

CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La producción mundial de leche, tiene como principal representante a la Unión Europea con 24,6% del total producido y entre los países de Sud América, Brasil que ocupa el séptimo lugar a nivel mundial con 3,9% de la producción total. Bolivia, ocupa los últimos lugares con 0,05 % del total de la producción mundial. (SENASAG, 2012)

Según la Federación Departamental de Productores de Leche (FEDEPLE), Santa Cruz es el mayor productor de leche con una producción de 600000 litros/día con un porcentaje de 60,49%, seguido de Cochabamba con 260000 litros/día con porcentaje del 26,21%, por otra parte, cabe mencionar que el departamento de Tarija ocupa el sexto lugar con una producción de 17011 litros/día con un porcentaje del 1,71%. (SENASAG, 2012)

A nivel Nacional, se tienen varias empresas, como ser: Pil Andina S.A (Planta Industrializadora de Leche), que posee una capacidad instalada de 140000 litros/día en el Departamento de Cochabamba y el en Departamento de La Paz de una capacidad 55000 litros/día, produce yogurt tipo griego natural, con jalea de durazno y con jalea de frutilla. (Pil Andina S.A, 2019)

Según (Delizia Ltda, 2019), con una capacidad instalada en el Departamento de La Paz de 15000 litros/día, elabora diferentes productos entre ellos yogurt griego natural, con frutas sabor durazno y con frutas sabor fresa.

Pil Tarija S.A (Planta Industrializadora de Leche), posee una capacidad instalada de 40000 litros/día, dentro de la cual se está incorporando a los productos que elabora yogurt tipo griego con jalea de durazno (Pil Tarija S.A, 2019).

En la actualidad en el Departamento de Tarija existen pequeñas empresas que se dedican a la elaboración de derivados lácteos de forma artesanal, entre ellas:

Naprole, elabora yogurt tipo griego natural, con mermelada de frutilla, frambuesa, limón, mora, arándano, maracuyá, durazno y muesli (Naprole, 2019). Así mismo

Delacto, elabora yogurt tipo griego natural, con mermelada de mora, frambuesa, arándano, frutilla y maracuyá (Delacto, 2019).

1.2 Justificación

- El presente trabajo de investigación surge de la necesidad de elaborar un yogurt griego diferente a los que comúnmente se encuentran en el mercado local, que tradicionalmente son muy consistentes y no existe otra alternativa de este tipo de producto que permita de alguna manera que sea menos consistente y más agradable al paladar para el consumidor final.
- Se pretende elaborar un yogurt griego con pulpa de manzana nutritivo, para mejorar la dieta de los consumidores; ya que no adquieren los nutrientes diarios mínimos recomendados por el ministerio de salud como ser niños, jóvenes y ancianos.
- Con el presente trabajo de investigación, se pretende elaborar un yogurt griego que será rico en fuente de proteínas de fácil asimilación y digestión; especialmente para deportistas que pueda ayudar a mejorar una dieta saludable.
- Elaborar yogurt griego con pulpa de manzana que contenga componentes esenciales, como ser potasio, calcio entre otros minerales que pueden coadyuvar de alguna manera al correcto funcionamiento del cuerpo en niños, atletas y jóvenes.

1.3 Objetivos

Los objetivos planteados en el presente trabajo de investigación son los siguientes:

1.3.1 Objetivo general

Elaborar yogurt griego con pulpa de manzana variedad *Granny Smith*, mediante el proceso de fermentación láctica; que permita obtener un producto de calidad nutricional para la provincia Cercado.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar las características fisicoquímicas y microbiológicas de la materia prima, con la finalidad de establecer su composición química.
- Aplicar la evaluación sensorial para determinar las pruebas preliminares de la muestra ideal.
- Aplicar diseño experimental en el proceso de fermentación y tiempo de desuerado del yogurt griego sin pulpa, con el fin de establecer las variables en el proceso.
- Comparar la muestra experimental e ideal para determinar la muestra final.
- Aplicar evaluación sensorial para seleccionar muestra referencia de yogurt griego con pulpa.
- Evaluar el producto final con la muestra referencia.
- Realizar el control de acidez y pH en el proceso de fermentación y etapa de desuerado del yogurt griego sin pulpa.
- Realizar el control de acidez y pH del yogurt griego sin pulpa durante el almacenamiento.
- Realizar el control de °Brix, acidez y pH de la pulpa de manzana durante el almacenamiento.
- Determinar las características fisicoquímicas, microbiológicas y organolépticas del yogurt griego con pulpa de manzana, con la finalidad de establecer su calidad nutricional.
- Realizar el control de acidez y pH del yogurt griego con pulpa de manzana durante el almacenamiento.
- Realizar un balance de materia y energía con la finalidad de conocer las entradas y salidas de la materia y el gasto de energía a nivel experimental.

1.4 Variable independiente y dependiente

Variable independiente (VI): Proceso de fermentación láctica.

Variable dependiente (VD): Yogurt griego con pulpa de manzana.

1.5 Planteamiento del problema

En el mercado local no existe un yogurt griego de consistencia baja y además que incorpore pulpa de manzana, así mismo la mayoría de las empresas a nivel local no elaboran este tipo de producto, ya que las mismas lo hacen de manera tradicional en cuanto se refiere al atributo consistencia ya que incorporan mermelada o jalea de frutas que dan una consistencia muy espesa en comparación al que se desea elaborar en este trabajo de investigación.

La fermentación láctica de alguna manera permite incorporar insumos, como ser pulpa de manzana y otros de los cuales no se toma en cuenta al momento de colocar en el mercado un producto de características organolépticas que le permita al consumidor final contar con un producto de menor consistencia y que incorpore pulpa de manzana.

1.6 Formulación del problema

¿Cuál será el proceso de fermentación láctica a ser aplicado en la elaboración de yogurt griego con pulpa de manzana, para obtener un producto de calidad nutricional para la provincia Cercado?

1.7 Hipótesis

El proceso de fermentación láctica a ser aplicado en la elaboración de yogurt griego con pulpa de manzana permitirá obtener un producto con calidad nutricional para la provincia Cercado.

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1 Origen del yogurt griego

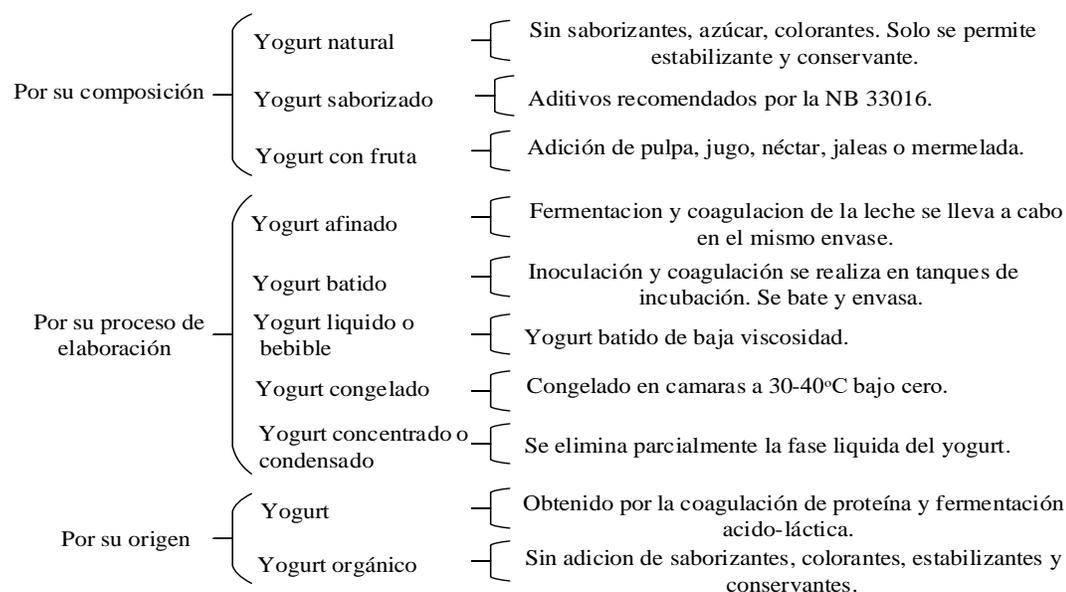
No existen registros claros del origen del Yogurt Griego, sin embargo, se cree que llegó al Mediterráneo en la Edad Media gracias a los turcos. En Grecia se extendió su consumo y se desarrolló una variedad local. El Yogurt Concentrado o Estilo Griego también conocido como Tiaourti en medio oriente, se producía en la antigüedad mediante la eliminación de una parte de suero por medio de la filtración, lo que provocaba una concentración de proteínas, minerales y otros componentes del yogurt, lo que le caracteriza. (CANILEC, 2014)

2.2 Definición de yogurt griego

“Leche fermentada concentrada, es una leche fermentada cuya proteína ha sido aumentada antes o luego de la fermentación a un mínimo del 5,6%. Las leches fermentadas concentradas incluyen productos tradicionales tales como Stragisto (yogurt colado), Labneh, Ymer e Ylette” (Codex Stan, 2011. Pág. 6).

2.3 Clasificación del yogurt en general

En la figura 2.1 se muestra la clasificación del yogurt en general.



Fuente: IBNORCA, 2006

Figura 2.1. Clasificación del yogurt en general

2.4 Composición fisicoquímica del yogurt griego concentrado

En tabla 2.1, se muestra la composición fisicoquímica del yogurt griego en 100g de porción comestible.

Tabla 2.1

Composición fisicoquímica del yogurt griego

Componentes	Unidad	Valor
Agua	g	78,0
Energía	Kcal	139,0
Proteínas	g	6,4
Hidratos de carbono	g	5,4
Lípidos	g	10,2

Fuente: CANILEC, 2014

En tabla 2.2, se muestra la composición en vitaminas y minerales del yogurt griego en 100g de porción comestible.

Tabla 2.2

Composición en minerales y vitaminas del yogurt griego

Componentes	Unidad	Valor
B1	mg	0,03
B2	mg	0,36
B3	mg	1,60
B6	mg	0,05
B9	µg	6,00
B12	µg	0,20
A	µg	121,00
D	µg	0,05
E	µg	0,38
Calcio	mg	150,00
Fósforo	mg	130,00
Zinc	mg	0,50

Fuente: CANILEC, 2014

2.5 Aplicación nutricional y terapéutica del yogurt griego

Según (CANILEC, 2014) afirma: El yogurt griego se ha establecido como un producto de alto valor nutritivo, esto debido a las propiedades nutricionales que posee al tener un alto contenido de grasa y de proteína.

- La grasa láctea aumenta su sabor, le da una consistencia más cremosa y permite el desarrollo de los bacilos.
- La proteína por su parte, ayuda a construir y reparar los músculos, además de participar en la estructura de enzimas y factores para el correcto funcionamiento del cuerpo.
- Menor cantidad de lactosa que lo hace un producto ideal para las personas intolerantes a la lactosa.
- Contiene un gran número de bacterias ácido lácticas benéficas para la salud del intestino.

2.6 Fermentación láctica

En el proceso de fermentación las bacterias ácido lácticas transforman los azúcares en ácido láctico y pequeñas cantidades de productos secundarios. Las proteínas de la leche se coagulan y precipitan, dando lugar a un producto con sabor, aroma y textura característico. (Arriaga y col, 2019)

Según (Belloda y col, 2004) manifiesta: “La producción de sabor, aroma y textura en lacticinios es debida a la fermentación de la glucosa derivada de la hidrolisis de lactosa y la fermentación del ácido cítrico que está en una proporción del 0,2% en la leche” (Pág. 17).

Según (Belloda y col, 2004) manifiesta: La producción de ácido láctico se realiza por todas las bacterias lácticas y es la fermentación más importante en la leche ya que se requiere en todos los casos realizándose en una amplitud de temperatura de 10 a 50°C, provocando la coagulación acida al llegar a un pH de 4,6 que es el punto isoeléctrico de la caseína, se puede representar de la siguiente forma:



2.7 Microorganismos del yogurt

Las bacterias esenciales del yogurt son: *Streptococcus termophilus* y el *lactobacillus bulgaricus*, que para mejor resultado deben estar presentes en aproximadamente la misma cantidad (1:1). De otra manera el yogurt podrá desarrollar defectos en consistencia, sabor y olor cuando esta mezcla se inocula, los streptococcus crecen más rápidamente que los bacilos y llegan a sobrepasarlos por 3 a 4:1 luego de una hora a 45°C pero gradualmente los bacilos aumentan en números hasta que al final del periodo de inoculación restablecen su igualdad con los streptococcus. (Artica, 2014)

El *lactobacillus bulgaricus* es una bacteria láctica homo fermentativa que se desarrolla óptimamente entre 45 y 50°C acidificando fuertemente el medio. Puede formar hasta 2.7 % de ácido láctico en la leche. El *streptococcus termophilus* se multiplica entre 37 y 40 °C, pero también se desarrolla a 50°C. Es una especie homo fermentativa termo resistente, que sobrevive a un calentamiento a 65°C durante 30 min. Es mucho menos acidificante que la especie lactobacillus, puede ser destruida por un jugo termo resistente. Ambos gérmenes son microaerófilos y soportan muy bien los medios ácidos (pH de 4 a 4,5). (Artica, 2014)

En el yogurt conviven en estrecha simbiosis. Cuando se cultiva conjuntamente producen más ácido láctico que cuando crecen aislados. El *lactobacillus bulgaricus* favorece el desarrollo del *streptococcus thermophilus*. El lactobacilo proteolítico obtiene ciertos aminoácidos de la caseína, las cuales activan el desarrollo del streptococcus, la valina es uno de los más importantes. (Artica, 2014)

Al comienzo, el pH de la leche es favorable al streptococcus y éstos predominan y ponen en marcha la fermentación láctica. La reciprocidad de esta simbiosis por parte del *streptococcus thermophilus* se demuestra en que este es productor de ácido fórmico, compuesto químico estimulante del desarrollo del *lactobacillus bulgaricus*. Se ha establecido que la proporción inicial de *streptococcus thermophilus* y *lactobacillus bulgaricus* es de 3 a 2. (Artica, 2014)

2.8 Suero del yogurt griego

El yogurt es un gel formado por un líquido (suero de la leche) en un sólido (red de proteínas formado por los agregados de caseína). Parte del líquido se encuentra absorbido en el sólido de forma enlazada. El resto del agua queda atrapada entre el sólido. Cuando se estabiliza el gel este es filtrado o centrifugado para producir yogurt griego obteniéndose como subproducto el suero ácido. El suero contiene proteínas como la lactoalbúmina o la lactoglobulina, que presentan un valor biológico elevado. Además, es rico en calcio y fósforo, en una proporción adecuada para la correcta asimilación por nuestro organismo. (Nogues, 2016)

En tabla 2.3, se muestra las características fisicoquímicas y propiedades nutricionales del suero resultante del yogurt griego.

Tabla 2.3

Características fisicoquímicas y propiedades nutricionales del suero resultante del yogurt griego

Indicador	Unidad	Valor
Acidez	%	0,370
pH	----	4,350
Densidad	g/ml	1,025
Grasa	%	0,280
Sólidos totales	%	6,420
Proteína bruta	%	0,910
Calcio	%	0,350
Fósforo	%	0,380

Fuente: Miranda et al, 2016

2.9 Materia prima para la elaboración de yogurt griego con pulpa de manzana

La materia prima para la elaboración de yogurt griego es la siguiente:

2.9.1 Leche

“Leche es la secreción mamaria normal de animales lecheros obtenida mediante uno o más ordeños sin ningún tipo de adición o extracción, destinada al consumo en forma de leche líquida o a elaboración ulterior” (Codex Stan, 1999. Pág. 1).

