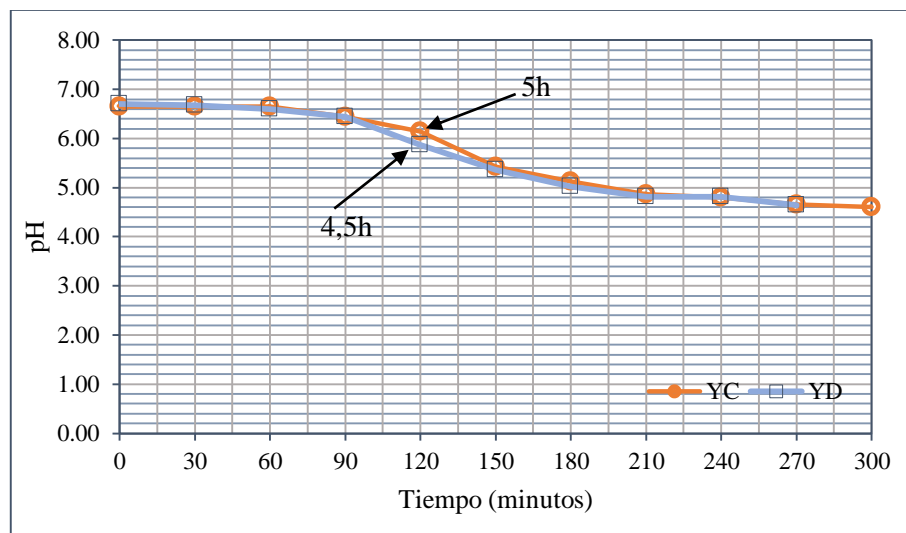
Tabla 4.22

Variación de pH en etapa de fermentación de yogurt batido sin pulpa

Tiempo (días)	pH	
	YC	YD
0	6,65	6,70
30	6,65	6,68
60	6,65	6,60
90	6,44	6,44
120	6,14	5,87
150	5,42	5,36
180	5,13	5,02
210	4,87	4,82
240	4,80	4,81
270	4,66	4,65
300	4,60	-

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.8, se muestra la variación del pH en función del tiempo en el proceso de fermentación del yogurt batido sin pulpa; se realizó en función de los resultados de la tabla 4.22.



Fuente: elaboración propia

Figura 4.8: Variación del pH en la etapa de fermentación del yogurt batido sin pulpa

En la figura 4.8, se puede observar que la muestra YC tiene un pH inicial de (6,65) y muestra YD un pH (6,70); durante los primeros 90 minutos la tendencia de descenso es lenta, llegando alcanzar un valor de (6,44) para ambas muestras; pasando los 90

minutos las muestras experimentan un descenso de pH, donde YC presenta un valor de (4,87) y YD (4,82) para un tiempo de 210 minutos; transcurridos los 210 minutos la tendencia de descenso disminuye donde la muestra YD presenta un valor de (4,65) en 270 minutos y la muestra YC un valor de (4,60) a los 300 minutos en donde termina el proceso de fermentación.

4.6 Control fisicoquímico de la pulpa de calabaza durante el almacenamiento

Para realizar el control de acidez, pH y sólidos solubles de la pulpa de calabaza se almacenaron muestras con conservante (PC) y muestras sin conservante (PS) durante 64 días.

4.6.1 Control de acidez de la pulpa de calabaza durante el almacenamiento

En la tabla 4.23, se muestran los resultados de acidez de la pulpa de calabaza realizados en muestras con conservante (PC) y sin conservante (PS); extraídos de (tabla I.1) y (Anexo I) para los 64 días de almacenamiento. La técnica para la determinación de acidez se muestra en el (Anexo I).

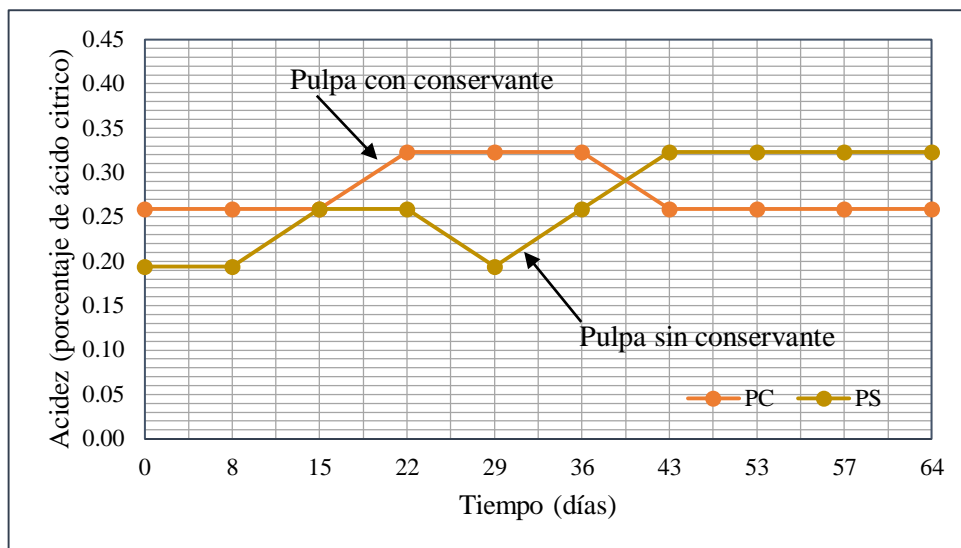
Tabla 4.23

Variación de acidez de la pulpa de calabaza durante el almacenamiento

Tiempo (días)	Acidez (Porcentaje de ácido cítrico)	
	PC	PS
1	0,26	0,19
8	0,26	0,19
15	0,26	0,26
22	0,32	0,26
29	0,32	0,19
36	0,32	0,26
43	0,26	0,32
53	0,26	0,32
57	0,26	0,32
64	0,26	0,32

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.9, se muestra la variación de la acidez en función del tiempo de la pulpa de calabaza durante el almacenamiento; se graficó en función de los resultados de la tabla 4.23.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.9: Variación de acidez de pulpa de calabaza durante almacenamiento

En la figura 4.9, se puede observar que la muestra PC inicia con un valor de acidez 0,26% de ácido cítrico y la muestra PS con un valor de 0,19%; en los primeros 15 días la muestra PC presenta acidez constante de 0,26% y la muestra PS asciende a un valor de 0,26%; pasando los 15 días hasta llegar a los 29 días la muestra PC presenta un incremento de acidez con un valor de 0,32% y la muestra PS presenta descenso con un valor de 0,19%; transcurridos 36 días la muestra PC tiene una acidez constante con un valor de 0,26% y la muestra PS asciende a un valor de 0,26%; al llegar a los 43 días desciende la acidez de la muestra PC con un valor de 0,26% y la muestra PS aumenta la acidez con un valor de 0,32%; desde los 43 días hasta llegar a 64 días la acidez de la muestra PC se mantiene constante con valor de 0,26% y la muestra PS también presenta un valor constante de 0,32%.

4.6.2 Control de pH de la pulpa de calabaza durante el almacenamiento

En la tabla 4.23, se muestra los resultados de pH de la pulpa de calabaza que se realizó para las muestras con conservante (PC) y sin conservante (PS).

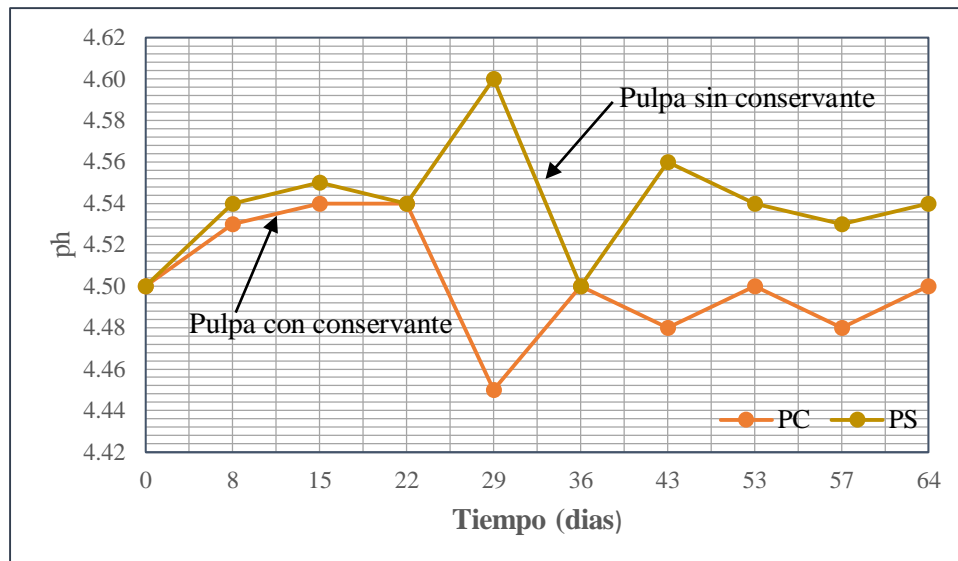
Tabla 4.24

Variación de pH de la pulpa de calabaza durante el almacenamiento

Tiempo (días)	pH	
	PC	PS
1	4,50	4,50
8	4,53	4,54
15	4,54	4,55
22	4,54	4,54
29	4,49	4,60
36	4,50	4,50
43	4,48	4,56
53	4,50	4,54
57	4,48	4,53
64	4,50	4,54