2.9.2 Características físicas y químicas de la leche entera

Las características físicas y químicas de la leche entera se detallan a continuación:

2.9.2.1 Propiedades físicas de la leche entera

La leche es un líquido de sabor ligeramente dulce; es de color opalescente que, sin embargo, en un determinado volumen aparece blanco, aspecto que resulta de la dispersión de la luz producida por las micelas de fosfocaseinato de calcio. La leche contiene dos pigmentos principales: el caroteno, colorante amarillo de la fase grasa, por lo que la leche descremada, careciendo de dicho pigmento, presenta un color blanco-azulado; b) la riboflavina, pigmento amarillo-verdoso fluorescente que se encuentra en el suero. Cuando la proporción de caseína micelar disminuye, la leche adquiere un color grisáceo. (Estrada & Gutiérrez, 2011)

Algunas propiedades físicas de la leche como su densidad, viscosidad y tensión superficial dependen de sus constituyentes; otras como el índice de refracción y el punto crioscópico, dependen de las sustancias en solución; finalmente, otras como el pH y la conductividad, dependen únicamente de los iones o de los electrones, como es el caso del potencial de óxido-reducción. (Estrada & Gutiérrez, 2011)

a) Densidad

La densidad de la leche de una especie determinada no es un valor constante, sino que varía con la temperatura y depende de dos factores: de la concentración de elementos disueltos y en suspensión (la densidad aumenta cuando el contenido de sólidos aumenta) y de la cantidad de grasa (la densidad disminuye cuando el contenido de grasa aumenta), es decir: la leche descremada tiene mayor densidad, mientras que la adición de agua a la leche hace que la densidad disminuya. La densidad de las leches es variable. Los valores medios pueden estar entre 1,030 y 1,033 g/ml a 20°C para la leche de vaca. (Estrada & Gutiérrez, 2011)

b) Tensión superficial

La presencia de sustancias orgánicas en la leche explica la disminución de su tensión

superficial con relación a la del agua. Además, la tensión superficial disminuye al aumentar la temperatura. En promedio, a una temperatura de 15°C, la leche entera tiene (47 – 53) din/cm y la leche descremada tiene (52 – 57) din/cm (mientras que el agua tiene 75 din/cm). (Estrada & Gutiérrez, 2011)

c) **Viscosidad**

Se puede traducir como la resistencia de los líquidos al flujo. Ésta disminuye (de forma más marcada que la tensión superficial) con el aumento de la temperatura; además aumenta cuando el pH de la leche disminuye debajo de 6,0. La viscosidad depende también de la presión: en un líquido newtoniano como la leche normal, la velocidad de flujo es proporcional a la presión. La leche es mucho más viscosa que el agua debido sobre todo a los glóbulos de grasa y las macromoléculas; así, cualquier modificación en el porcentaje de grasa y/o proteínas en la leche se refleja en un cambio en la viscosidad. A 10°C, la leche entera tiene 2,8 centipoise y la leche descremada tiene 2,5 centipoise; mientras que, a 30°C, la leche entera tiene 1,65 centipoise y la leche descremada tiene 1,35 centipoise. (Estrada & Gutiérrez, 2011)

d) **Índice de refracción**

El aumento del índice de refracción en la leche es la suma de los aumentos dados por cada componente. La contribución de las sales es despreciable y la grasa que se encuentra fuera de la fase continua no interviene por lo que se prepara un suero para medir este índice. (Estrada & Gutiérrez, 2011)

e) **Índice crioscópico (punto de congelación)**

Se basa en la Ley de Raoult, que señala que tanto el descenso crioscópico como el ascenso ebulloscópico están determinados por la concentración molecular de las sustancias disueltas. Al enfriar una solución diluida se alcanza eventualmente una temperatura en la cual el solvente sólido (solute) comienza a separarse. Dicha temperatura se conoce como punto de congelación de la solución (NOM 155). La leche congela a menos de 0°C ya que las sustancias disueltas disminuyen el punto de congelación del solvente. El punto de congelación de la leche varía poco y es una de

las medidas más constantes de la leche, siendo de $-0,530^{\circ}\text{H}$ a $-0,560^{\circ}\text{H}$ para la leche de vaca. (Estrada & Gutiérrez, 2011)

f) Punto de ebullición

Por la causa arriba descrita, la leche hierve sobre los 100°C (a nivel del mar (entre $100,17^{\circ}\text{C}$ y $100,5^{\circ}\text{C}$); sin embargo, con el calentamiento se dan variaciones en el equilibrio: iones \leftrightarrow moléculas \leftrightarrow micelas que influyen en el resultado. En la práctica, este valor no se mide. (Estrada & Gutiérrez, 2011)

g) Conductividad eléctrica

Se sabe que el agua ofrece una considerable resistencia al paso de la corriente eléctrica y su conductividad específica es muy débil: $0,5 \times 10^{-6}$ mho (inverso de ohm/cm). En la leche, la presencia de electrolitos (cloruros, fosfatos, citratos) principalmente, y luego, de iones coloidales, disminuye la resistencia al paso de corriente. La conductividad de la leche varía con la temperatura. A 25°C los valores medios están entre 40×10^{-4} y 50×10^{-4} mho (inverso de ohm/cm). La adición de agua disminuye la conductividad mientras que la acidificación de la leche la aumenta. (Estrada & Gutiérrez, 2011)

h) pH y acidez

La leche generalmente tiene una acidez de 1,3 a 1,7 g/l expresada en ácido láctico. La acidez normal de la leche se debe principalmente a su contenido de caseína (0,05 – 0,08%) y de fosfatos. También contribuyen a la acidez el dióxido de carbono (0,01 – 0,02%), los citratos (0,01%) y la albúmina (menos de 0,001%). La acidez se mide con base a una titulación alcalina con hidróxido de sodio 0,1 N utilizando fenolftaleína como indicador o, en su caso, un potenciómetro para detectar el pH de 8,3 que corresponde al fin de la titulación. El pH de la leche está en promedio entre 6,6 y 6,8 a 20°C , mientras que su acidez titulable está entre 14 y 21 a esta misma temperatura. Las leches pueden tener el mismo pH y por lo tanto la misma estabilidad en los tratamientos industriales y tener el mismo grado de “frescura” y sin embargo, presentar diferente grado de acidez y viceversa. (Estrada & Gutiérrez, 2011)

i) Potencial de óxido-reducción (redox)

Diversos factores intervienen en las propiedades oxido - reductoras de la leche como el oxígeno disuelto, la xantino-oxidación o la aldehído-reducción; la desnaturalización de las proteínas del suero de leche con la aparición de compuestos sulfurados; el ácido ascórbico, la riboflavina, la cisteína, el pH y probablemente la lactosa y la caseína. La leche fresca tiene un potencial redox positivo entre + 0,20 y + 0,30 V. (Estrada & Gutiérrez, 2011)

2.9.2.2 Propiedades químicas de la leche entera

En la tabla 2.4, se muestra la composición de la leche entera de vaca por 100g de porción comestible.

Tabla 2.4

Composición de la leche entera de vaca

Componentes	Unidad	Valor
Energía	Kcal	65,00
Agua	ml	88,60
Proteínas	g	3,30
Grasas	g	3,70
Hidratos de carbono	g	5,00
Calcio	mg	121,00
Vitamina B2	mg	0,20
Niacina	mg	0,80
Vitamina B12	mcg	0,30
Vitamina A	mcg	48,00
Vitamina D	mcg	0,03
Grasas saturadas	g	2,20
Grasas monoinsaturadas	g	1,20
Grasas poliinsaturadas	g	0,10
Colesterol	mg	14,00

Fuente: AEMP, 2010

a) Agua

El contenido de agua de la leche de las diferentes especies de mamíferos puede variar del 36 al 90,5%; sin embargo, normalmente representa el 87% del contenido total de la leche. Dicha variación se debe a la alteración de cualquiera de sus otros componentes:

proteínas, lactosa y, sobre todo, grasa. Por su importante contenido de agua, la leche permite que la distribución de sus componentes sea relativamente uniforme y de esta forma cualquier cantidad de leche, por pequeña que sea, contiene casi todos los nutrimentos disponibles. (Estrada & Gutiérrez, 2011)

b) Grasa

Los lípidos figuran entre los constituyentes más importantes de la leche, ya que confieren características únicas de sabor, contenido nutrimental y propiedades físicas. La grasa de la leche es una buena fuente de energía y un excelente medio de transporte de las vitaminas liposolubles A, D, E, y K. El caroteno, precursor de la vitamina A, da a la leche el color “crema”. (Estrada & Gutiérrez, 2011)

La fracción grasa de la leche se presenta en forma de glóbulos microscópicos de unas 4,4 μ m de diámetro en forma de emulsión. Tanto el contenido total de lípidos como el de ácidos grasos puede variar como respuesta a cambios en la dieta, raza del animal y el estado de lactancia entre un 3 y un 6%, aunque típicamente el contenido de grasa puede estar entre 3,5% y 4,7%. El factor que más influye en el contenido de lípidos en la leche es, en definitiva, la especie animal. (Estrada & Gutiérrez, 2011)

La composición grasa de la leche está conformada en su mayoría por triglicéridos (98%), diacilglicerol (2%), colesterol (menos del 0,5%), fosfolípidos (alrededor del 1%) y ácidos grasos libres (0,1%). Debido a que la grasa de la leche se encuentra relativamente emulsificada, es de fácil digestión. (Estrada & Gutiérrez, 2011)

c) Proteínas

La función primaria de las proteínas lácteas es el aporte suficiente de aminoácidos indispensables y de nitrógeno orgánico para la síntesis y reparación de tejidos y otras proteínas de importancia biológica. La leche de vaca es considerada una excelente fuente de proteínas de alto valor biológico, ya que contiene los diez aminoácidos indispensables. (Estrada & Gutiérrez, 2011)

La fracción de proteínas de la leche corresponde regularmente al (3-4)% y se distinguen dos categorías principales que se definen por su composición química y propiedades físicas: la caseína, que constituye (29-70) % de las proteínas de la leche, contiene fósforo y coagula o se precipita a un pH de 4,6; y las seroproteínas (proteínas del suero de la leche), que representan el 20% restante, no contienen fósforo sino sulfuro y permanecen en solución en la leche a un pH de 4,6. (Estrada & Gutiérrez, 2011)

d) Lactosa

Es el principal hidrato de carbono de la leche, y la contiene en un 4,5% aproximadamente. Es un 85% menos dulce que la sacarosa o azúcar común y contribuye, junto con las sales, en el sabor global de la leche, siendo las cantidades de lactosa y sales inversamente proporcionales. La lactosa es fácilmente transformada en ácido láctico por la acción de bacterias. La cantidad de leche que se sintetiza en los mamíferos depende de la lactosa producida. Para el ser humano, la lactosa constituye la única fuente de galactosa, un importante constituyente de los tejidos nerviosos. (Estrada & Gutiérrez, 2011)

e) Minerales

La leche aporta elementos minerales indispensables para el organismo humano y es la fuente más importante de calcio biodisponible de la dieta. Su buena absorción se da gracias a la presencia de lactosa y de vitamina D y a su unión con los fosfopéptidos derivados de la hidrólisis de la caseína, además de que la adecuada relación calcio: fósforo (mayor a la unidad) favorece su absorción en el intestino humano. Por ello se considera que la leche de vaca es la mejor fuente de calcio tanto para el crecimiento de los huesos en jóvenes como para el mantenimiento de la integridad ósea en los adultos. (Estrada & Gutiérrez, 2011)

f) Vitaminas

Según (Estrada & Gutiérrez, 2011), manifiesta “la leche contiene una gran cantidad de vitaminas en diferente proporción” (Pág. 30).

- **Vitaminas liposolubles:** tanto la leche como los productos lácteos son considerados una importante fuente alimentaria de vitamina A; dicha vitamina interviene en funciones relacionadas con la visión, expresión génica, desarrollo embrionario, crecimiento, reproducción e inmunocompetencia. Tanto la vitamina A como sus precursores llamados carotenoides -principalmente b-caroteno- están presentes en distintas cantidades en la fracción grasa de la leche. (Estrada & Gutiérrez, 2011)
- **Vitaminas hidrosolubles:** tanto la leche como sus derivados contienen la gran mayoría de las vitaminas solubles en distintas cantidades, aunque destacan el contenido de vitamina B2 (riboflavina) y niacina; la leche aporta en menor cantidad vitamina B1 (tiamina), vitamina B6 (piridoxina) y ácido fólico. (Estrada & Gutiérrez, 2011).

2.10 Manzana variedad *Granny Smith*

Según (Fittante, 2009), manifiesta que: “originalmente fue cultivada en Australia por una señora mayor llamada María Sherwood Smith; de ahí su nombre de *Granny Smith*. “Granny” significa “abuelita” en inglés” (Pág. 428).

Según (Gil, 2010), manifiesta que: “variedad de origen australiano que compite en el mercado con la Golden Delicious. Su piel es de color verde intenso, con numerosas lenticelas de color blanquecino. El fruto es casi esférico, de carne blanca y ligeramente acida” (Pág. 181).

En la tabla 2.5, se muestra la composición de la manzana variedad *Granny Smith* por 100g de porción comestible.

Tabla 2.5***Composición de la manzana variedad Granny Smith***

Componentes	Unidad	Valor
Calorías	kcal	41,5
Hidratos de carbono	g	10,5
Fibra	g	1,5
Potasio	mg	110,0
Magnesio	mg	4,0
Provitamina A	mcg	1,5
Vitamina C	mg	4,0
Vitamina E	mg	0,5

Fuente: Ferro, 2019

2.10.1 Propiedades para la salud de la manzana

Según (Ferro, 2019), manifiesta que: “la manzana es la fruta por excelencia, ya que es bien tolerada por la mayoría de las personas y combina sin problemas con cualquier otro alimento” (Pág. 194).

Las propiedades antioxidantes de la manzana se deben a los elementos fotoquímicos que contiene, más abundante en la piel, en concreto, polifenoles (quercitina, flavonoides). Los antioxidantes neutralizan los radicales libres, reduciendo o incluso evitando parte de los daños que estos provocan en el organismo. Los radicales libres aumentan las peligrosas acciones del colesterol LDL, que puede dar lugar a la formación de aterosclerosis, al acumularse en los vasos sanguíneos; puede producir una alteración genética y dañar proteínas y grasas corporales, reduciendo la funcionalidad de las células y contribuyendo a aumentar el riesgo de cáncer. Por tanto, su composición en sustancias antioxidantes, las manzanas están especialmente recomendadas en dietas de prevención de riesgo cardiovascular, enfermedades degenerativas y cáncer. (Ferro, 2019)

Según (Ferro, 2019), manifiesta que: “el contenido en potasio de las manzanas las convierte en una fuente diurética, recomendada en el tratamiento diurético de diversas enfermedades cardiovasculares, como la hipertensión arterial u otras enfermedades asociadas a la retención de líquidos” (Pág. 195).

La manzana es una fruta muy rica en pectina, fibra soluble. Solamente una quinta parte de pectina de la manzana se encuentra en la piel de la fruta, el resto en la pulpa, por lo que al pelarla se pierde una pequeña cantidad. La pectina tiene la particularidad de retener agua, y se le atribuyen efectos benéficos en caso de diarrea ya que hace más lento el tránsito intestinal. (Ferro, 2019)

2.11 Pulpa de frutas

“La parte comestible de la fruta entera, según corresponda, sin cáscara, piel, semillas, pepitas y partes similares, cortada en rodajas (rebanadas) o machacadas, pero sin reducirla a un puré” (Codex Stan, 2009. Pág. 2).

2.11.1 Clasificación de las pulpas de frutas

La clasificación de las pulpas de frutas se detalla a continuación:

- **Pulpa de fruta concentrada**

“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 para la pulpa” (NTC, 2012. Pág. 4).

- **Pulpa de fruta extraída con agua**

“Producto que se obtiene por difusión con agua de fruta pulposa entera, cuyo jugo (zumo) no puede extraerse por procedimientos físicos o fruta deshidratada entera. El producto resultante podrá ser concentrado y reconstituido” (NTC, 2012. Pág. 4).

- **Pulpa de fruta concentrada clarificada**

Producto obtenido mediante la eliminación física del agua de la pulpa de fruta en una cantidad suficiente para elevar el nivel de grados Brix en un 50 % más que el valor de grados Brix de la pulpa en su estado natural y al cual se le han eliminado los sólidos insolubles por medios físicos y/o enzimáticos. (NTC, 2012)

- **Pulpa de fruta edulcorada**

“Producto elaborado con pulpa de fruta, concentrado o no, que contiene mínimo 60 % de fruta y que está adicionado con edulcorantes calóricos o no calóricos permitidos en la normativa sanitaria vigente” (NTC, 2012. Pág. 4).

2.12 Insumos para la elaboración de yogurt griego con pulpa de manzana

Los insumos necesarios para la elaboración de yogurt griego con pulpa de manzana se detallan a continuación:

2.12.1 Azúcar blanco

“Sacarosa purificada y cristalizada (sucrosa) con una polarización no menor de 99,7°Z” (Codex Stan, 1999. Pág. 1).

El azúcar en el yogurt tiene dos funciones principales, la fermentación y darle aroma. Las bacterias se alimentan de los azúcares de la leche, que descomponen en glucosa y galactosa también se alimentan del azúcar añadido para producir dicha fermentación. Es aconsejable añadir el azúcar antes de proceder al tratamiento térmico, ya que así se garantiza la destrucción de las formas vegetativas de los microorganismos contaminantes, mohos y levaduras e incluso de algunas esporas. (Romero & Mestres, 2004)

2.12.2 Leche evaporada

“Se entiende por leches evaporadas los productos obtenidos mediante eliminación parcial del agua de la leche por el calor o por cualquier otro procedimiento que permita obtener un producto con la misma composición y características” (Codex Stan, 2011. Pág. 43).

En el yogurt se agrega con la finalidad de mejorar su viscosidad y consistencia y evitar la sinéresis, también para mejorar la sensación que produce el yogurt en la boca y permite la reducción de calorías manteniendo la calidad organoléptica, puede añadirse

en concentraciones hasta el 1% teniendo en cuenta que concentraciones altas puede influir sobre el aroma y sabor. (Varnam & Sutherland, 1994)

2.12.3 Cultivo de yogurt YF-L811

Cultivo de cepas mixtas definidas que contiene *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* mezclado en una conveniente forma liofilizada para producir yogurt. Produce un yogurt con un cuerpo muy alto, sabor muy suave y muy baja post acidificación. Presentación en pellets. (Beerlap, 2019)

2.12.4 Glucosa

“D-glucosa purificada y cristalizada que contiene una molécula de agua de cristalización, con un contenido de D-glucosa de no menos de 99,5% m/m sobre peso seco y un contenido total de sólidos de no menos del 90,0% m/m” (Codex Stan, 1999. Pág. 1).

2.12.5 Ácido ascórbico

El ácido ascórbico es una cetolactona de seis carbonos, que está relacionada estructuralmente con la glucosa y otras hexosas. Contiene, además, un átomo de carbono asimétrico, lo que da lugar a la existencia de dos formas ópticamente activas, de las cuales solo el isómero L tiene actividad biológica. (Lorenzo y col, 2008)

El ácido L-ascórbico es la vitamina C, aunque, como aditivo, no se pretende su efecto vitamínico sino el químico de protección frente a las oxidaciones. Sus sales sódica o cálcica permiten aplicarlo cuando no conviene aumentar la acidez del alimento. Muy utilizado como antioxidante. (Barros, 2009)

2.12.6 Sorbato de potasio

Según (Barros, 2009), manifiesta que: “el sorbato de potasio es un polvo cristalino blanco sin ningún cambio en el color después de calentar durante 90 minutos a 105°C. De fórmula química $C_6H_7O_2K$ (E, E)-2,4-Hexadienotato de potasio y peso molecular 150,22” (Pág. 27).

El ácido sórbico, o su sal más soluble sorbato de potasio impiden el crecimiento de los hongos filamentosos en ciertos alimentos. Estos alimentos por lo general con pH de 5,5 o menor, son los más susceptibles al deterioro causado por los hongos filamentosos. Inhiben el crecimiento de los hongos filamentosos no por afectar su pH sino por interferir en el metabolismo o en la integridad de membrana citoplasmática. (Tortora et al, 2007)

2.12.7 Benzoato de sodio

Según (Barros, 2009), manifiesta que: “el benzoato de sodio es un polvo cristalino o gránulos blancos, casi inodoros. De formula química $C_7H_5O_2Na$ sal sódica del ácido bencenocarboxílico y peso molecular 144,11. Muy soluble en agua, escasamente soluble en etanol” (Pág. 30).

“El objetivo del benzoato de sodio es prevenir el deterioro evitando el desarrollo de microorganismos principalmente hongos y levaduras. Se utiliza en concentraciones 0,1% sin embargo, en ciertas cantidades altera el sabor del producto” (Chacon, 2006. Pág. 13).

2.13 Operaciones en el proceso de elaboración de yogurt griego

Las operaciones más importantes durante la elaboración de yogurt griego son las siguientes:

2.13.1 Inoculación

El cultivo iniciador se encuentra compuesto por los microorganismos *S. thermophilus* y *L. bulgaricus* en una relación 1:1, la cual garantiza una adecuada consistencia del yogurt y un agradable aroma. El cultivo iniciador se inocula en una proporción que oscila entre 1 y 5 % v/v de la cantidad de leche inicial que se utiliza. Se debe mezclar muy bien con la leche para asegurar una adecuada distribución de los microorganismos. (Hernández, 2013)

2.13.2 Fermentación

La fermentación se realiza durante un tiempo promedio de tres a seis horas, a una temperatura de 40 a 45°C. El tiempo de fermentación depende de la temperatura de incubación y de la capacidad de producción de ácido láctico de los microorganismos. El proceso se debe detener cuando se alcanza una concentración de ácido láctico entre 0,70 y 1.1% p/v. En este rango de concentración de ácido el valor del pH se encuentra entre 4,6 y 3,7. (Hernández, 2013)

2.13.3 Desuerado

El proceso de desuerado es la eliminación del suero después de la fermentación, es la etapa que diferencia el yogurt griego de otros yogures y que le da su textura cremosa característica. Debido a este proceso de concentración, el yogurt griego tiene diferencias en su contenido de nutrientes respecto al yogurt normal: mayor cantidad de proteína y menor cantidad de lactosa y calcio que se pierde con el suero. (CANILEC, 2014)

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.1 Desarrollo de la parte experimental

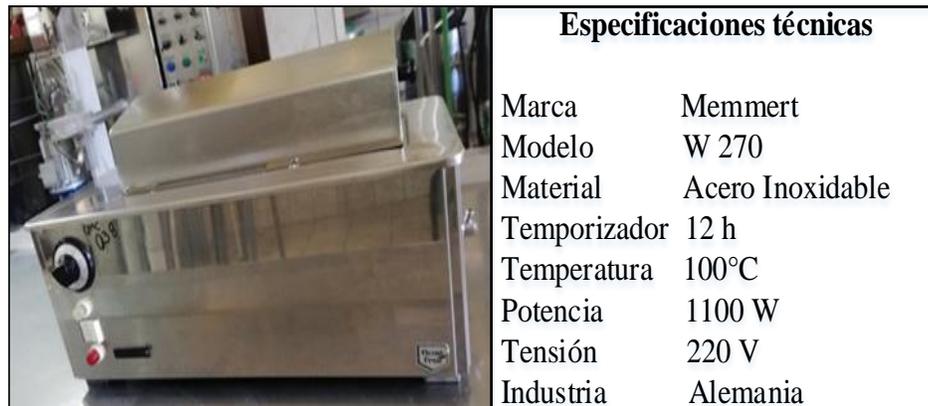
La parte experimental del presente trabajo de investigación “Yogurt griego con pulpa de manzana”, se realizaron en las instalaciones del Laboratorio Taller de Alimentos “L.T.A”; dependiente del Departamento de Biotecnología y Ciencia de los Alimentos de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”.

3.2 Equipos de proceso

Los equipos que se utilizaron para el presente trabajo de investigación se describen a continuación:

3.2.1 Baño María

El baño María (figura 3.1), se utilizó para el proceso de fermentación del yogurt.



Fuente: L.T.A, 2019

Figura 3.1. Baño María

3.2.2 Balanza digital

La balanza digital (figura 3.2), se utilizó para realizar el pesado de la materia prima e insumos alimenticios.

	Especificaciones técnicas	
	Marca	METTLER TOLEDO
Capacidad	Máx. 1510 g.e 0,1 g. Min. 0,5 g.d 10 mg	
Modelo	PB1502	
Potencia	5W	
Frecuencia	50/60 Hz	
Industria	Suiza	

Fuente: L.T.A, 2019

Figura 3.2. Balanza digital

3.2.3 Balanza analítica

La balanza analítica (figura 3.3), se utilizó para el pesado del cultivo lácteo.

	Especificaciones técnicas	
	Marca	ALLIED Fisher Scientific
Capacidad	Máx. 200 g. Min. 0,001g.	
Modelo	2200	
Frecuencia	50/60 Hz	
Industria	U.S.A.	

Fuente: L.T.A, 2019

Figura 3.3. Balanza analítica

3.2.4 pH-metro de mesa

El pH-metro (figura 3.4), se utilizó para medir el pH de la materia prima y del producto.



Fuente: L.T.A, 2019

Figura 3.4. pH-metro

3.2.5 Cocina industrial

La cocina industrial (figura 3.5), se utilizó para el pasteurizado de la leche y la concentración de la pulpa de manzana.

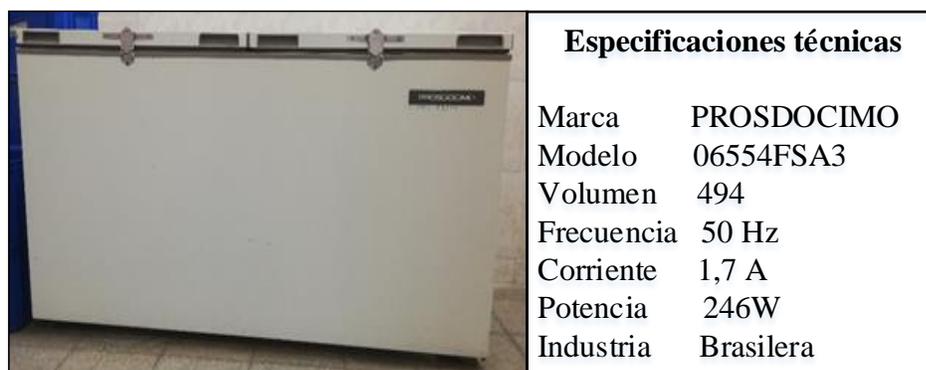


Fuente: L.T.A, 2019

Figura 3.5. Cocina industrial

3.2.6 Refrigerador tipo freezer

En el refrigerador (figura 3.6), se realizó el proceso de desuerado del yogurt y se utilizó para la conservación del producto.



Fuente: L.T.A, 2019

Figura 3.6. Refrigerador

3.3 Instrumentos y material de laboratorio

Los instrumentos y material de laboratorio que se utilizó en el proceso de elaboración de yogurt griego con pulpa de manzana son los siguientes:

3.3.1 Termómetro de alcohol

El termómetro (figura 3.7), se utilizó para la medición de la temperatura en las diferentes etapas de la elaboración del yogurt griego con pulpa de manzana.



Fuente: L.T.A, 2019

Figura 3.7. Termómetro

3.3.2 Refractómetro de bolsillo Atago

El refractómetro (figura 3.8), se utilizó para medir los sólidos solubles de la leche y del yogurt griego.



Fuente: L.T.A, 2019

Figura 3.8. Refractómetro

3.3.3 Refractómetro de bolsillo de Vee Gee

El refractómetro (figura 3.9), se utilizó para medir los sólidos de la pulpa de manzana.



Fuente: L.T.A, 2019

Figura 3.9. Refractómetro

3.3.4 Cortador de hortalizas

El cortador (figura 3.10), se utilizó para cortar la manzana en cubitos.



Fuente: L.T.A, 2019

Figura 3.10. Cortador de hortalizas

3.3.5 Material de laboratorio

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

Tabla 3.1

Material de laboratorio

Materiales	Cantidad	Capacidad	Tipo de material
Vaso de precipitación	4	100 ml	Vidrio
Piceta	1	200 ml	Plástico
Bureta	1	25 ml	Vidrio
Pinza doble nuez	1	Grande	Acero inoxidable
Soporte universal	1	Grande	Acero inoxidable
Matraz	2	100 ml	Vidrio
Varilla	1	Pequeña	Vidrio
Espátula	1	Pequeña	Aluminio
Pipeta volumétrica aforada	2	5 ml-10ml	Vidrio
Probeta	2	100 ml	Vidrio
Embudo	2	25 ml	Vidrio
Malla de amianto	1	Pequeña	Metal
Papel filtro	30	90 mm	Celulosa
Gotero	1	25 ml	Vidrio

Fuente: Elaboración propia

3.4 Utensilios de cocina

Los utensilios de cocina que se utilizaron para la elaboración de yogurt griego con pulpa de manzana, se detallan en la tabla 3.2.

Tabla 3.2

Utensilios de cocina

Utensilios	Cantidad	Capacidad	Tipo de material
Jarra con tapa	4	1000 ml	Acero inoxidable
Jarra graduada	2	1000 ml	Plástico
Recipiente	2	200 ml	Plástico
Olla	1	5000 ml	Acero inoxidable
Olla	1	3000 ml	Acero inoxidable
Paila	1	2000 ml	Acero inoxidable
Colador	4	1000 ml	Plástico
Tabla de cortar	1	Mediana	Plástico
Fuente	2	1000 ml	Plástico
Cuchillo	1	Mediano	Acero inoxidable
Cucharas	2	Medianas	Acero inoxidable
Cucharillas	2	Pequeñas	Acero inoxidable
Paleta	1	Mediana	Plástico
Mariposa perforada	1	Pequeña	Acero inoxidable
Repasadores	2	Medianos	Polietileno
Tela	4	250 cm	Gasa

Fuente: Elaboración propia

3.5 Insumos alimentarios

Los insumos que se utilizaron para la elaboración del presente trabajo, se muestran en la tabla 3.3.

Tabla 3.3

Insumos alimentarios

Insumos	Estado	Procedencia	Marca
Azúcar blanca	Refinado	Santa Cruz	Aguai
Leche evaporada	Líquido	Cochabamba	Pil Andina
Cultivo lácteo	Granulado	Santa Cruz	CHR HANSEN
Dextrosa monohidratada	Polvo	Santa Cruz	Maprial

Fuente: Elaboración propia

3.6 Aditivos alimentarios

Los aditivos que se utilizaron para la elaboración del presente trabajo, se muestran en la tabla 3.4.