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.10, se muestra la variación del pH en función del tiempo de la pulpa de calabaza durante el almacenamiento; en función de los resultados de la tabla 4.24.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.10: Variación del pH de la pulpa de calabaza en almacenamiento

En la figura 4.10, se puede observar que la muestra PC inicia con un valor de pH (4,50) y la muestra PS con un pH (4,50) ; en los primeros 15 días la muestra PC presenta un ascenso de pH a (4,54) y la muestra PS asciende a un valor de (4,55); pasando los 15 días hasta llegar a los 29 días la muestra PC presenta un descenso de pH con un valor de (4,49) y la muestra PS presenta un incremento de pH a (4,60); transcurridos 36 días la muestra PC tiene un incremento de pH a (4,50) y la muestra PS desciende a un valor (4,50); llegando a los 43 días la muestra PC vuelve a descender el valor de pH a (4,48) y la muestra PS asciende a un valor de (4,56). Al llegar los 64 días la muestra PC presenta un valor de pH de (4,50) y la muestra PS un valor de pH (4,54).

4.6.3 Control de sólidos solubles de la pulpa de calabaza durante el almacenamiento

En la tabla 4.25, se muestra los resultados de los sólidos solubles de la pulpa de calabaza que se realizó para las muestras con conservante (PC) y sin conservante (PS).

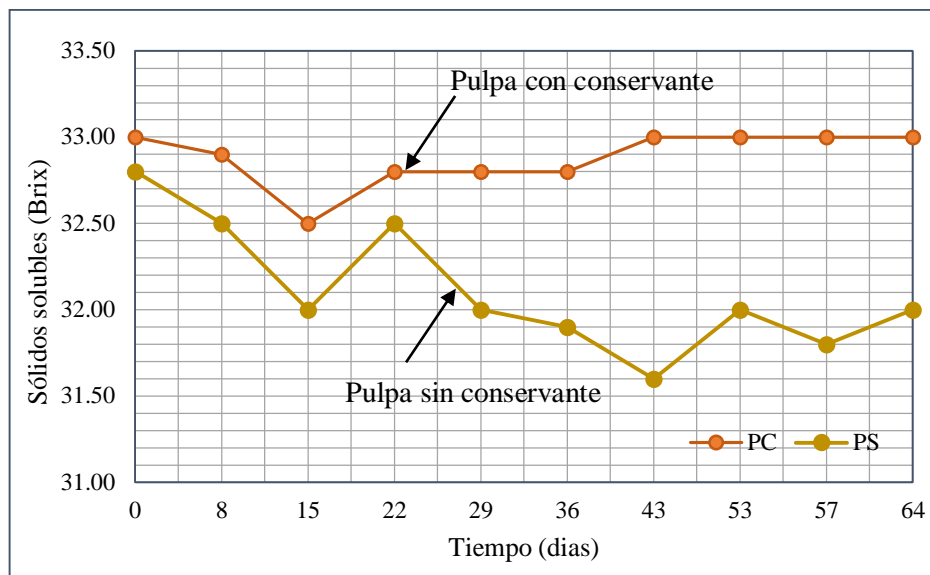
Tabla 4.25

Variación de sólidos solubles de la pulpa de calabaza durante el almacenamiento

Tiempo (días)	Sólidos solubles (Brix)	
	PC	PS
1	33,0	32,8
8	32,9	32,5
15	32,5	32,0
22	32,8	32,5
29	32,8	32,0
36	32,8	31,9
43	33,0	31,6
53	33,0	31,8
57	33,0	32,0
64	33,0	32,0

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.11, se muestra la variación de los sólidos solubles en función del tiempo de la pulpa de calabaza durante el almacenamiento; en función de los resultados de la tabla 4.25.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.11: Variación de sólidos solubles de la pulpa de calabaza en almacenamiento

En la figura 4.11, se puede observar que la muestra PC tiene un valor inicial de sólidos solubles de (33,0°Brix) y la muestra PS con un valor (32,8); en los primeros 15 días ambas muestras presentan un descenso de sólidos solubles llegando la muestra PC a un valor de (32,5°Brix) y la muestra PS a un valor de (32,0°Brix); pasando los 15 días hasta llegar a los 22 días la muestra PC experimenta un ascenso de sólidos solubles con un valor de (32,5) y la muestra PS también asciende a un valor de (32,5°Brix); transcurridos 43 días la muestra PC continúa con el ascenso de sólidos solubles presentando un valor de (33°Brix) y la muestra PS continúa con el descenso presentando a un valor (31,6°Brix); Al llegar a los 64 días la muestra PC presenta un valor de sólidos solubles de (33,0°Brix) y la muestra PS un valor de (32°Brix).

4.7 Control de la acidez y pH del yogurt batido durante el almacenamiento

Para realizar el control de acidez y pH del yogurt batido sin pulpa se almacenaron en refrigeración (4°C) las muestras con conservante (YC) y muestras sin conservante (YS) durante 24 días, donde se hizo el seguimiento de acidez y pH de las muestras cada tres días por semana.

4.7.1 Control de acidez del yogurt batido durante el almacenamiento

En la tabla 4.26, se muestra los resultados de acidez del yogurt batido en el almacenamiento que se realizó para la muestra con conservante (YC) extraídos de la (tabla G.2) y sin conservante (YS) de la (tabla G.3) del (Anexo G).

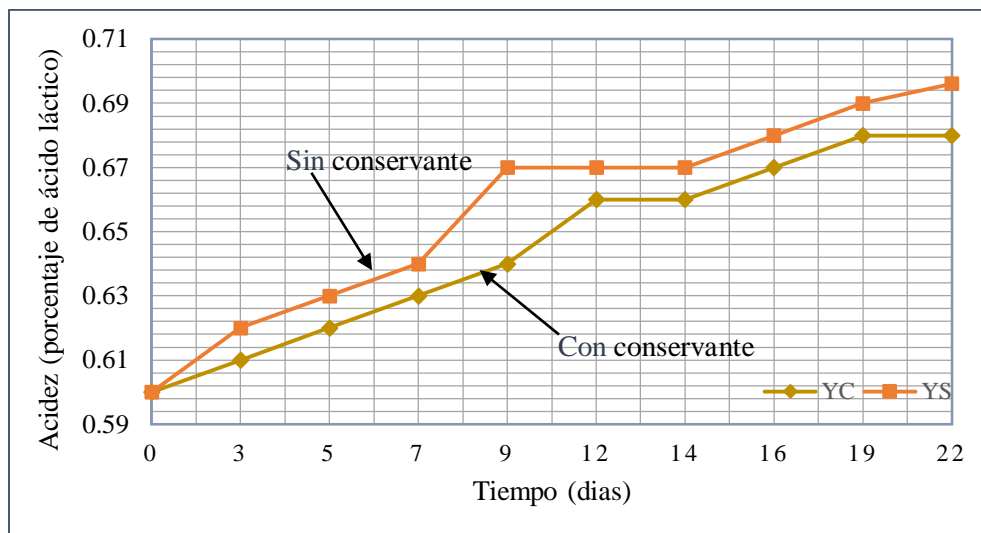
Tabla 4.26

Valores de acidez de las muestras de yogurt batido en almacenamiento

Tiempo (días)	Muestras (% Ácido láctico)	
	YC	YS
1	0,60	0,60
3	0,61	0,62
5	0,62	0,63
7	0,63	0,64
9	0,64	0,67
12	0,66	0,67
14	0,66	0,67
16	0,67	0,68
19	0,68	0,69
22	0,68	0,70

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.12, se muestra la variación de la acidez en función del tiempo del yogurt batido durante el almacenamiento; se realizó en función de los resultados de la tabla 4.26.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.12: Variación de acidez de yogurt batido sin pulpa durante el almacenamiento

En la figura 4.12, se puede observar que la muestra YC y YS presentan una acidez inicial de (0,60%); en el transcurso de 7 días el ascenso de acidez que presenta la muestra YC es de 0,63% de ácido láctico y la muestra YS un valor de 0,64% de ácido láctico; a los 9 días la muestra YC continua con el ascenso de acidez con un valor de 0,64% de ácido láctico y la muestra YS también continúa ascendiendo presentando un valor de 0,67% de ácido láctico; transcurridos 14 días la muestra YC presenta un valor de acidez de 0,66% y la muestra YS 0,67% de ácido láctico. A los 22 días se puede observar el ultimo valor acidez llegando a alcanzar la muestra YC a 0,68% de ácido láctico y la muestra YS un valor de 0,70% de ácido láctico.

4.7.2 Control de pH del yogurt batido durante el almacenamiento

En la tabla 4.27, se muestra los resultados de pH del yogurt batido en el almacenamiento que se realizó para las muestras con conservante (YC) y sin conservante (YS).

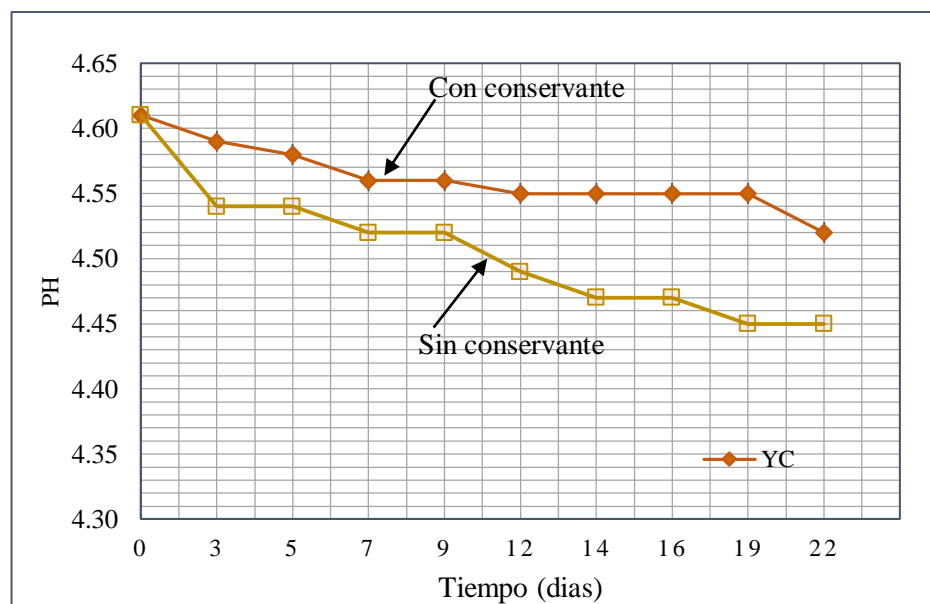
Tabla 4.27

Valores de pH de las muestras de yogurt batido en almacenamiento

Tiempo (días)	pH	
	YC	YS
1	4,61	4,61
3	4,59	4,54
5	4,58	4,54
7	4,56	4,52
9	4,56	4,52
12	4,55	4,49
14	4,55	4,47
16	4,55	4,47
19	4,55	4,45
22	4,52	4,45

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.13, se muestra la variación del pH en función del tiempo del yogurt batido sin pulpa durante el almacenamiento; se realizó en función de los resultados de la tabla 4.27.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.13: Variación de pH de yogurt batido sin pulpa durante el almacenamiento

En la figura 4.13, se puede observar que la muestra YC y YS presentan un pH inicial de (4,61); en el transcurso de 5 días el descenso de pH que presenta la muestra YC es de (4,56) y la muestra YS un valor de (4,52); a los 9 días la muestra YC continua con el descenso de pH con un valor de (4,56) y la muestra YS también continúa con el descenso presentando un valor de (4,52); transcurridos 14 días la muestra YC presenta un valor de pH de (4,55) y la muestra YS un valor de (4,47). A los 22 días se puede observar el ultimo valor pH llegando a alcanzar la muestra YC a un valor de (4,52) y la muestra YS un valor de (4,45).

4.8 Caracterización del producto terminado

Para la caracterización del yogurt batido con pulpa de calabaza se tomó en cuenta los siguientes aspectos:

4.8.1 Análisis fisicoquímico del yogurt batido con pulpa de calabaza

En la tabla 4.28, se muestran los resultados del análisis fisicoquímico del yogurt batido con pulpa de calabaza extraídos del (Anexo A), realizados en el CEANID perteneciente a la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Tabla 4.28

Análisis fisicoquímico del yogurt batido con pulpa de la calabaza

Parámetros	Valores	Unidades
Proteína total (N _x 6,38)	3,01	%
Grasa	3,36	%
Hidratos de carbono	14,06	%
Ceniza	0,62	%
Humedad	78,95	%
Solidos totales	21,05	%
Acidez (ácido láctico)	0,76	%
pH (20 °C)	4,30	-
Valor energético	98,52	Kcal/100 g
Calcio	111,00	mg/100g
Potasio	152,00	mg/100g

Fuente: CEANID, 2019

En la tabla 4.28, se observan los resultados del análisis fisicoquímico del yogurt batido con pulpa de calabaza donde el contenido de proteína total es de 3,01%, grasa

3,36%, hidratos de carbono 14,06%, ceniza 0,62%, humedad de 78,95%, sólidos totales 21,05%, acidez como ácido láctico 0,76%, pH 4,30 valor energético 98,52 Kcal/100 g, calcio 111 mg/100g y potasio 152 mg/100g.

4.8.2 Análisis microbiológico del yogurt batido con pulpa de calabaza

En la tabla 4.29, se muestran los resultados del análisis microbiológico del yogurt batido con pulpa de calabaza extraídos del (Anexo A), realizados en el CEANID perteneciente a la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Tabla 4.29

Análisis microbiológicos del yogurt batido con pulpa de calabaza

Parámetros	Valores	Unidades
Coliformes fecales	$<1,0 \times 10^1$	UFC/g
Colifomes totales	$<1,0 \times 10^1$	UFC/g
Sthaphylococcus aureus	$<1,0 \times 10^1$	UFC/g

Fuente: CEANID, 2019

En la tabla 4.29, se observan los resultados obtenidos de los análisis microbiológicos del yogurt batido con pulpa de calabaza en donde presenta: coliformes fecales $<1,0 \times 10^1$ UFC/ ml, Colifomes totales $<1,0 \times 10^1$ UFC/g y Sthaphylococcus aureus $<1,0 \times 10^1$ UFC/g.

4.9 Control de la acidez y pH del yogurt batido con pulpa de calabaza durante el almacenamiento

Para realizar el control de acidez y pH del yogurt batido con pulpa de calabaza se almacenaron en refrigeración (4°C) las muestras con conservante y muestras sin conservante durante 24 días, donde se hizo el seguimiento de acidez y pH de las muestras cada tres días por semana.

4.9.1 Control de acidez del yogurt batido con pulpa de calabaza durante el almacenamiento

En la tabla 4.30, se muestra los resultados de acidez del yogurt batido con pulpa de calabaza en el almacenamiento que se realizó para las muestras con conservante (YC) y sin conservante (YS); extraídos de la (tabla G4) y (Anexo G).

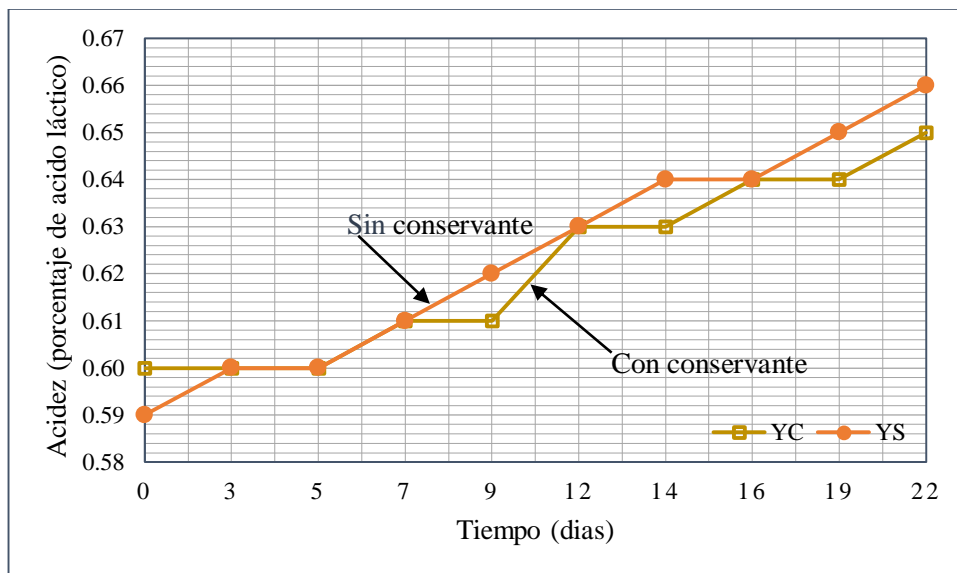
Tabla 4.30

Valores de acidez de las muestras de yogurt batido con pulpa de calabaza durante el almacenamiento