Tabla 3.4

Aditivos alimentarios

Aditivos	Estado	Procedencia	Marca
Ácido ascórbico	Polvo	Santa Cruz	SOLQUIFAR
Sorbato de potasio	Granulado	Santa Cruz	SOLQUIFAR
Benzoato de sodio	Polvo	Santa Cruz	SOLQUIFAR

Fuente: Elaboración propia

3.7 Reactivos químicos

Los reactivos que se utilizaron para la elaboración del yogurt griego con pulpa de manzana, se detallan en la tabla 3.5.

Tabla 3.5

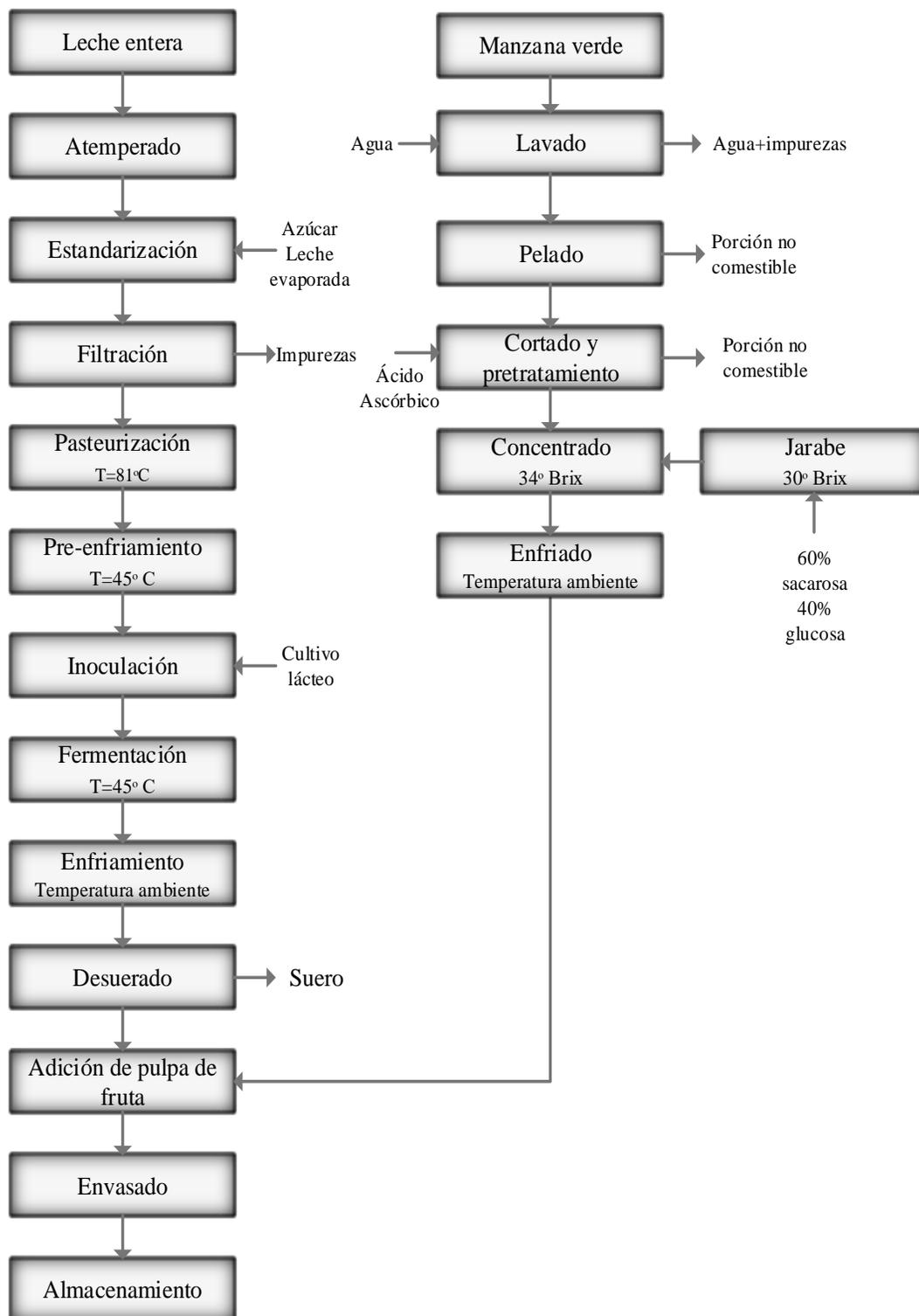
Reactivos químicos

Reactivos	Cantidad	Concentración
Solución de Hidróxido de Sodio (NaOH)	1000 ml	1 N
Fenolftaleína	250 ml	0,1%
Alcohol etílico	1000 ml	70%

Fuente: Elaboración propia

3.8 Diagrama del proceso de elaboración de yogurt griego con pulpa de manzana

En la figura 3.11, se muestra el diagrama del proceso a nivel experimental de elaboración de yogurt griego con pulpa de manzana.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.11. Diagrama del proceso de elaboración de yogurt griego con pulpa de manzana

3.9 Descripción del diagrama del proceso de elaboración de yogurt griego con pulpa de manzana

Las operaciones implicadas en la elaboración de yogurt griego con pulpa de manzana, se detallan a continuación:

3.9.1 Leche entera

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

Antes de llevar a cabo el proceso de elaboración de yogurt griego, se procedió a realizar el control de calidad rutinario de la leche para lo cual se analizaron parámetros como:

- **Ensayo 1:** Prueba de mastitis: método de análisis se detalla en el (Anexo E).
- **Ensayo 2:** Determinación del pH: método de análisis se detalla en el (Anexo E).
- **Ensayo 3:** Acidez titulable: método de análisis se detalla en el (Anexo E).
- **Ensayo 4:** Sólidos solubles: método de análisis se detalla en el (Anexo E).

3.9.2 Atemperado

El atemperado de la leche, se realizó en un recipiente de acero inoxidable en baño María, controlando la temperatura entre 20°C y 50°C, con el objetivo de facilitar la disolución del azúcar en el momento de la mezcla.

3.9.3 Estandarización

La estandarización, se realizó en una jarra graduada de plástico de capacidad de 1 litro, donde se agregaron (1,37%) de leche evaporada y (7,31%) de azúcar a la leche entera previamente atemperada, se mezclaron con ayuda de una paleta de acero inoxidable hasta su total homogenización.

3.9.4 Filtración

Después de haber obtenido una mezcla homogénea, se procedió a filtrarla por medio

de un colador de plástico; con el propósito de eliminar impurezas y cuerpos extraños del azúcar, como de la leche y evitar que estos formen parte del proceso de elaboración del yogurt griego.

3.9.5 Pasteurización

La pasteurización, se llevó a cabo en un recipiente de acero inoxidable en baño María, calentando la mezcla a temperatura de 80°C durante 15 minutos. Transcurrido los 15 minutos, se procedió a vaciar la mezcla en un recipiente de acero inoxidable de capacidad de 1 litro.

3.9.6 Pre-enfriamiento

En esta etapa, se procedió a pre-enfriar la mezcla colocando el recipiente de acero inoxidable en otro baño de agua fría de 15°C hasta la temperatura de 45°C, para pasar al proceso de inoculación.

3.9.7 Inoculación

Se reconstituyó (0,0026) de cultivo láctico en 10 ml de leche atemperada a 45°C en un recipiente plástico de 50 ml, se agitó la mezcla con una paleta de acero inoxidable hasta que se disuelva completamente, luego se procedió a agregar el inóculo a la mezcla de leche pre-enfriada.

3.9.8 Fermentación

La fermentación de la mezcla pre-enfriada, se llevó a cabo en un termostato eléctrico en baño María con sistema automático (figura 3.1), controlando la temperatura entre 41°C y 45°C durante un tiempo de 3,75 horas y verificando en tiempo periódicos de 30 minutos la temperatura del equipo.

3.9.9 Enfriamiento

Después de haber concluido la etapa de fermentación del yogurt, se procedió a retirar el recipiente de acero inoxidable del termostato y colocarlo en baño de agua fría a 15°C, hasta que el yogurt adquiera una temperatura de 20°C.

3.9.10 Desuerado

Seguido del enfriado del yogurt, se rompió el coágulo del mismo con ayuda de una mariposa perforada pequeña, para dar paso al filtrado del mismo en un recipiente de acero inoxidable; utilizando un colador de plástico y tela gasa boal bajo refrigeración a temperatura de -3°C durante un tiempo de 4,17 horas.

Después de haber finalizado el proceso de desuerado del yogurt griego, se procedió a elaborar la pulpa de manzana.

3.9.11 Manzana verde

La materia prima que se utilizó para la elaboración de pulpa, fue manzana verde variedad *Granny Smith* adquirida en el Mercado Central de la Ciudad de Tarija.

Antes de llevar a cabo el proceso de elaboración de pulpa de manzana, se procedió a realizar el control de calidad de la misma analizándose parámetros como ser:

- **Ensayo 1:** Determinación de pH: método de análisis se detalla en el (Anexo E).
- **Ensayo 2:** Sólidos solubles: método de análisis se detalla en el (Anexo E).

3.9.12 Lavado

El lavado, se realizó con agua potable relación 1:1 (manzana/agua), con el objetivo de eliminar impurezas que podría contener la superficie de la fruta como ser polvo y tierra.

3.9.13 Pelado

Después del lavado, se procedió al pelado de la manzana el cual se realizó en forma manual con ayuda de un cuchillo de acero inoxidable con la finalidad de eliminar la cáscara de la fruta.

3.9.14 Cortado y pretratamiento

El cortado, se realizó con ayuda de un cortador de hortalizas (figura 3.10) en el cual se introdujo la manzana entera obteniéndose bastones de los cuales se separó la parte central el hueso con las semillas. Estos bastones fueron introducidos en una solución

de ácido ascórbico al 0,1% durante un tiempo entre (5 y 7) minutos con la finalidad de controlar el pardeamiento enzimático; transcurrido el tiempo se dejó escurrir los bastones en un colador de plástico para nuevamente ser introducidos en el cortador de hortalizas y de esta forma obtener la manzana en cubitos de 1cm aproximadamente según (Castelli, 2018).

3.9.15 Jarabe

El jarabe, se elaboró a 30°Brix en una relación 1:2 (fruta/jarabe) al 60% de sacarosa y 40% de glucosa, el mismo se realizó de forma separada. Primero, se preparó el jarabe de sacarosa en una jarra de plástico graduada de un litro en el cual se agregó 41,32% de agua filtrada, 17,70% de sacarosa y se agitó con ayuda de una paleta de acero inoxidable hasta su total homogenización. Posteriormente, se elaboró el jarabe de glucosa en un recipiente de plástico donde se agregaron 27,55% de agua filtrada, 11,34% de glucosa y se agitó con ayuda de una paleta de acero inoxidable, esta operación se llevó a cabo en baño María a temperatura entre 20°C y 50°C con la finalidad de facilitar la disolución de la glucosa y por último, se unieron ambos jarabes donde se agregaron 0,06% de ácido ascórbico.

3.9.16 Concentrado

El concentrado, se llevó a cabo en una paila de acero inoxidable donde se agregó el jarabe; previamente preparado a 30°Brix, posteriormente la manzana cortada en cubitos de 1cm y con ayuda de una paleta de plástico se agitó durante un tiempo de 10 minutos hasta que alcance los 34°Brix.

3.9.17 Enfriamiento

Después del concentrado, se dejó reposar la pulpa de manzana en el jarabe hasta temperatura ambiente 20°C para luego ser introducida al yogurt griego.

3.9.18 Adición de la pulpa de fruta

Según (Early, 1998), manifiesta: La pulpa de fruta se dosifica volumétricamente en una

concentración del 12-18% en base al yogurt. En el presente trabajo se tomó en cuenta la relación yogurt/pulpa de frutas del 15%.

3.9.19 Envasado

El envasado, se realizó colocando primero la pulpa de manzana y luego el yogurt sobre la pulpa en los envases de plástico con tapa de cierre hermético con capacidad de 500 ml. Y para ello se realizó la desinfección previamente con alcohol etílico al 70%.

3.9.20 Almacenamiento

Los recipientes con el producto envasado fueron almacenados a temperatura de refrigeración 4°C.

3.10 Metodología experimental para la obtención de resultados

Para la obtención de resultados del trabajo de investigación yogurt griego con pulpa de manzana se analizó las siguientes características:

3.10.1 Análisis fisicoquímico de la leche

En tabla 3.6, se muestran los parámetros y métodos que se tomaron en cuenta para los análisis fisicoquímicos para la leche, realizados en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID).

Tabla 3.6

Análisis fisicoquímico de la leche

Parámetros	Método	Unidad
Acidez (ácido láctico)	NB 229:98	%
Cenizas	NB 39034:10	%
Densidad relativa (20°C)	NB 230:99	g/ml
Fibra	Gravimétrico	%
Materia grasa	NB 228:98	%
Hidratos de carbono	Cálculo	%
Humedad	NB 313010:05	%
pH (20°C)	SM 4500-H-B	-
Proteína total (Nx6,38)	NB/ISO 8968-1:08	%
Sólidos solubles	NB 36003:02	°Brix
Sólidos totales	NB 231:1-1998	%
Valor energético	Cálculo	Kcal/100g

Fuente: CEANID, 2019

3.10.2 Análisis de minerales de la leche

En la tabla 3.7, se muestra las técnicas para la determinación de los minerales de la leche, realizados en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID).

Tabla 3.7

Análisis de los minerales de la leche

Parámetros	Método	Unidad
Calcio	Absorción atómica	mg/100g
Fósforo	SM 4500-P-D	mg/100g
Magnesio	Absorción atómica	mg/100g

Fuente: CEANID, 2019

3.10.3 Análisis microbiológico de la leche

En la tabla 3.8, se muestra los parámetros que se tomaron en cuenta para el análisis microbiológico de la leche, realizados en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID).

Tabla 3.8

Análisis microbiológico de la leche

Parámetros	Método	Unidad
Coliformes fecales	NB 32005:02	UFC/ml
Escherichia coli	NB 32005:02	UFC/ml
Salmonella	NB 32007:03	P/A/25 ml

Fuente: CEANID, 2019

3.10.4 Propiedades físicas de la manzana verde

En tabla 3.9, se muestran las propiedades físicas de la manzana verde variedad *Granny Smith*, realizados en el Laboratorio Taller de Alimentos (L.T.A).

Tabla 3.9

Propiedades físicas de la manzana verde

Características	Unidad
Altura	cm
Diámetro	cm
Cubitos útiles y no útiles	%
°Brix	°Brix
Peso	g
Porción comestible	%
Porción no comestible	%

Fuente: Elaboración propia

3.10.5 Análisis fisicoquímico de la manzana verde

En tabla 3.10, se muestran los parámetros y métodos que se tomaron en cuenta para los análisis fisicoquímicos de la manzana verde, realizados en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID).

Tabla 3.10

Análisis fisicoquímico de la manzana verde

Parámetros	Método	Unidad
Cenizas	NB 39034:10	%
Fibra	Gravimétrico	%
Grasa	NB 228:98	%
Hidratos de carbono	Calculo	%
Humedad	NB 313010:05	%
Proteína total (Nx6,25)	NB/ISO 8968-1:08	%
Valor energético	Cálculo	Kcal/100g

Fuente: CEANID, 2019

3.10.6 Análisis de minerales de la manzana verde

En la tabla 3.11, se muestra las técnicas para la determinación de los minerales de la manzana verde, realizados en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID).