Tiempo (días)	Acidez (porcentaje de ácido láctico)	
	YC	YS
0	0,60	0,59
3	0,60	0,60
5	0,60	0,60
7	0,61	0,61
9	0,61	0,62
12	0,63	0,63
14	0,63	0,64
16	0,64	0,64
19	0,64	0,65
22	0,65	0,66

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.14, se muestra la variación de la acidez en función del tiempo del yogurt batido con pulpa de calabaza durante el almacenamiento; en función a los datos de la tabla 4.30.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.14: Variación de acidez de yogurt batido con pulpa de calabaza en el almacenamiento

En la figura 4.14, se puede observar que la muestra YC presenta una acidez inicial de 0,60% y la muestra YS un valor de 0,59% de ácido láctico; en el transcurso de 5 días la muestra YC tiene un valor constante de acidez con un valor de 0,60% de ácido láctico y la muestra YS asciende la acidez a un valor de 0,60% de ácido láctico; pasando los 5 días y llegando a los 9 días la muestra YC presenta un ascenso de acidez con un valor de 0,61% de ácido láctico y la muestra YS continua con el ascenso de acidez con un valor de 0,62% de ácido láctico; transcurridos 14 días la muestra YC presenta un ascenso de acidez con un valor de 0,63% y la muestra YS continua con el ascenso con un valor de 0,67% de ácido láctico. A los 22 días se puede observar el ultimo valor acidez llegando a alcanzar la muestra YC a 0,65% de ácido láctico y la muestra YS un valor de 0,66% de ácido láctico.

4.9.2 Control de pH del yogurt batido con pulpa de calabaza durante el almacenamiento

En la tabla 4.30, se muestra los resultados de pH del yogurt batido con pulpa de calabaza en el almacenamiento que se realizó para las muestras con conservante (YC) y sin conservante (YS).

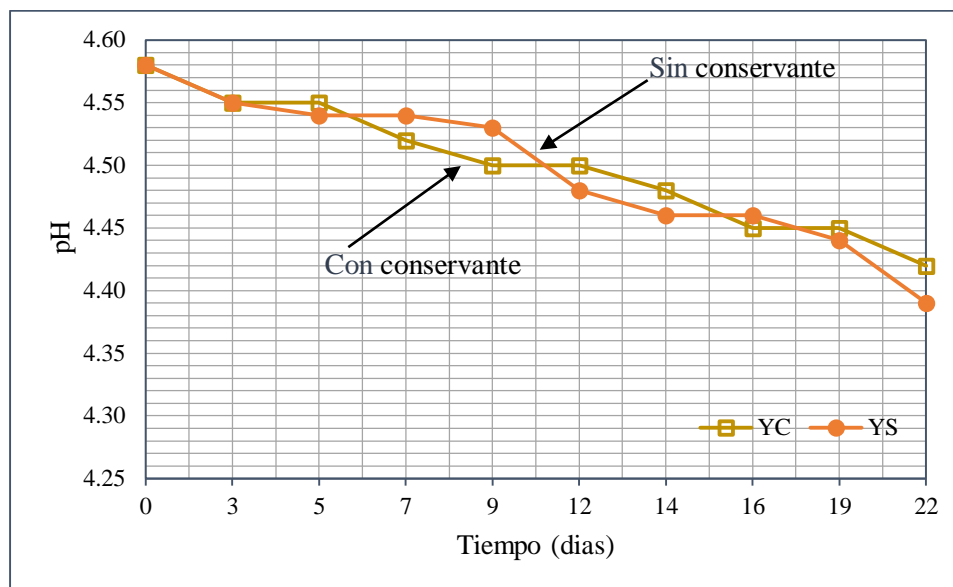
Tabla 4.31

Valores de pH de las muestras de yogurt batido con pulpa de calabaza durante el almacenamiento

Tiempo (días)	pH	
	YC	YS
1	4,58	4,58
3	4,55	4,55
5	4,55	4,54
7	4,52	4,54
9	4,50	4,53
12	4,50	4,48
14	4,48	4,46
16	4,45	4,46
19	4,45	4,44
22	4,42	4,39

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.15, se muestra la variación del pH en función del tiempo del yogurt batido con pulpa de calabaza durante el almacenamiento; en función a los datos de la tabla 4.31.



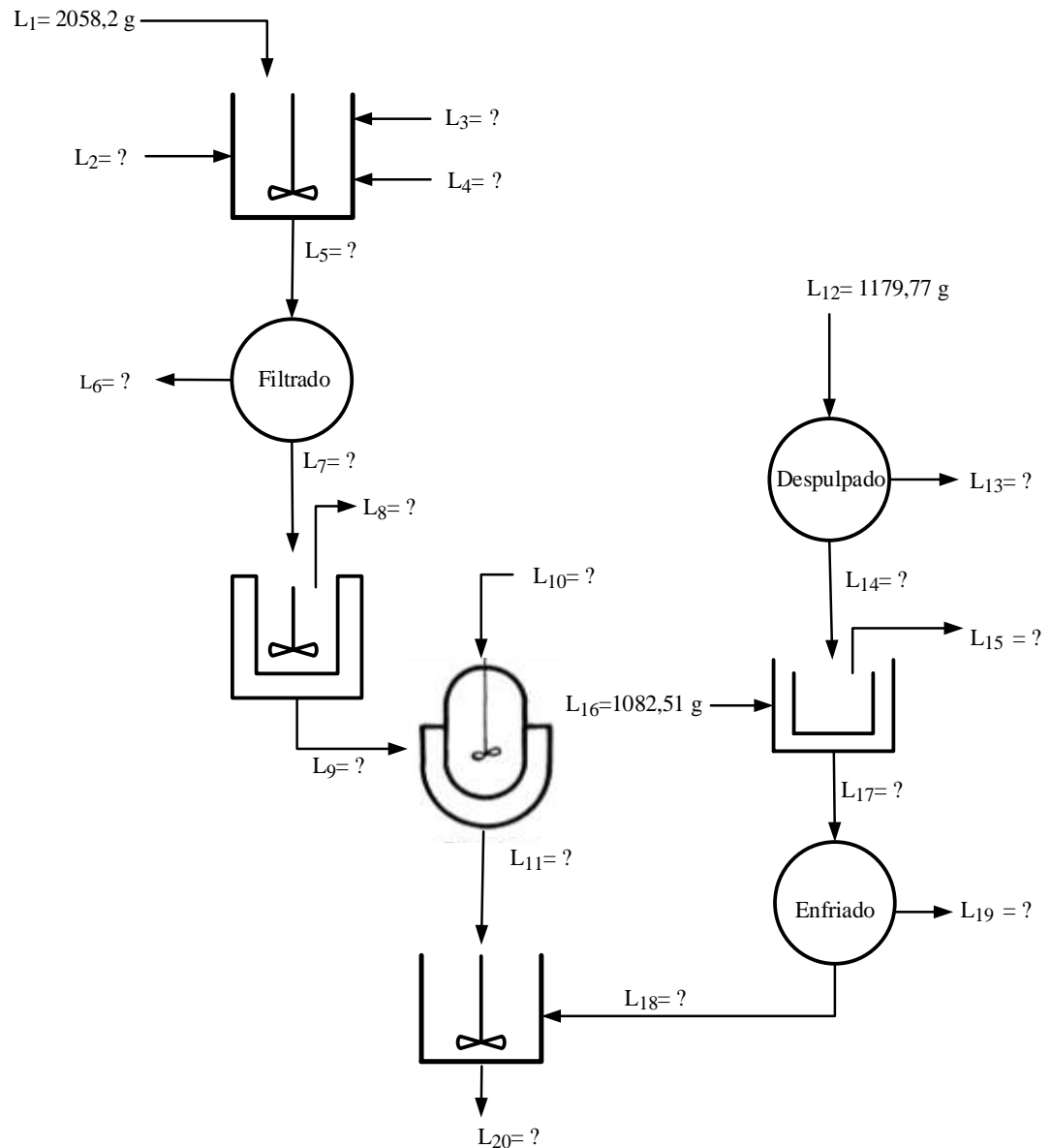
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.15: Variación de pH de yogurt batido con pulpa de calabaza en el almacenamiento

En la figura 4.15, se puede observar que la muestra YC y la muestra YS presentan un pH inicial de (4,58); en el transcurso de 5 días la muestra YC experimenta un descenso de pH con un valor (4,55) y la muestra YS también tiene un descenso de pH con un valor de (4,54); pasando los 5 días y llegando a los 9 días la muestra YC continúa con el descenso de pH con un valor de (4,50) y la muestra YS también continúa con el descenso de pH presentando un valor de (4,53); transcurridos 14 días el valor de pH que presenta la muestra YC es de (4,48) y la muestra YS con un valor de (4,46). Al llegar a los 22 días se puede observar el último valor de pH llegando a alcanzar la muestra YC un valor de (4,42) de ácido láctico y la muestra YS un valor de (4,39).

4.10 Balance de materia del proceso de elaboración de yogurt batido con pulpa de calabaza

El balance de materia del proceso de elaboración de yogurt batido con pulpa de calabaza se realizó para una base de cálculo de 2 litros de leche y para su resolución se tomó en cuenta el diagrama de flujo de la (figura 4.16).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.16: Diagrama flujo del balance de materia en el proceso de elaboración de yogurt batido con pulpa de calabaza

Donde:

L₁= Leche entera (g)

L₂= Azúcar (g)

L₃= Leche en polvo (g)

L₄= Gelatina neutra (g)

L₅= Leche estandarizada (g)

L₆= Impurezas (g)

L₇= Leche filtrada (g)

L₈= Agua evaporada (g)

L₉= Leche pasteurizada (g)

L₁₀= Cultivo lácteo (g)

L₁₁= Yogurt (g)

L₁₂= Calabaza (g)

L₁₃= Porción no comestible (g)

L₁₄= Pulpa de calabaza (g)

L₁₅= Agua evaporada (g)

L₁₆= Jarabe (g)

L₁₇= Pulpa concentrada (g)

L₁₈= Pulpa concentrada para el yogurt

L₁₉= Pulpa para envasar (g)

L₂₀= Yogurt con pulpa de calabaza (g)

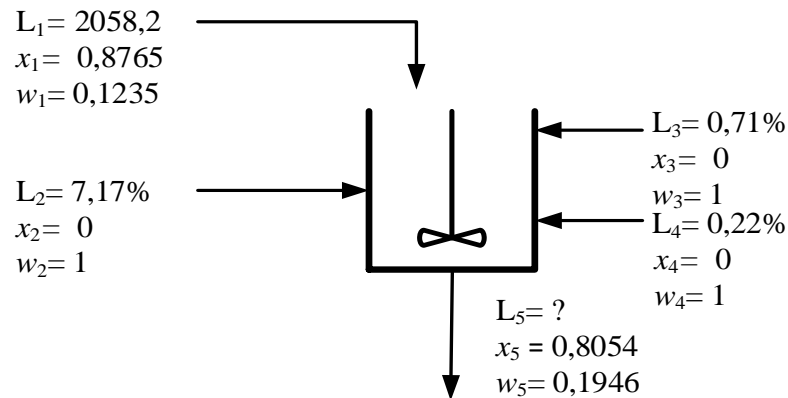
x = Concentración en fase líquida

w = concentración en fase sólida

ρ = Densidad (g/ml)

4.10.1 Balance de materia en la etapa de estandarización

En la figura 4.17, se muestra la etapa de estandarización de la leche, donde se tomó en cuenta la cantidad de leche entrante con una densidad de 1,0291 g/ml para realizar el balance de materia.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.17: Etapa de estandarización

- **Balance de materia general en la etapa de estandarización**

$$L_5 = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 \quad \text{Ecuación 4.1}$$

- **Balance parcial para el componente agua**

$$L_5 x_5 = L_1 x_1 + L_2 x_2 + L_3 x_3 + L_4 x_4 \quad \text{Ecuación 4.2}$$

$$L_5 (0,8054) = 2058,2 \text{ g} (0,8765) + L_2 (0) + L_3 (0) + L_4 (0)$$

Despejando L5:

$$L_5 = \frac{2058,2 \text{ g} (0,8765) + L_2 (0) + L_3 (0) + L_4 (0)}{0,8054}$$

$$L_5 = 2239,8 \text{ g}$$

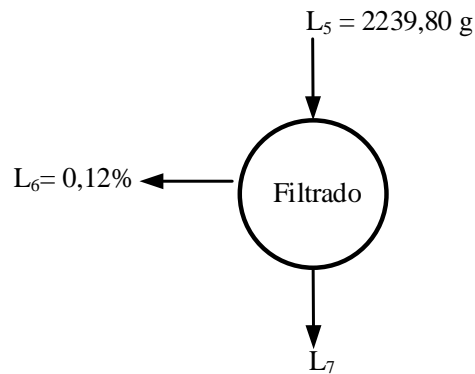
$$L_2 = 2239,80 \text{ g} (0,0717) \quad L_2 = 160,60 \text{ g}$$

$$L_3 = 2239,80 \text{ g} (0,0071) \quad L_3 = 16 \text{ g}$$

$$L_4 = 2239,80 \text{ g (0,0022)} \quad L_4 = 5 \text{ g}$$

4.10.2 Balance de materia en la etapa de filtración

En la figura 4.18, se muestra la etapa de filtración de la leche estandarizada donde se tomó en cuenta la cantidad de leche estandarizada y el porcentaje de impurezas para realizar el balance de materia.



Fuente: Elaboración propia
Figura 4.18: Etapa de filtración

- **Balance general de materia en la etapa de filtración**

$$L_5 = L_6 + L_7 \quad \text{Ecuación 4.3}$$

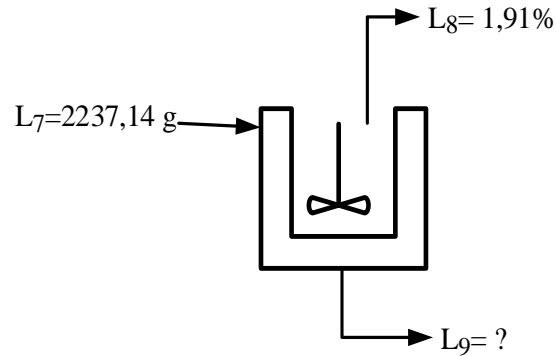
$$L_5 = 2239,80 \text{ g}$$

$$L_6 = 2239,80 (0,0012) \quad L_6 = 2,66 \text{ g}$$

$$L_7 = 2239,80 (0,9988) \quad L_7 = 2237,14 \text{ g}$$

4.10.3 Balance de materia en la etapa de pasteurización

En la figura 4.19, se muestra la etapa de pasteurización de la leche, donde se tomó en cuenta la cantidad de leche filtrada entrante para realizar el balance de materia.



Fuente: Elaboración propia
Figura 4.19: Etapa de pasteurización

- **Balance general de materia en la etapa de pasteurización**

$$L_7 = L_8 + L_9 \quad \text{Ecuación 4.4}$$

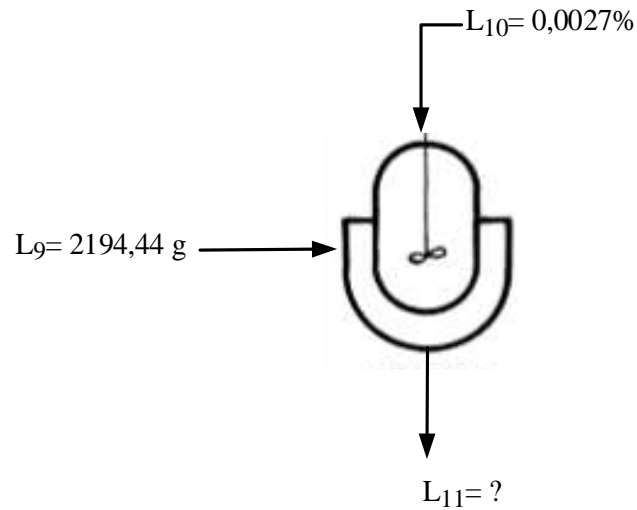
$$L_7 = 2237,14 \text{ g}$$

$$L_8 = 2237,14 \text{ g (0,0191)} \quad L_8 = 42,7 \text{ g}$$

$$L_9 = 2237,14 \text{ g (0,9809)} \quad L_9 = 2194,44 \text{ g}$$

4.10.4 Balance de materia en la etapa de inoculación

En la figura 4.20, se muestra la etapa de inoculación de la leche pasteurizada para realizar el balance de materia se tomó en cuenta la cantidad de leche pasteurizada.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.20: Etapa de inoculación