Tabla 3.11

Análisis de minerales de la manzana verde

Parámetro	Método	Unidad
Potasio	Absorción atómica	mg/100g

Fuente: CEANID, 2019

3.10.7 Análisis fisicoquímico del producto terminado

En tabla 3.12, se describen los parámetros que se tomaron en cuenta para el análisis fisicoquímico del producto terminado, realizados en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID).

Tabla 3.12

Análisis fisicoquímico del producto terminado

Parámetros	Método	Unidad
Acidez (ácido láctico)	NB 229:98	%
Cenizas	NB 39034:10	%
Densidad relativa (20°C)	NB 230:99	g/ml
Fibra	Gravimétrico	%
Materia grasa	NB 228:98	%
Hidratos de carbono	Cálculo	%
Humedad	NB 313010:05	%
pH (20°C)	SM 4500-H-B	-
Proteína total (Nx6,38)	NB/ISO 8968-1:08	%
Sólidos solubles	NB 36003:02	°Brix
Valor energético	Cálculo	Kcal/100g

Fuente: CEANID, 2019

3.10.8 Análisis de minerales del producto terminado

En la tabla 3.13 se muestra las técnicas para la determinación de los minerales del producto terminado, realizados en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID).

Tabla 3.13

Análisis de minerales del producto terminado

Parámetros	Método	Unidad
Calcio	Absorción atómica	mg/100g
Fósforo	SM 4500-P-D	mg/100g
Potasio	Absorción atómica	mg/100g

Fuente: CEANID, 2019

3.10.9 Análisis microbiológico del producto terminado

En la tabla 3.14, se muestra los parámetros que se tomaron en cuenta para el análisis microbiológico del producto terminado, realizados en el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID).

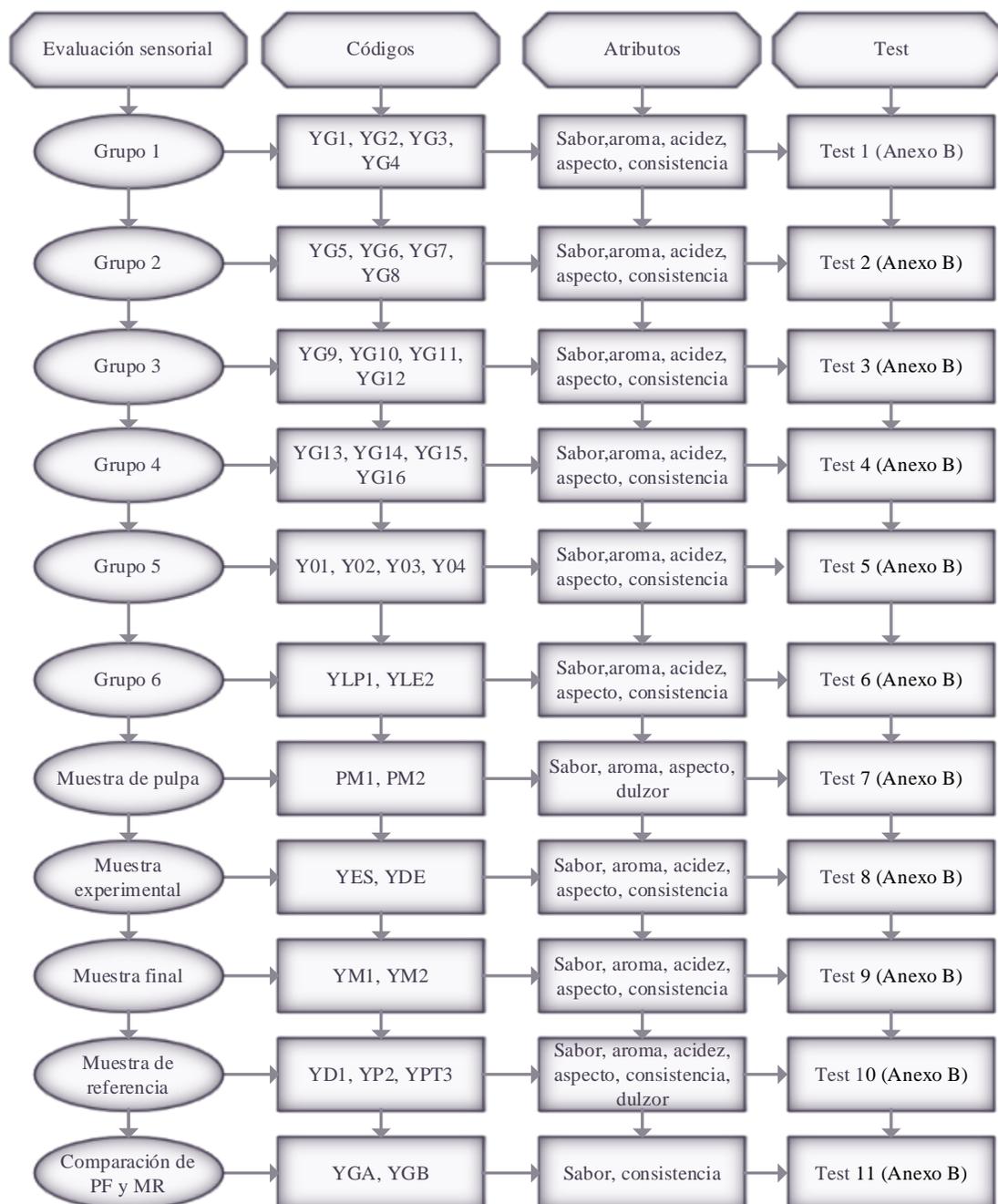
Tabla 3.14***Análisis microbiológico del producto terminado***

Parámetros	Método	Unidad
Coliformes fecales	NB 32005:02	UFC/ml
Escherichia coli	NB 32005:02	UFC/ml
Mohos y levaduras	NB 32006:03	UFC/ml

Fuente: CEANID, 2019**3.11 Análisis organoléptico de alimentos**

La "evaluación sensorial" es una disciplina científica mediante la cual se evalúan las propiedades organolépticas a través del uso de uno o más de los sentidos humanos. Mediante esta evaluación pueden clasificarse las materias primas y productos terminados, conocer que opina el consumidor sobre un determinado alimento, su aceptación o rechazo, así como su nivel de agrado, criterios estos que se tienen en cuenta en la formulación y desarrollo de los mismos. (Espinosa, 2007)

En la figura (3.12), se detallan las evaluaciones sensoriales realizadas en el presente trabajo que se realizaron para caracterizar las propiedades organolépticas durante el trabajo de investigación de elaboración de yogurt griego con pulpa de manzana.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.12. Evaluaciones sensoriales de yogurt griego con pulpa de manzana

En base a la figura 3.12, todas las evaluaciones sensoriales fueron realizadas por 21 jueces no entrenados.

3.12 Diseño experimental

El diseño estadístico de experimentos es precisamente la forma más eficaz de hacer pruebas. El diseño de experimentos consiste en determinar cuáles pruebas se deben realizar y de qué manera, para obtener datos que, al ser analizados estadísticamente, proporcionen evidencias objetivas que permitan responder las interrogantes planteadas, y de esa manera clarificar los aspectos inciertos de un proceso, resolver un problema o lograr mejoras (Gutiérrez & De la Vara, 2008).

3.12.1 Diseño factorial 2^3

Según (Gutiérrez & De la Vara, 2008), con el diseño factorial 2^3 se estudian tres factores en dos niveles cada uno. Consta de $2^3 = 2 \times 2 \times 2 = 8$ tratamientos diferentes, los cuales pueden identificarse con las mismas notaciones introducidas con el diseño 2^3 .

El diseño factorial utilizado en el trabajo experimental, se muestra en la (Ecuación 3.1):

$$2^k \quad \text{(Ecuación 3.1)}$$

Dónde:

2 = Número de niveles

k = Número de variables

3.12.1.1 Diseño factorial 2^3 en el proceso de fermentación y desuerado en la elaboración de yogurt griego sin pulpa de manzana

Para realizar el diseño factorial en el proceso de fermentación y desuerado del yogurt griego sin pulpa de manzana, se aplicó de acuerdo (Ecuación 3.1). El diseño experimental corresponde a:

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

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

- A= leche evaporada (%) (A)= 2 niveles
- B= temperatura (°C) (B)= 2 niveles
- C= tiempo de desuerado (h) (C)= 2 niveles

En la tabla 3.15, se muestra la matriz de diseño factorial aplicado en la fermentación y desuerado, para la elaboración de yogurt griego sin pulpa de manzana, compuesta por tres variables: leche evaporada (A), temperatura (B) y tiempo de desuerado (C).

Tabla 3.15

Matriz de variables del diseño factorial en el proceso fermentación y desuerado

Corridas	Combinaciones de tratamiento	Variables			Interacción				Respuestas
		A	B	C	AB	AC	BC	ABC	Y_i
1	(1)	-	-	-	+	+	+	-	Y_1
2	A	+	-	-	-	-	+	+	Y_2
3	B	-	+	-	-	+	-	+	Y_3
4	Ab	+	+	-	+	-	-	-	Y_4
5	C	-	-	+	+	-	-	+	Y_5
6	Ac	+	-	+	-	+	-	-	Y_6
7	Bc	-	+	+	-	-	+	-	Y_7
8	Abc	+	+	+	+	+	+	+	Y_8

Fuente: Elaboración propia

Donde Y_i = Porcentaje de acidez (ácido láctico)

En la tabla 3.16, se muestran los niveles de variación de los factores (nivel superior y nivel inferior) aplicados en el proceso de fermentación y desuerado del yogurt griego

Tabla 3.16

Niveles de variación de los factores en el proceso de fermentación y desuerado

Variables	Unidad	Nivel inferior	Nivel superior
Leche evaporada	%	1,37	1,82
Temperatura	°C	43,00	45,00
Tiempo de desuerado	H	3,75	4,17

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Caracterización de la materia prima

Para caracterizar la materia prima, se tomó en cuenta las propiedades físicas, análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la leche y de la manzana los cuales se detallan a continuación:

4.1.1 Propiedades físicas de la manzana verde

En la tabla 4.1, se muestran las propiedades físicas de la manzana verde *Granny Smith*, realizados en el Taller de Alimentos.

Tabla 4.1

Propiedades físicas de la manzana verde

Nº	Altura (cm)	Diámetro (cm)	°Brix	Peso bruto (g)	Peso neto (g)	PC (%)	PNC (%)	CU (%)	CNU (%)
1	7,23	7,92	13,20	209,53	171,55	81,87	18,13	56,41	43,59
2	7,11	7,84	14,00	206,31	171,99	83,36	16,64	58,10	41,90
3	7,12	7,81	13,00	210,64	169,82	80,62	19,38	56,20	43,80
4	6,92	7,71	16,00	198,61	159,68	80,40	19,60	53,99	46,01
5	7,41	7,72	14,00	204,10	163,27	80,00	20,00	54,95	45,05
6	7,42	7,74	13,40	212,64	173,14	81,42	18,58	60,70	39,30
7	7,13	7,94	15,00	210,28	172,40	81,99	18,01	58,00	42,00
8	6,96	7,87	13,00	202,66	165,07	81,45	18,55	59,41	40,59
9	7,01	7,72	14,00	198,43	159,66	80,46	19,54	59,94	40,06
10	6,72	7,58	14,40	182,02	143,82	79,01	20,99	61,59	38,41
11	6,94	7,85	16,00	198,97	160,31	80,57	19,43	59,67	40,33
12	6,93	7,72	15,00	193,32	153,98	79,65	20,35	62,87	37,13
X_i	7,08±0,05	7,79±0,05	14,25	202,29±0,01	163,72±0,01	80,90	19,10	58,49	41,51

Fuente: Elaboración propia

Donde:

Peso bruto= Cáscara, pulpa, semillas (g)

Peso neto= Pulpa de manzana (g)

PC= Porción comestible (%)

PNC= Porción no comestible (%)

CU= Cubitos útiles (%)

CNU= Cubitos no útiles (%)

En la tabla 4.1, se puede observar los resultados promedios de las propiedades físicas de la manzana verde: altura $7,08 \pm 0,05$ cm; diámetro $7,79 \pm 0,05$ cm; $14,25^\circ$ Brix; peso bruto $202,29 \pm 0,01$ cm; peso neto $163,72 \pm 0,01$ cm; porción comestible 80,90%; porción no comestible 19,10%; cubitos útiles 58,49%, cubitos no útiles 41,51%.

4.1.2 Análisis fisicoquímico de la manzana verde

En la tabla 4.2, se muestran los resultados obtenidos en el CEANID del análisis fisicoquímico de la manzana verde, variedad *Granny Smith*.

Tabla 4.2

Análisis fisicoquímico de la manzana verde

Componentes	Unidad	Cantidad
Cenizas	%	0,35
Fibra	%	0,42
Grasa	%	0,17
Hidratos de carbono	%	11,28
Humedad	%	12,61
Proteína total	%	0,39
Valor energético	Kcal/100g	48,21

Fuente: CEANID, 2019

En la tabla 4.2, se puede observar que la de la manzana verde contiene: ceniza 0,35%; fibra 0,42%; grasa 0,17%; hidratos de carbono 11,28%; humedad 12,61%; proteína total 0,39% y valor energético 48,21% Kcal/100g.

4.1.3 Análisis de minerales de la manzana verde

En la tabla 4.3, indica los resultados obtenidos del análisis de minerales de la manzana verde, variedad *Granny Smith*.

Tabla 4.3*Análisis de minerales de la manzana verde*

Mineral	Unidad	Cantidad
Potasio	mg/100g	111

Fuente: CEANID, 2019

En la tabla 4.3, se puede observar que la manzana verde contiene: potasio 111 mg/100g de muestra.

4.1.4 Análisis fisicoquímico de la leche entera

En la tabla 4.4, indica los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico de la leche entera.

Tabla 4.4*Análisis fisicoquímico de la leche entera*

Componentes	Unidad	Cantidad
Acidez (ácido láctico)	%	0,1300
Cenizas	%	0,7000
Densidad relativa (20°C)	g/ml	1,0291
Fibra	%	n.d.
Materia grasa	%	4,1000
Hidratos de carbono	%	4,5200
Humedad	%	87,6500
pH (20°C)	-	6,7000
Proteína total (Nx6,38)	%	3,0300
Sólidos solubles	°Brix	10,4000
Sólidos totales	%	12,3500
Valor energético	Kcal/100g	67,1000

Fuente: CEANID, 2019

En la tabla 4.4, se puede observar que la leche entera contiene: acidez 0,13%; ceniza 0,70%; densidad relativa 1,029 g/ml; fibra n.d.; materia grasa 4,10%; hidratos de carbono 4,52%; humedad 87,65%; pH 6,70; proteína total 3,03%; sólidos solubles 10,40°Brix; sólidos totales 12,35% y valor energético 67,10 Kcal/100g.

4.1.5 Análisis de minerales de la leche entera

En la tabla 4.5, indica los resultados obtenidos del análisis de minerales de la leche entera.

Tabla 4.5

Análisis de minerales de la leche entera

Minerales	Unidad	Cantidad
Calcio	mg/100g	1158
Fósforo	mg/100g	266
Magnesio	mg/100g	102

Fuente: CEANID, 2019

En la tabla 4.5, se puede observar que la leche entera contiene minerales como ser: calcio 1158 mg/100g; fósforo 266 mg/100g y magnesio 102 mg/100g.

4.1.6 Análisis microbiológico de la leche entera

En la tabla 4.6, indica los resultados obtenidos del análisis microbiológico de la leche entera.

Tabla 4.6

Análisis microbiológico de leche entera

Microorganismos	Unidad	Cantidad
Coliformes fecales	UFC/ml	$4,0 \times 10^2$
Escherichia coli	UFC/ml	$6,7 \times 10^2$
Salmonella	P/A/25 ml	Ausencia

Fuente: CEANID, 2019

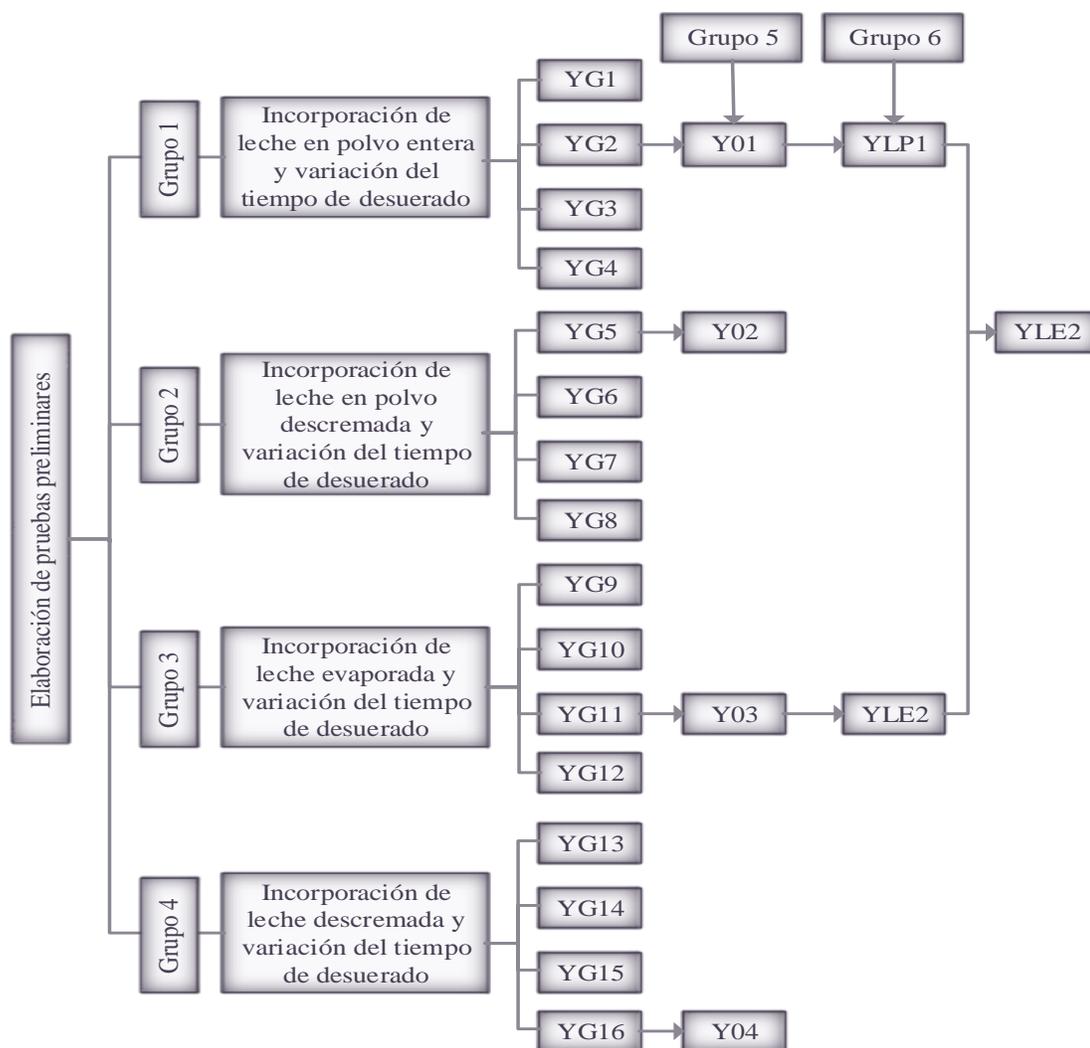
En la tabla 4.6, se puede observar que los resultados del análisis microbiológico de la leche entera contienen: Coliformes fecales $4,0 \times 10^2$ UFC/ml; Escherichia coli $6,7 \times 10^2$ UFC/ml y ausencia de Salmonella (P/A/25 ml).

4.2 Caracterización de las variables del proceso para yogurt griego con pulpa de manzana

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

4.2.1 Clasificación de pruebas preliminares para la obtención de muestra de yogurt griego

A nivel experimental, se procedió a elaborar 16 pruebas preliminares agrupándolas según su composición utilizada para su elaboración en cuatro grupos de cuatro pruebas cada uno: Para el grupo 1, se utilizó leche en polvo entera; grupo 2 leche en polvo descremada; grupo 3 leche evaporada y grupo 4 leche descremada (figura 4.1); con la finalidad de establecer una muestra ideal (YLE2) para la elaboración de yogurt griego incorporando pulpa de manzana.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.1. Pruebas preliminares para obtener yogurt griego, sin pulpa

4.2.2 Incorporación de leche en polvo entera y variación del tiempo de desuerado para el grupo 1

En la tabla 4.7, se muestra la incorporación y variación en la dosificación de leche en polvo entera y tiempo de desuerado del grupo 1 para la elaboración de cuatro pruebas de yogurt griego blanco sin pulpa de manzana.

Tabla 4.7

Incorporación de leche en polvo entera y variación del tiempo de desuerado para el grupo 1

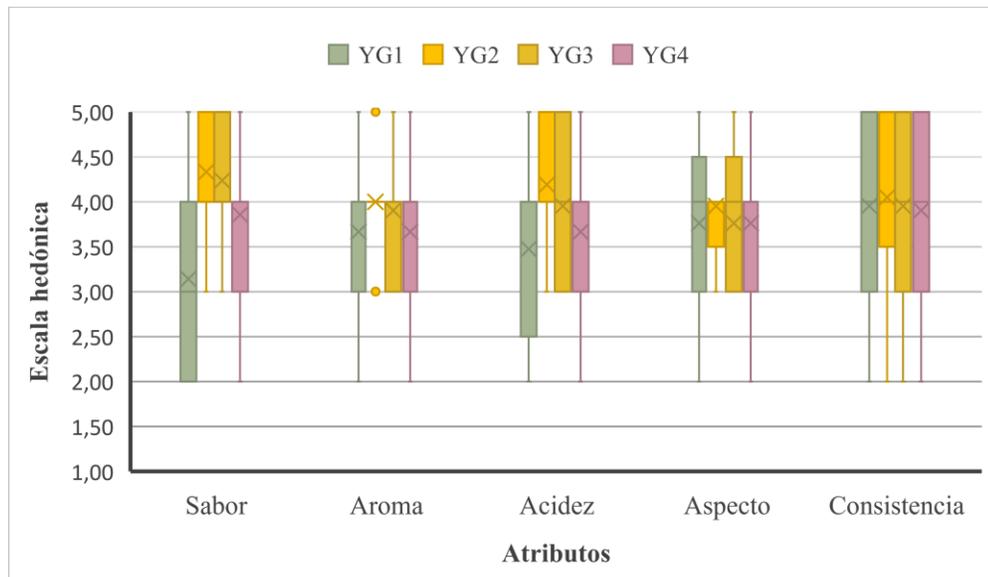
Muestras	Leche	Azúcar	Leche en polvo entera	Cultivo lácteo	Desuerado
YG1	92,5900 %	7,4072 %	-	0,0027 %	12,00 h
YG2	91,7405 %	7,3392 %	0,9174 %	0,0027 %	4,00 h
YG3	91,3217 %	7,3057 %	1,3698 %	0,0027 %	3,00 h
YG4	91,3217 %	7,3057 %	1,3698 %	0,0027 %	3,75 h

Fuente: Elaboración propia

En base a las cuatro pruebas de la tabla 4.7, se procedió a realizar la evaluación sensorial con 21 jueces no entrenados de acuerdo a los atributos sensoriales (figura 3.12).

4.2.2.1 Estadístico caja y bigote en la incorporación de leche en polvo entera y variación del tiempo de desuerado para el grupo 1

En la figura 4.2, se puede observar caja y bigote para el grupo 1; extraídos de la tabla C.3 (sabor), tabla C.7 (aroma), tabla C.9 (acidez), tabla C.13 (aspecto) y tabla C.14 (consistencia) para las pruebas de yogurt griego sin pulpa de manzana (Anexo C).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.2 Caja y bigote en la incorporación de leche en polvo entera y variación del tiempo de desuerado para el grupo 1

La figura 4.2 presentan medianas para los atributos sabor (4,33) YG2, (4,24) YG3 y acidez (4,19) YG2, (3,95) YG3 ubicados en el primer y segundo cuartil; indicando que los jueces tuvieron mayor preferencia por estos atributos. Sin embargo, para aroma (3,67) YG1, (3,67) YG4, aspecto (3,76) YG1, (3,76) YG4 y consistencia (3,95) YG1, (3,90) YG2 ubicados en el segundo y tercer cuartil, indicando menor aceptación por los jueces.

4.2.2.2 Estadístico de Tukey para el atributo sabor en la incorporación de leche en polvo entera y variación del tiempo de desuerado en el grupo 1

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

Tabla 4.8

Estadístico de Tukey para el atributo sabor del grupo 1

Tratamientos	Valor	Diferencia	Significancia
YG2-YG1	1,19	1,19 > 0,56	Si hay significancia
YG2-YG4	0,47	0,47 < 0,56	No hay significancia
YG2-YG3	0,09	0,09 < 0,56	No hay significancia
YG3-YG1	1,10	1,10 > 0,56	Si hay significancia
YG3-YG4	0,38	0,38 < 0,56	No hay significancia
YG4-YG1	0,72	0,72 > 0,56	Si hay significancia

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.8, se puede observar que existe diferencia estadística entre los tratamientos YG2-YG1, YG3-YG1, YG4-YG1. Sin embargo, entre los tratamientos YG2-YG4, YG2-YG3, YG3-YG4, no existiendo diferencias significativas $p < 0,05$.

4.2.2.3 Estadístico de Tukey para el atributo acidez en la incorporación de leche en polvo entera y variación del tiempo de desuerado en el grupo 1

En la tabla 4.9, se muestran los resultados del análisis estadístico de la prueba de Tukey y extraídos de la tabla C.12 para el atributo acidez (Anexo C).

Tabla 4.9

Estadístico de Tukey para atributo acidez del grupo 1

Tratamientos	Valor	Diferencia	Significancia
YG2-YG1	0,71	0,71 > 0,60	Si hay significancia
YG2-YG4	0,52	0,52 < 0,60	No hay significancia
YG2-YG3	0,24	0,24 < 0,60	No hay significancia
YG3-YG1	0,47	0,47 < 0,60	No hay significancia
YG3-YG4	0,28	0,28 < 0,60	No hay significancia
YG4-YG1	0,19	0,19 < 0,60	No hay significancia

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.9, se puede observar que existe diferencia estadística en los tratamientos YG2-YG1. Sin embargo, para los tratamientos YG2-YG4, YG2-YG3, YG3-YG1, YG3-YG4, YG4-YG1, no existiendo diferencias significativas $p < 0,05$.

4.2.2.4 Análisis de varianza de la evaluación sensorial en la incorporación de leche en polvo entera y variación del tiempo de desuerado en el grupo 1

De acuerdo a los resultados del análisis de varianza extraídos de la tabla C.8 (aroma), tabla C.15 (aspecto) y tabla C.16 (consistencia) para las pruebas de yogurt griego sin pulpa de manzana (Anexo C), no existe diferencia significativa entre los atributos $p < 0,05$.

De acuerdo a caja y bigote para el grupo 1, se pudo observar que los atributos sabor (4,33) y acidez (4,19) de la muestra YG2 fueron más preferidos por los jueces. Estadísticamente se pudo evidenciar que existe diferencia significativa entre los tratamientos YG2-YG1, YG3-YG1, YG4-YG1. En relación al proceso, se observó que el agregado de leche en polvo entera influye en la palatabilidad del yogurt por la presencia de materia grasa.

4.2.3 Incorporación de leche en polvo descremada y variación del tiempo de desuerado para el grupo 2

En la tabla 4.10, se muestra la incorporación de leche en polvo descremada y variación del tiempo de desuerado; manteniendo constante la dosificación de la materia prima e insumos del grupo 2 para la elaboración de cuatro pruebas de yogurt griego blanco sin pulpa de manzana.

Tabla 4.10

Incorporación de leche en polvo descremada y variación del tiempo de desuerado para el grupo 2

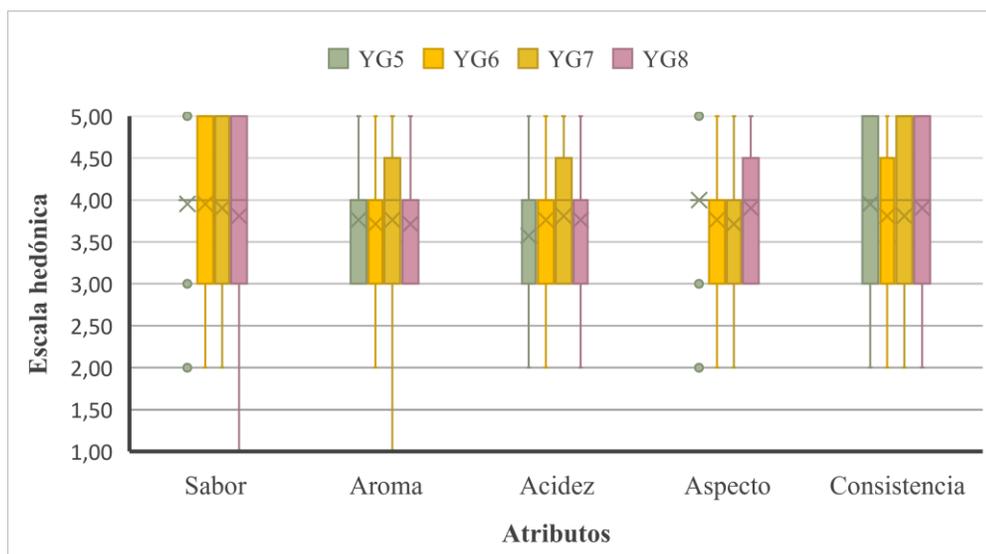
Muestras	Leche	Azúcar	Leche en polvo descremada	Cultivo lácteo	Desuerado
YG5	91,3217 %	7,3057 %	1,3698 %	0,0027 %	3,25 h
YG6	91,3217 %	7,3057 %	1,3698 %	0,0027 %	3,50 h
YG7	91,3217 %	7,3057 %	1,3698 %	0,0027 %	3,75 h
YG8	91,3217 %	7,3057 %	1,3698 %	0,0027 %	4,00 h

Fuente: Elaboración propia

En base a las cuatro pruebas de la tabla 4.10, se procedió a realizar la evaluación sensorial con 21 jueces no entrenados de acuerdo a los atributos sensoriales (figura 3.12).