- **Balance general de materia en la etapa de inoculación**

$$L_{11} = L_9 + L_{10}$$

Ecuación 4.5

$$L_9 = 2194,44 \text{ g}$$

$$L_9 = L_{11} (0,9973)$$

Despejando L_{11}

$$L_{11} = \frac{1005}{0,9171} = 2194,5 \text{ g}$$

Remplazando L_{11} en la ecuación 4.5

$$2194,5 \text{ g} = 2194,44 \text{ g} + L_{10}$$

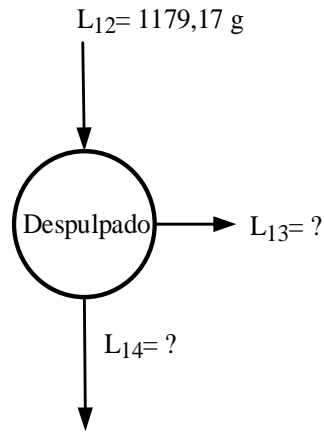
Despejando L_{10}

$$L_{10} = 2194,5 \text{ g} - 2194,44 \text{ g}$$

$$L_{10} = 0.060 \text{ g}$$

4.10.5 Balance de materia en la etapa despulpado

En la figura 4.21, se muestra la etapa de despulpado de la calabaza donde se tomó en cuenta 1179,17 g de calabaza y el porcentaje de porción no comestible de 33,96% para realizar el balance de materia



Fuente: Elaboración propia
Figura 4.21: Etapa de despulpado

- **Balance general de materia en la etapa de despulpado**

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

Ecuación 4.6

- Balance parcial de la porción comestible

$$L_{12} w_{12}^{PC} = L_{13} w_{13}^{PC} + L_{14} w_{14}^{PC}$$

$$1179,77 \text{ g } (0,64) = L_{13} (0) + L_{14} (1)$$

$$L_{14} = 1179,77 \text{ g } (0,64)$$

$$L_{14} = 755,05 \text{ g}$$

- Balance parcial de la porción no comestible

$$L_{12} x_{12}^{PNC} = L_{13} x_{13}^{PNC} + L_{14} x_{14}^{PNC}$$

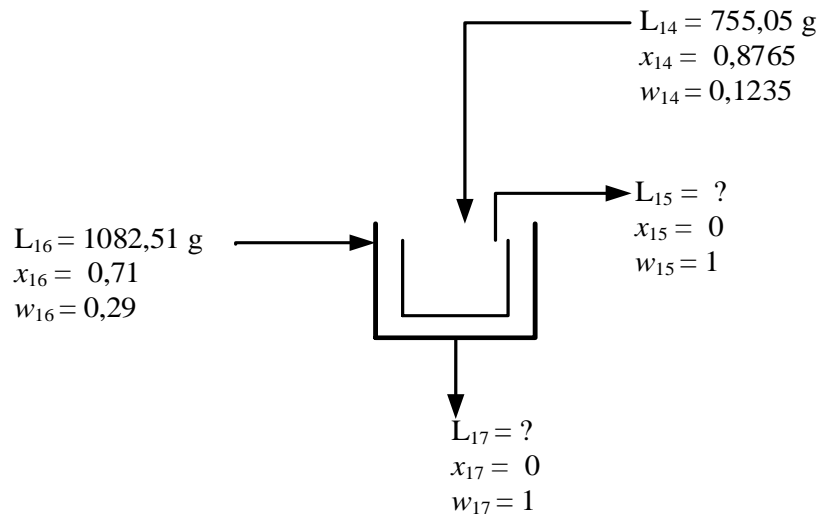
$$1179,77 \text{ g } (0,36) = L_{13} (1) + L_{14} (0)$$

$$L_{13} = 1179,77 \text{ g } (0,36)$$

$$L_{13} = 424,72 \text{ g}$$

4.10.6 Balance de materia en la etapa de concentrado de la pulpa

En la figura 4.22, se muestra la etapa de concentrado de la pulpa de calabaza para realizar el balance de materia se tomó en cuenta la cantidad de porción comestible (755,05 g) y la cantidad de jarabe.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.22: Etapa de concentrado de la pulpa

- **Balance general de materia en la etapa de concentrado**

$$L_{14} + L_{16} = L_{15} + L_{17}$$

Ecuación 4.7

- **Balance parcial de componente agua**

$$L_{14} x_{14} + L_{16} x_{16} = L_{15} x_{15} + L_{17} x_{17}$$

$$755,05 \text{ g} (0,1235) + 1082,51 \text{ g} (0,29) = L_{15} (0) + L_{17} (0,33)$$

Despejando L_{17} :

$$L_{17} = \frac{755,05 \text{ g} (0,1235) + 1082,51 \text{ g} (0,29)}{0,33}$$

$$L_{17} = 1233,87 \text{ g}$$

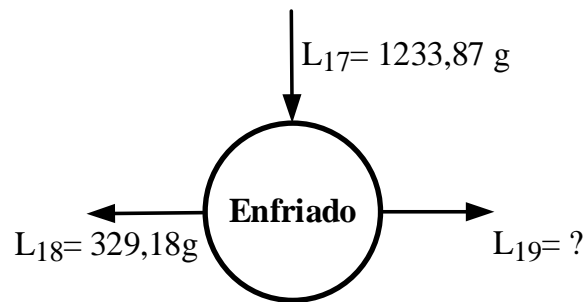
$$L_{15} = L_{14} + L_{16} - L_{17}$$

$$L_{15} = 755,05 \text{ g} + 1082,51 \text{ g} - 1233,87 \text{ g}$$

$$L_{15} = 603,69 \text{ g}$$

4.10.7 Balance de materia en la etapa de enfriado de la pulpa

En la figura 4.23, se muestra la etapa de enfriado de la pulpa de calabaza para realizar el balance de materia se tomó en cuenta la cantidad de pulpa concentrada (1233,87 g).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.23: Etapa de enfriado de la pulpa

- **Balance general de materia en la etapa de enfriado de la pulpa**

$$L_{17} = L_{18} + L_{19}$$

Ecuación 4.8

Despejando L_{18} de la Ecuación 4.8

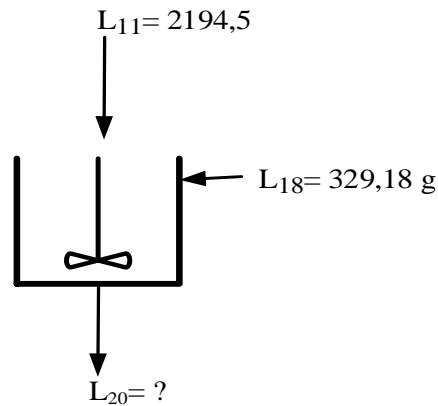
$$L_{19} = L_{17} - L_{18}$$

$$L_{19} = 1233,87 \text{ g} - 329,18 \text{ g}$$

$$L_{19} = 904,69 \text{ g}$$

4.10.8 Balance de materia en la etapa de batido

En la figura 4.24, se muestra la etapa de batido del yogurt, donde se tomó en cuenta la cantidad de yogurt y pulpa concentrada para realizar el balance de materia.



Fuente: Elaboración propia
Figura 4.24: Etapa de batido

- **Balance general de materia en la etapa de batido**

$$L_{20} = L_{11} + L_{18}$$

Ecuación 4.9

$$L_{11} = 2194,5 \text{ g}$$

$$L_{18} = 329,18 \text{ g}$$

Reemplazando en la Ecuación 4.9 se tiene:

$$L_{20} = 2194,5 \text{ g} + 329,18 \text{ g}$$

$$L_{20} = 2523,68 \text{ g}$$

- **Calculo del rendimiento del yogurt batido**

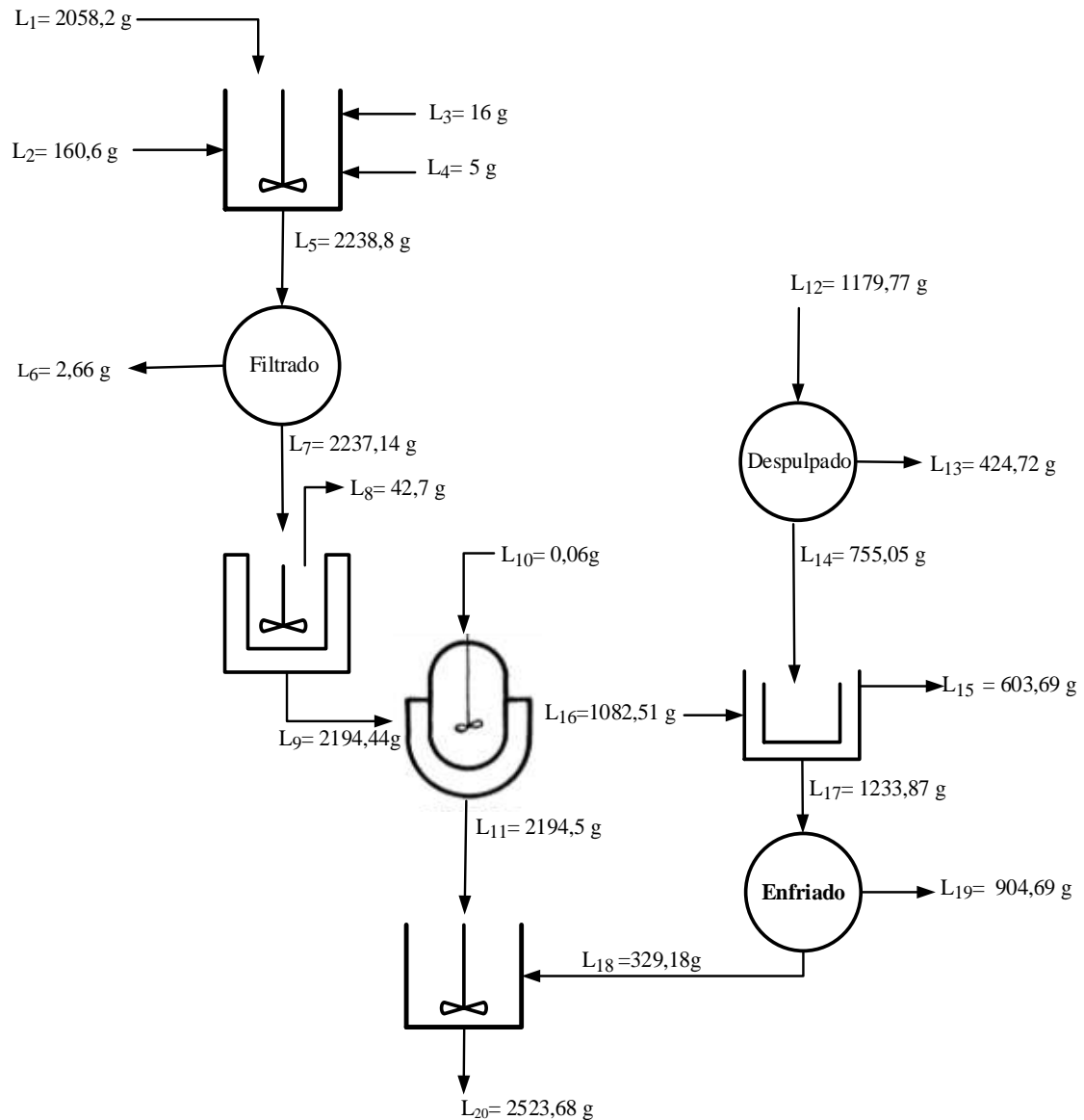
El rendimiento del yogurt batido se calculó de la siguiente manera:

$$r = \frac{\text{Producto obtenido}}{\text{Proceso de estandarizado}} * 100$$

$$r = \frac{2058,2 \text{ g}}{2194,5 \text{ g}} * 100 = 93,79 \%$$

4.10.9 Resumen del balance de materia del yogurt batido con pulpa de calabaza

En la figura 4.25, se muestra el resumen del balance de materia del yogurt batido con pulpa de calabaza.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.25: Resumen del balance de materia del proceso de elaboración de yogurt batido con pulpa de calabaza

4.11 Balance de energía para el proceso de elaboración de yogurt batido con pulpa de calabaza

Para realizar el balance de energía en el proceso de elaboración de yogurt batido con pulpa de calabaza se tomó en cuenta la etapa de pasteurización e inoculación.

Según (Barderas, 1994), el balance de energía en equipos de transferencia de calor se detalla de la siguiente manera:

$$L1(\epsilon c1 + \epsilon p1 + V1 + PV1) + Q - L2(\epsilon p2 + \epsilon c2 + \mu2 + PV2) = T + 2F + \frac{dv4}{d\theta}$$

$$L(U1 + PV1) + Q = L2(U2 + PV2)$$

$$L1(H1)Q - L2(H2) = 0$$

$$L1(H1 - H2) + Q = 0$$

$$-(L1(H1 - H2)) = -Q$$

$$Q = L1\Delta H$$

$$\Delta H = Cp\Delta T$$

$$Q = L1Cp\Delta T \quad \text{Ecuación 4.10}$$

Según (Gutierrez, 2013) el principio de la conservación de la energía está dado por:

$$\int_0^Q dQ = mCp \int_{T1}^{T2} dT$$

$$Q = mCp (T2 - T1)$$

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

$$Q_{Total} = -Q_{cedido} + Q_{ganado} \quad \text{Ecuación 4.11}$$

Según (Barderas, 2013), para calcular los calores latentes en cambio de fase:

$$Q1 = L1\Delta H \quad \text{Ecuación 4.12}$$

Según (Barderas, 1994), para calcular la energía se toma en cuenta la siguiente ecuación:

$$E = P * t \quad \text{Ecuación 4.13}$$

Según (Ramírez, 2000) para calcular el calor específico de un alimento toma en cuenta la siguiente ecuación:

$$C_p = (4,180 * a) + (1,711 * p) + (1,928 * g) + (1,547 * c) + (0,908 * \zeta)$$

$$\text{Ecuación 4.14}$$

Donde:

a = fracción másica del agua

p = fracción másica de la proteína

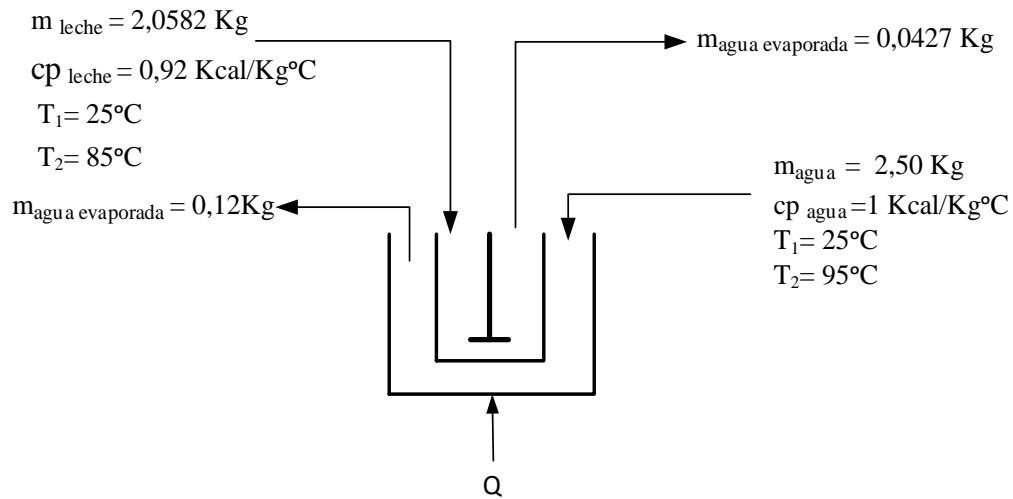
g = fracción másica de la grasa

c = fracción másica de carbohidratos

ζ = fracción másica de las cenizas

4.11.1 Balance de energía en la etapa de pasteurización

En la figura 4.26, se muestra el balance de energía de la etapa de pasteurización para realizar el balance de energía



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.26: Balance de energía en la etapa de pasteurización

El calor específico la leche se calculó con la (Ecuación 4.14)

$$C_{p_{leche}} = (4,180 * 0,8765) + (1,711 * 0,03030) + (1,928 * 0,041) + (1,547 * 0,0452) + (0,908 * 0,007)$$

$$C_{p_{leche}} = 3,87 \frac{Kj}{Kg^{\circ}C} = 0,92 \frac{Kcal}{Kg^{\circ}C}$$

Para calcular la cantidad de energía requerida para calentar el recipiente 2, se utilizó la (Ecuación 4.10)

Donde:

$$m_{recipiente2} = 1,540 \text{ Kg}$$

$$c_{p_{recipiente2}} = 0,122 \frac{Kcal}{Kg^{\circ}C}$$

$$Q_{recipiente 2} = 1,540 \text{ Kg} * 0,122 \frac{Kcal}{Kg^{\circ}C} * (95-25)^{\circ}C$$

$$Q_{recipiente 2} = 90,30 \text{ Kcal}$$

Para calcular la energía requerida para calentar el agua del baño María se utilizó la siguiente ecuación:

$$Q_{\text{agua}} = m_{\text{agua}} * c_{p \text{ agua}} * (T_2 - T_1) + m_{\text{agua evaporada}} * \lambda_{\text{agua}}$$

Donde:

$$c_{p \text{ agua}} = 1 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}}$$

$$\lambda_{\text{agua}} = 551,29 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}$$

$$m_{\text{agua evaporada}} = 0,12 \text{Kg}$$

$$Q_{\text{agua}} = m_{\text{agua}} * c_{p \text{ agua}} * (T_2 - T_1) + m_{\text{agua evaporada}} * \lambda_{\text{agua}}$$

$$Q_{\text{agua}} = 2,50 \text{ Kg} * 1 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} * (95 - 25)^\circ\text{C} + 0,12 \text{ Kg} * 551,29 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}}$$

$$Q_{\text{agua}} = 228,65 \text{ Kcal}$$

Para calcular la cantidad de energía requerida para calentar el recipiente 1, se utilizó la (Ecuación 4.10)