4.2.3.1 Estadístico caja y bigote en la incorporación de leche en polvo descremada y variación del tiempo de desuerado para el grupo 2

En la figura 4.3, se puede observar caja y bigote para el grupo 2; extraídos de la tabla C.17 (sabor), tabla C.18 (aroma), tabla C.21 (acidez), tabla C.22 (aspecto) y tabla C.25 (consistencia) para las pruebas de yogurt griego sin pulpa de manzana (Anexo C).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.3 Caja y bigote en la incorporación de la leche en polvo descremada y variación del tiempo de desuerado para el grupo 2

En la figura 4.3, se puede observar que la muestra YG5 presentan medianas para los atributos sabor (3,95), aspecto (4,00) y consistencia (3,95) ubicados en el segundo cuartil; indicando que tuvieron mayor preferencia por los jueces. Sin embargo, para aroma (3,71) YG6, (3,71) YG8, acidez (3,76) YG6, (3,76) YG8 ubicados en el tercer cuartil; para la muestra YG7 aroma (3,76) y acidez (3,81), ubicados en el segundo cuartil, indicando que los jueces tuvieron menor aceptación por estos atributos.

4.2.3.2 Análisis de varianza de la evaluación sensorial en la incorporación de leche en polvo descremada y variación del tiempo de desuerado en el grupo 2

De acuerdo a los resultados del análisis de varianza extraídos de la tabla C.19 (sabor), tabla C.20 (aroma), tabla C.23 (acidez), tabla C.24 (aspecto) y tabla C.26 (consistencia) para las pruebas de yogurt griego sin pulpa de manzana (Anexo C), no existe diferencia significativa entre los atributos $p < 0,05$.

De acuerdo a caja y bigote para el grupo 2, se pudo observar que el atributo aspecto (4,00) sabor (3,95) y consistencia (3,95) de la muestra YG5, fueron los más aceptado por los jueces. Estadísticamente, no existe diferencia significativa entre los tratamientos. En relación al proceso, se evidenció que el agregado de leche en polvo descremada influye en el atributo aspecto, sabor y consistencia del yogurt griego.

4.2.4 Incorporación de leche evaporada y variación del tiempo de desuerado para el grupo 3

En la tabla 4.11, se muestra la incorporación de leche evaporada y variación del tiempo de desuerado; manteniendo constante la dosificación de la materia prima e insumos del grupo 3 para la elaboración de cuatro pruebas de yogurt griego blanco sin pulpa de manzana.

Tabla 4.11

Incorporación de leche evaporada y variación del tiempo de desuerado para el grupo 3

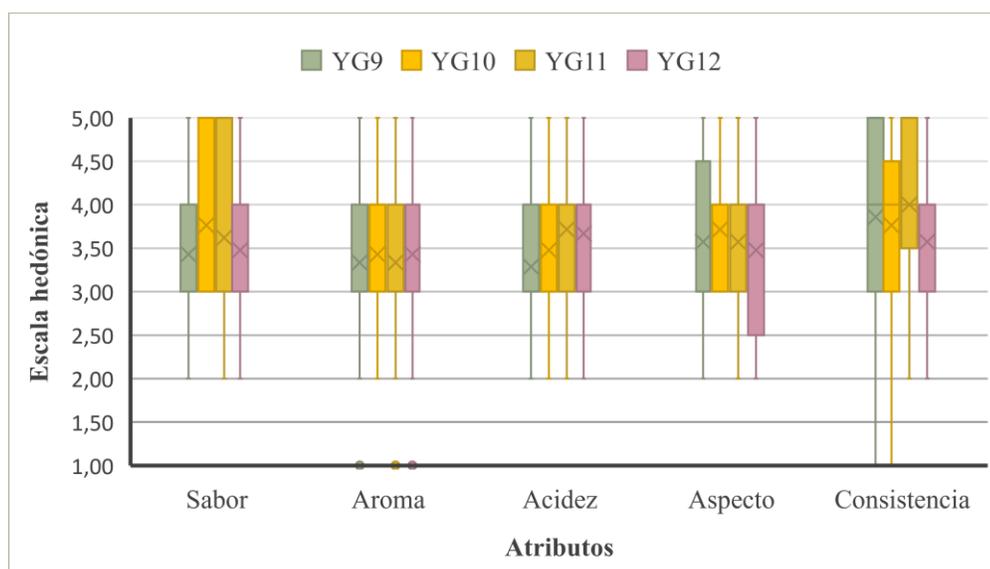
Muestras	Leche	Azúcar	Leche evaporada	Cultivo lácteo	Desuerado
YG9	91,3217 %	7,3057 %	1,3698 %	0,0027 %	3,25 h
YG10	91,3217 %	7,3057 %	1,3698 %	0,0027 %	3,50 h
YG11	91,3217 %	7,3057 %	1,3698 %	0,0027 %	3,75 h
YG12	91,3217 %	7,3057 %	1,3698 %	0,0027 %	4,00 h

Fuente: Elaboración propia

En base a las cuatro pruebas de la tabla 4.11, se procedió a realizar la evaluación sensorial con 21 jueces no entrenados de acuerdo a los atributos sensoriales (figura 3.12).

4.2.4.1 Estadístico de caja y bigote en la incorporación de leche evaporada y variación del tiempo de desuerado para el grupo 3

En la figura 4.4, se puede observar caja y bigote para el grupo 3; extraídos de la tabla C.27 (sabor), tabla C.28 (aroma), tabla C.31 (acidez), tabla C.32 (aspecto) y tabla C.35 (consistencia) para las pruebas de yogurt griego sin pulpa de manzana (Anexo C).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.4 Caja y bigote en la incorporación de leche evaporada y variación del tiempo de desuerado para el grupo 3

La figura 4.4 presentan medianas para el atributo acidez (3,71) YG11, (3,67) YG12 ubicadas cerca el tercer cuartil y consistencia (4,00) YG11, (3,57) YG12; ubicadas en el segundo cuartil, indicando que tuvieron mayor aceptación por los jueces. Sin embargo, para sabor (3,43) YG9, aroma (3,33) YG9, (3,43) YG10 y aspecto (3,57) YG9, ubicados cerca al segundo cuartil; indicando que los jueces tuvieron menor preferencia por estos atributos.

4.2.4.2 Análisis de varianza de la evaluación sensorial en la incorporación de leche evaporada y variación del tiempo de desuerado en el grupo 3

De acuerdo a los resultados del análisis de varianza extraídos de la tabla C.29 (sabor), tabla C.30 (aroma), tabla C.33 (acidez), tabla C.34 (aspecto) y tabla C.36 (consistencia) para las pruebas de yogurt griego sin pulpa de manzana (Anexo C), no existe diferencia significativa entre los atributos $p < 0,05$.

De acuerdo a caja y bigote para el grupo 3, se pudo observar que el atributo consistencia (4,00) de la muestra YG11 fue el más aceptado por los jueces. Estadísticamente, se observó que no existe diferencia significativa entre los tratamientos. En relación al proceso, el agregado de leche evaporada influye en la suavidad del yogurt griego.

4.2.5 Incorporación de leche natural descremada y variación del tiempo de desuerado para el grupo 4

En la tabla 4.12, se muestra la incorporación de leche natural descremada a la cual previamente se descremo entre un porcentaje (1 a 2) % aproximadamente; según (L.T.A, 2019). Así mismo, se puede observar la variación del tiempo de desuerado e insumos; se incorporó leche en polvo descremada, leche en polvo entera y leche evaporada; manteniendo constante la dosificación de la materia prima e insumos para la elaboración de cuatro pruebas grupo 4 de yogurt griego blanco sin pulpa manzana.

Tabla 4.12

Incorporación de leche natural descremada y variación del tiempo de desuerado para el grupo 4

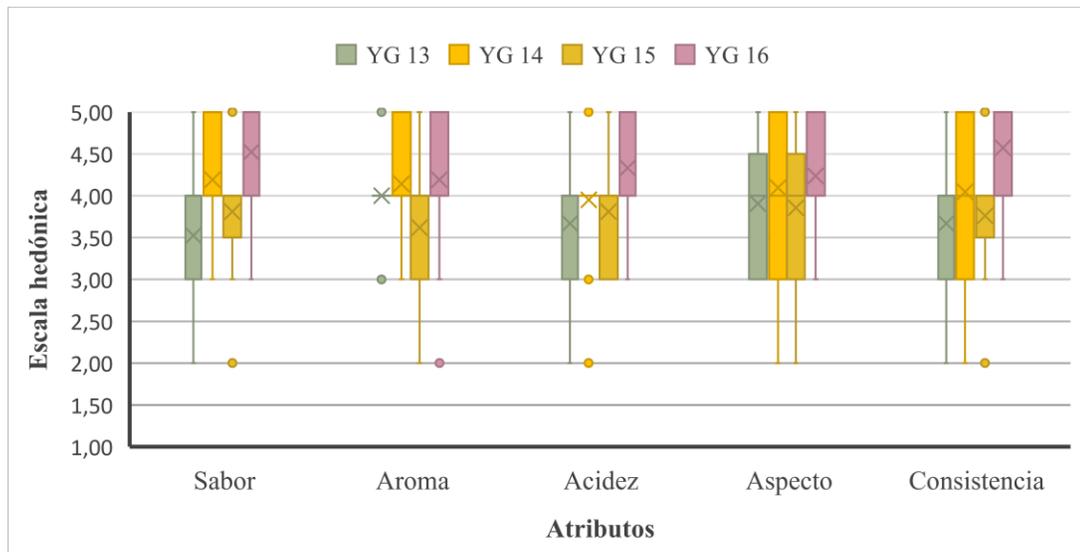
Materia prima e insumos	Muestras			
	YG13	YG14	YG15	YG16
Leche natural descremada	91,3217 %	91,3217%	91,3217 %	91,3217 %
Azúcar	7,3057 %	7,3057 %	7,3057 %	7,3057 %
Leche en polvo descremada	1,3698 %	1,3698 %	-	-
Leche en polvo entera	-	-	1,3698 %	-
Leche evaporada	-	-	-	1,3698 %
Cultivo lácteo	0,0027 %	0,0027 %	0,0027 %	0,0027 %
Desuerado	3,7500 h	4,0000 h	3,7500 h	3,7500 h

Fuente: Elaboración propia

En base a las cuatro pruebas de la tabla 4.12, se procedió a realizar la evaluación sensorial con 21 jueces no entrenados de acuerdo a los atributos sensoriales (figura 3.12).

4.2.5.1 Estadístico de caja y bigote en la incorporación de leche natural descremada y variación del tiempo de desuerado para el grupo 4

En la figura 4.5, se puede observar caja y bigote para el grupo 4; extraídos de la tabla C.37 (sabor), tabla C.41 (aroma), tabla C.45 (acidez), tabla C.49 (aspecto) y tabla C.51 (consistencia) para las pruebas de yogurt griego sin pulpa de manzana (Anexo C).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.5 Caja y bigote en la incorporación de leche natural descremada y variación variación del tiempo de desuerado para el grupo 4

La figura 4.5 presenta medianas para los atributos sabor (4,19) YG14, (4,52) YG16, acidez (3,95) YG14, (4,33) YG16, consistencia (4,05) YG14 ubicados en primer y segundo cuartil; indicando que tuvieron mayor aceptación por los jueces. Sin embargo, para aroma (4,00) YG13, (3,62) YG15, aspecto (3,90) YG13, (3,76) YG15 ubicados en el segundo cuartil; indicando que los jueces tuvieron menor preferencia por estos atributos.

4.2.5.2 Estadístico de Tukey para el atributo sabor en la incorporación de leche natural descremada y variación del tiempo de desuerado en el grupo 4

En la tabla 4.13, se muestra los resultados del análisis estadístico de la prueba de Tukey y extraídos de la tabla C.40 para el atributo sabor (Anexo C).

Tabla 4.13

Estadístico de Tukey para el atributo sabor del grupo 4

Tratamientos	Valor	Diferencia	Significancia
YG16-YG13	1,00	1,00 > 0,60	Si hay significancia
YG16-YG15	0,71	0,71 > 0,60	Si hay significancia
YG16-YG14	0,33	0,33 < 0,60	No hay significancia
YG14-YG13	0,67	0,67 > 0,60	Si hay significancia
YG14-YG15	0,38	0,38 < 0,60	No hay significancia
YG15-YG12	0,29	0,29 < 0,60	No hay significancia

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.13, se puede observar que existe diferencia estadística entre los tratamientos YG16-YG13, YG16-YG15, YG14-YG13. Sin embargo, los tratamientos YG16-YG14, YG14-YG15, YG15-YG12, no existiendo diferencias significativas $p < 0,05$.

4.2.5.3 Estadístico de Tukey para el atributo acidez en la incorporación de leche natural descremada y variación del tiempo de desuerado en el grupo 4

En la tabla 4.14, se muestran los resultados del análisis estadístico de la prueba de Tukey y extraídos de la tabla C.46 para el atributo acidez (Anexo C).

Tabla 4.14

Estadístico de Tukey para el atributo acidez del grupo 4

Tratamientos	Valor	Diferencia	Significancia
YG16-YG13	0,66	0,66 > 0,52	Si hay significancia
YG16-YG15	0,52	0,52 = 0,52	No hay significancia
YG16-YG14	0,38	0,38 < 0,52	No hay significancia
YG14-YG13	0,28	0,28 < 0,52	No hay significancia
YG14-YG15	0,14	0,14 < 0,52	No hay significancia
YG15-YG13	0,14	0,14 < 0,52	No hay significancia

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.14, se puede observar que existe diferencia estadística entre los tratamientos YG16-YG13. Sin embargo, los tratamientos YG16-YG15, YG16-YG14, YG14-YG13, YG14-YG15, YG15-YG13, no existiendo diferencias significativas $p < 0,05$.

4.2.5.4 Estadístico de Tukey para el atributo consistencia en la incorporación de leche natural descremada y variación del tiempo de desuerado para el grupo 4

En la tabla 4.15, se muestra los resultados del análisis estadístico de la prueba de Tukey y extraídos de la tabla C.52 para el atributo consistencia (Anexo C).

Tabla 4.15

Estadístico de Tukey para el atributo consistencia del grupo 4

Tratamientos	Valor	Diferencia	Significancia
YG16-YG13	0,90	$0,90 > 0,52$	Si hay significancia
YG16-YG15	0,81	$0,81 > 0,52$	Si hay significancia
YG16-YG14	0,52	$0,52 = 0,52$	No hay significancia
YG14-YG13	0,38	$0,38 < 0,52$	No hay significancia
YG14-YG15	0,29	$0,29 < 0,52$	No hay significancia
YG15-YG13	0,09	$0,09 < 0,52$	No hay significancia

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.15, se puede observar que existe diferencia estadística entre los tratamientos YG16-YG13, YG16-YG15. Sin embargo, los tratamientos YG16-YG14, YG14-YG13, YG14-YG15, YG15-YG13, no existiendo diferencias significativas $p < 0,05$.

4.2.5.5 Análisis de varianza del atributo aroma y aspecto en la incorporación de leche natural descremada y variación del tiempo de desuerado en el grupo 4

De acuerdo a los resultados del análisis de varianza extraídos de la tabla C.42 (aroma) y tabla C.48 (aspecto) para las pruebas de yogurt griego sin pulpa de manzana (Anexo C), no existe diferencia significativa entre los atributos $p < 0,05$.

De acuerdo a caja y bigote para el grupo 4, se observó que los atributos sabor (4,52), acidez (4,33) y consistencia (4,57) de la muestra YG16 fueron las más aceptados por los jueces. Estadísticamente, se evidenció que existe diferencia significativa entre los tratamientos YG14-YG13, YG16-YG13, YG16-YG15. En relación al proceso, la incorporación de leche descremada influye en el color por la menor presencia de materia grasa y en el atributo consistencia del yogurt griego.