Donde:

$$m_{\text{recipiente1}} = 0,892 \text{ Kg}$$

$$c_{p \text{ recipiente1}} = 0,122 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}}$$

$$Q_{\text{recipiente 1}} = 0,892 \text{ Kg} * 0,122 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} * (85 - 25)^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{recipiente 2}} = 6,53 \text{ Kcal}$$

Para calcular la cantidad de energía necesaria para calentar la leche, se utilizó la siguiente ecuación:

$$Q_{\text{Leche}} = m_{\text{leche}} * c_{p \text{ leche}} * (T_2 - T_1) + m_{\text{agua evaporada}} * \lambda_{\text{agua}}$$

Donde:

$$c_p \text{ leche} = 0,92 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}}$$

$$\lambda_{\text{agua}} = 551,29 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}$$

$$m_{\text{agua evaporada}} = 0,0427 \text{ Kg}$$

$$m_{\text{leche}} = 2,0582 \text{ Kg}$$

$$Q_{\text{leche}} = 2,0582 \text{ Kg} * 0,92 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} * (85-25)^\circ\text{C} + 0,0427 \text{ Kg} * 551,29 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}}$$

$$Q_{\text{leche}} = 135,27 \text{ Kcal}$$

Para calcular el calor necesario para realizar la pasteurización de la leche, se utilizó la (Ecuación 4.11)

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{recipiente2}} + Q_{\text{agua}} + Q_{\text{leche}} + Q_{\text{recipiente1}}$$

$$Q_{\text{total}} = 90,30 \text{ Kcal} + 228,65 \text{ Kcal} + 6,53 \text{ Kcal} + 135,27 \text{ Kcal}$$

$$Q_{\text{total}} = 460 \text{ Kcal}$$

La cantidad necesaria de calor para pasteurizar la leche es de 460 Kcal

4.11.2 Energía requerida en la etapa de la fermentación

Para la fermentación se utilizó un termostato con una potencia de 270 W; para calcular la energía necesaria para realizar la fermentación por 4,5 horas se utilizó la ecuación (4.13)

$$E = 270 \frac{\text{J}}{\text{s}} * 16200$$

$$E = 4374000 \text{ J}$$

La cantidad de energía necesaria para realizar la fermentación es 1045,41 Kcal

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES
Y
RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- En base a los resultados fisicoquímicos de la leche cruda se tiene que el contenido de proteína total es de 3,03%; grasa 4,1%; hidratos de carbono 4,52%; ceniza 0,70%; humedad 87,65%; sólidos totales 12,35%; acidez como ácido láctico 0,13%; pH 6,7; valor energético 67,1 Kcal/100 g; calcio 1158 mg/100g; fósforo 266 mg/100g y magnesio 102 mg/100g.
- En base a los análisis microbiológicos de la leche cruda, se tiene la presencia de Coliformes fecales de $4,0 \times 10^2$ UFC/ ml, *Escherichia coli* $6,7 \times 10^2$ UFC/ml y ausencia de *Salmonella* P/A/25 ml.
- En base a los resultados fisicoquímicos de la calabaza (*Cucurbita moschata*) se tiene que el contenido de proteína total es de 1,42%; grasa 0,12%; hidratos de carbono 7,16%; ceniza 1,03%; humedad de 89,31%; sólidos solubles 10,60%; acidez (ácido cítrico) 0,02%, pH 7,4; valor energético 35,4 Kcal/100 g; calcio 17,3 mg/100g; 137,88 mg/100g y calcio 388 mg/100g.
- En base a los resultados obtenidos de las propiedades físicas de la calabaza (*Cucurbita moschata*), se tiene que el peso promedio es de 1179,77 g; porción comestible 636,86%; porción no comestible 36,31%; semillas 2,43% y longitud de 19,95 cm.
- Realizada la evaluación sensorial para elegir la muestra de referencia de yogurt batido con pulpa de fruta, se pudo determinar que la muestra YR3 tiene mayor preferencia por los jueces en la mayoría de sus atributos; presentando valores promedios para los atributos sabor (4,35), consistencia (4,44), color (4,10), acidez (3,90) y apariencia (3,75) en escala hedónica.
- Realizada la evaluación sensorial para elegir la muestra prototipo de yogurt batido, se pudo determinar que la muestra YD tiene mayor preferencia por los jueces en la mayoría de los atributos; presentando valores promedios para los atributos sabor (4,30), consistencia (4,05) y acidez (3,95) en escala hedónica.

- Realizada la evaluación sensorial para elegir la muestra prototipo de pulpa de calabaza, se pudo determinar que la muestra CP tiene mayor preferencia por los jueces en la mayoría de los atributos considerados; presentando valores promedios para los atributos acidez (3,70), sabor (3,70), color (4,00), aroma (3,60) y aspecto (3,7) en escala hedónica.
- De acuerdo al control de acidez y pH en el proceso de fermentación del yogurt se pudo evidenciar la variación de la acidez de la muestra YD alcanzó una acidez de (0,60% de ácido láctico) y pH (4,60) en 4,5 horas en comparación con la muestra YC alcanzó un valor de acidez (0,59% de ácido láctico) y pH (4,65) en 5 horas; indicando que para un tiempo de 4,5 horas son suficientes para realizar la fermentación.
- De acuerdo de acidez, pH y sólidos solubles de la pulpa de calabaza con conservante y sin conservante durante el almacenamiento; se observó que la muestra con conservante tiene una acidez (0,26% de ácido cítrico), pH de (4,50) y sólidos solubles de (33 °Brix) siendo valores estables en comparación de la muestra sin conservante.
- De acuerdo al control de acidez y pH del yogurt sin pulpa con conservante y sin conservante, se observó que la muestra con conservante tiene menor acidez (0,68 % de ácido láctico) y mayor pH (4,45) en comparación con la muestra sin conservante que tiene una acidez de (0,70% de ácido láctico) y un pH de (4,45); indicando que la muestra de yogurt con conservante tiene una acidificación más lenta.
- Realizado el diseño factorial 2^3 en la etapa de fermentación, se pudo evidenciar que para la interacción temperatura-tiempo existe diferencia significativa ya que $F_{cal} > F_{tab}$ se rechaza la H_0 y se puede afirmar que la interacción temperatura-tiempo son significativos e influyen en la etapa de fermentación del yogurt batido con pulpa de calabaza.

- En el control de acidez y pH del producto terminado con conservante y sin conservante, se observó que la muestra con conservante tiene menor acidez (0,65 % de ácido láctico) y mayor pH (4,42) en comparación con la muestra sin conservante que tiene una acidez de (0,66% de ácido láctico) y un pH de (4,39); indicando que la muestra con conservante tiene una acidificación más lenta.
- Realizada la evaluación sensorial del producto terminado, se pudo determinar que la muestra YS3 tiene mayor preferencia por los jueces en la mayoría de los atributos; presentando valores promedios para los atributos sabor (4,30), consistencia (4,45), aspecto (4,15), acidez (4,35) y color (4,05) en escala hedónica.
- En base a los resultados fisicoquímicos yogurt batido con pulpa de calabaza se tiene proteína total de 3,01%, grasa 3,36%, hidratos de carbono 14,06%, ceniza 0,62%, humedad de 78,95%, sólidos totales 21,05%, acidez como ácido láctico 0,76%, pH 4,30 valor energético 98,52 Kcal/100 g, calcio 111 mg/100g y potasio 152 mg/100g.
- Según los resultados del análisis microbiológico del yogurt batido con pulpa de calabaza, se tiene la presencia de Coliformes fecales $<1,0 \times 10^1$ UFC/ ml, Coliformes totales $<1,0 \times 10^1$ UFC/g y *Staphylococcus aureus* $<1,0 \times 10^1$ UFC/g.

5.2 Recomendaciones

- Para realizar nuevas investigaciones de yogurt con pulpa de calabaza (*Cucurbita moschata*), se sugiere incorporar edulcorante como ser estevia para proporcionar un producto apto para personas diabéticas y especialmente las que sufren enfermedades del hígado.
- Se recomienda realizar más trabajos de investigación del procesamiento y conservación de la calabaza (*Cucurbita moschata*) o también conocido como anco, ya que en Tarija se tiene una buena producción de calabaza, así como

también se pueda valorar esta variedad que es poco conocida en comparación con el zapallo (*Cucurbita maxima*).

- Se recomienda la implementación de una planta piloto para la elaboración de yogurt batido con pulpa de calabaza, con la finalidad de contribuir al sector agroindustrial del departamento de Tarija.