4.2.6 Variación de cultivo láctico y tiempo de fermentación para el grupo 5

En la tabla 4.16, se muestra la variación de cultivo láctico y tiempo de fermentación para el grupo 5 de las pruebas más aceptadas por los jueces de los 4 grupos anteriores; YG2, YG5, YG11, YG16 a las cuales se les dio una nueva asignación para la prueba del grupo 1 (Y01), grupo 2 (Y02), grupo 3 (Y03) y grupo 4 (Y04), para la elaboración de cuatro pruebas de yogurt griego blanco sin pulpa de manzana.

Tabla 4.16

Variación de cultivo láctico y tiempo de fermentación para el grupo 5

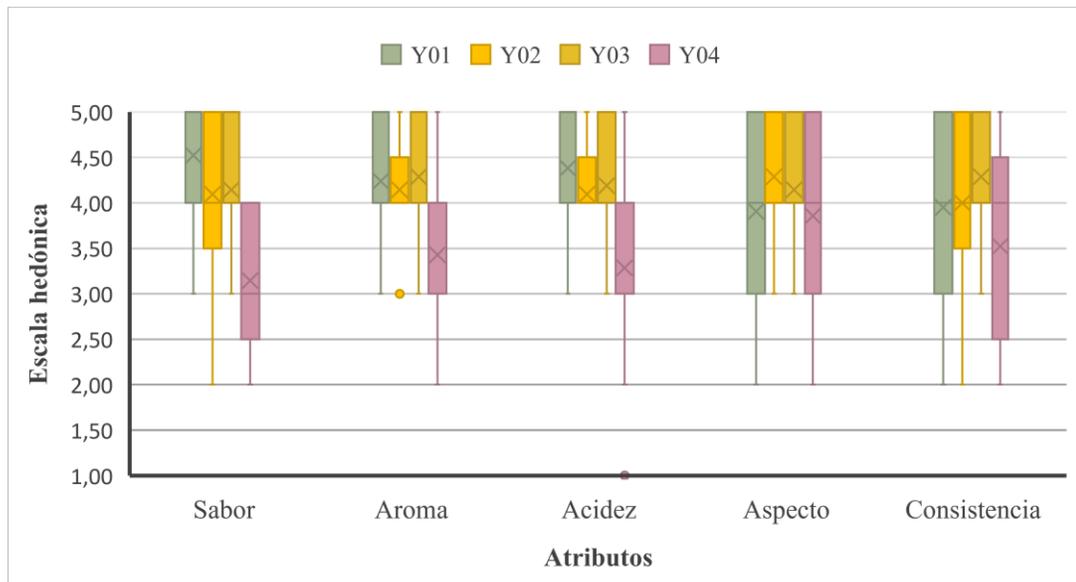
Materia prima e insumos	Muestras			
	Y01	Y02	Y03	Y04
Leche entera	91,7405 %	91,3217 %	91,3225 %	-
Leche natural descremada	-	-	-	91,3221 %
Azúcar	7,3392 %	7,3057 %	7,3058 %	7,3058 %
Leche en polvo	0,9174 %	-	-	-
Leche en polvo descremada	-	1,3698 %	-	-
Leche evaporada	-	-	1,3698 %	1,3698 %
Cultivo lácteo	0,0027 %	0,0027 %	0,0018 %	0,0022 %
Desuerado	4,0000 h	3,2500 h	3,7500 h	3,7500 h
Tiempo de fermentación	3,5000 h	4,5000 h	4,0000 h	4,0000 h

Fuente: Elaboración propia

En base a las cuatro pruebas de la tabla 4.16, se procedió a realizar la evaluación sensorial con 21 jueces no entrenados de acuerdo a los atributos sensoriales (figura 3.12).

4.2.6.1 Estadístico de caja y bigote en la variación de cultivo láctico y tiempo de fermentación para el grupo 5

En la figura 4.6, se puede observar caja y bigotes obtenidos para el grupo 5; extraídos de la tabla C.53 (sabor), tabla C.57 (aroma), tabla C.61 (acidez), tabla C.64 (aspecto) y tabla C.66 (consistencia) para las pruebas de yogurt blanco sin pulpa de manzana (Anexo C).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.6 Caja y bigote en la variación de cultivo láctico y tiempo de fermentación para el grupo 5

La figura 4.6 presentan medianas para los atributos sabor (4,52) Y01, (4,14) Y03, aroma (4,24) Y01, (4,29) Y03 y acidez (4,38) Y01, (4,19) Y03 ubicados en el primer y segundo cuartil; indicando que tuvieron mayor aceptación por los jueces. Sin embargo, para aspecto (3,86) Y04 y consistencia (4,00) Y02, (3,52) Y04 ubicados en el segundo cuartil, indicando que estos atributos tuvieron menor preferencia por los jueces.

4.2.6.2 Estadístico de Tukey para el atributo sabor en la variación de cultivo láctico y tiempo fermentación para el grupo 5

En la tabla 4.17, se muestra los resultados del análisis estadístico de la prueba de Tukey y extraídos de la tabla C.56 para el atributo sabor (Anexo C).

Tabla 4.17

Estadístico de Tukey para el atributo sabor del grupo 5

Tratamientos	Valor	Diferencia	Significancia
Y01-Y04	1,38	1,38 > 0,60	Si hay significancia
Y01-Y02	0,42	0,42 < 0,60	No hay significancia
Y01-Y03	0,38	0,38 < 0,60	No hay significancia
Y03-Y04	1,00	1,00 > 0,60	Si hay significancia
Y03-Y02	0,04	0,04 < 0,60	No hay significancia
Y02-Y04	0,96	0,96 > 0,60	Si hay significancia

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.17, se puede observar que existe diferencia estadística entre los tratamientos Y01-Y04, Y03-Y04, Y02-Y04. Sin embargo, los tratamientos Y01-Y02, Y01-Y03, Y03-Y02, no existiendo diferencias significativas $p < 0,05$.

4.2.6.3 Estadístico de Tukey para el atributo aroma en la variación de cultivo láctico y tiempo de fermentación para el grupo 5

En la tabla 4.18, se muestra los resultados del análisis estadístico de la prueba de Tukey y extraídos de la tabla C.60 para el atributo aroma (Anexo C).

Tabla 4.18

Estadístico de Tukey para el atributo aroma del grupo 5

Tratamientos	Valor	Diferencia	Significancia
Y03-Y04	0,86	0,86 > 0,60	Si hay significancia
Y03-Y02	0,15	0,15 < 0,60	No hay significancia
Y03-Y01	0,05	0,05 < 0,60	No hay significancia
Y01-Y04	0,81	0,81 > 0,60	Si hay significancia
Y01-Y02	0,10	0,10 < 0,60	No hay significancia
Y02-Y04	0,71	0,71 > 0,60	Si hay significancia

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.18, se puede observar que existe diferencia estadística entre los tratamientos Y03-Y04, Y01-Y04, Y02-Y04. Sin embargo, los tratamientos Y03-Y02, Y03-Y01, Y01-Y02, no existiendo diferencias significativas $p < 0,05$.

4.2.6.4 Estadístico de Tukey para el atributo acidez en la variación de cultivo láctico y tiempo de fermentación para el grupo 5

En la tabla 4.19, se muestra los resultados del análisis estadístico de la prueba de Tukey y extraídos de la tabla C.64 para el atributo acidez (Anexo C).

Tabla 4.19

Estadístico de Tukey para el atributo acidez del grupo 5

Tratamientos	Valor	Diferencia	Significancia
Y01 – Y04	1,09	1,09 > 0,60	Si hay significancia
Y01 – Y02	0,28	0,28 < 0,60	No hay significancia
Y01 – Y03	0,19	0,19 < 0,60	No hay significancia
Y03 – Y04	0,90	0,90 > 0,60	Si hay significancia
Y03 – Y02	0,09	0,09 < 0,60	No hay significancia
Y02 – Y04	0,81	0,81 > 0,60	Si hay significancia

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.19, se puede observar que existe diferencia estadística entre los tratamientos Y01-Y04, Y03-Y04, Y02-Y04. Sin embargo, los tratamientos Y01-Y02, Y01-Y03, Y03-Y02, no existiendo diferencias significativas $p < 0,05$.

4.2.6.5 Análisis de varianza del atributo aspecto y consistencia en la variación de cultivo láctico y tiempo fermentación para el grupo 5

De acuerdo a los resultados del análisis de varianza extraídos de la tabla C.67 (aspecto) y tabla C.68 (consistencia) para las pruebas de yogurt griego sin pulpa (Anexo C), no existe diferencia significativa entre los atributos $p < 0,05$.

De acuerdo a caja y bigote para el grupo 5, se pudo observar que los atributos sabor, aroma y acidez de las muestras Y01, Y03 fueron los más aceptados por los jueces. Estadísticamente, se evidenció que existe diferencia significativa entre los tratamientos Y01-Y04, Y03-Y04, Y02-Y04. En relación al proceso, se observó que la variación de cultivo láctico y el tiempo de fermentación influye en la acidez del yogurt griego debido a que se disminuyó la cantidad cultivo y se incrementó el tiempo de fermentación.

4.2.7 Variación de cultivo láctico y tiempo de fermentación para el grupo 6

En la tabla 4.20, se muestra la variación de cultivo láctico y tiempo de fermentación

para el grupo 6 de las pruebas Y01, Y03 provenientes del grupo 5 a las cuales se les dio una nueva asignación de YLP1 y YLE2, para la elaboración de dos pruebas de yogurt griego blanco sin pulpa de manzana.

Tabla 4.20

Variación de cultivo láctico y tiempo de fermentación para el grupo 6

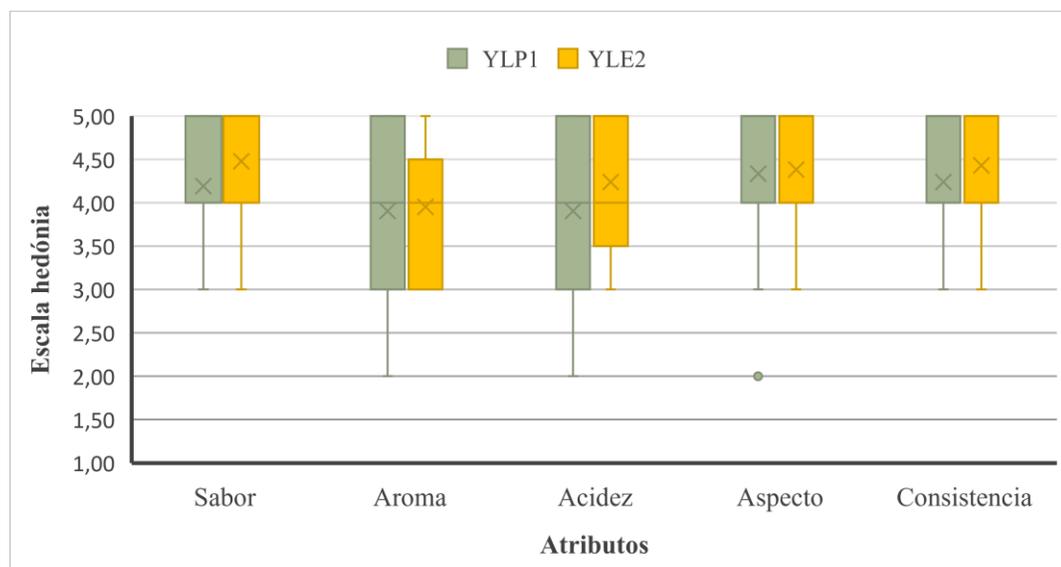
Materia prima e insumos	Muestras	
	YLP1	YLE2
Leche entera	91,7407 %	91,3219 %
Azúcar	7,3393 %	7,3057 %
Leche en polvo	0,9174 %	-
Leche evaporada	-	1,3698 %
Cultivo lácteo	0,0026 %	0,0026 %
Desuerado	4,0000 h	3,7500 h
Tiempo de fermentación	3,7500 h	3,7500 h

Fuente: Elaboración propia

En base a las dos pruebas de la tabla 4.20, se procedió a realizar la evaluación sensorial con 21 jueces no entrenados de acuerdo a los atributos sensoriales (figura 3.12).

4.2.7.1 Estadístico de caja y bigote en la variación de cultivo láctico y tiempo de fermentación para el grupo 6

En la figura 4.7, se puede observar caja y bigote para el grupo 6; extraídos de la tabla C.69 (sabor), tabla C.70 (aroma), tabla C.73 (acidez), tabla C.74 (aspecto) y tabla C.77 (consistencia) para las pruebas de yogurt griego sin pulpa de manzana (Anexo C).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.7 Caja y bigote en la variación de cultivo láctico y tiempo de fermentación para el grupo 6

La figura 4.7 presentan medianas para los atributos sabor (4,48), acidez (4,24) y consistencia (4,43) YLE2 ubicados en el segundo cuartil en el 75% de la caja; indicando que tuvieron mayor preferencia por los jueces. Sin embargo, para aroma (3,90) y aspecto (4,33) YLP1 ubicados en el segundo cuartil; indicando que estos atributos tuvieron menor preferencia por los jueces.

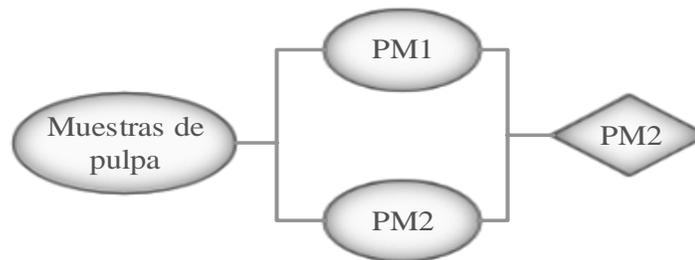
4.2.7.2 Análisis de varianza de la evaluación sensorial en la variación de cultivo láctico y tiempo de fermentación para el grupo 6

De acuerdo a los resultados del análisis de varianza extraídos de la tabla C.71 (sabor), tabla C.72 (aroma), tabla C.75 (acidez), tabla C.76 (aspecto) y tabla C.78 (consistencia) para las pruebas de yogurt griego sin pulpa de manzana (Anexo C), no existe diferencia significativa entre los atributos $p < 0,05$.

De acuerdo a caja y bigote para el grupo 6, se observó que el atributo sabor (4,48) de la muestra YLE2 fue el más aceptado por los jueces. Estadísticamente, se evidenció que no existe diferencia significativa entre los tratamientos (YLP1-YLE2). En relación al proceso, la variación del cultivo láctico y el tiempo de fermentación influye en la acidez del yogurt griego debido a que se disminuyó el tiempo de fermentación.

4.2.8 Pruebas preliminares para la obtención de pulpa de manzana

En la figura 4.8, se puede observar las dos pruebas preliminares que se realizaron a nivel experimental para la elaboración de pulpa de manzana variedad *Granny Smith*, con el propósito de determinar el tiempo de concentración del jarabe; la finalidad establecer una prueba de pulpa de manzana (PM2) para ser incorporada al yogurt griego.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.8. Pruebas preliminares para la pulpa de manzana

4.2.8.1 Variación del tiempo de concentración del jarabe de la pulpa de manzana

En la tabla 4.21, se muestra la variación del tiempo de concentración del jarabe de la pulpa de manzana, manteniendo constante la dosificación de la materia prima e insumos para la elaboración de dos pruebas de pulpa de manzana.

Tabla 4.21

Variación del tiempo de concentración del jarabe de la pulpa de manzana

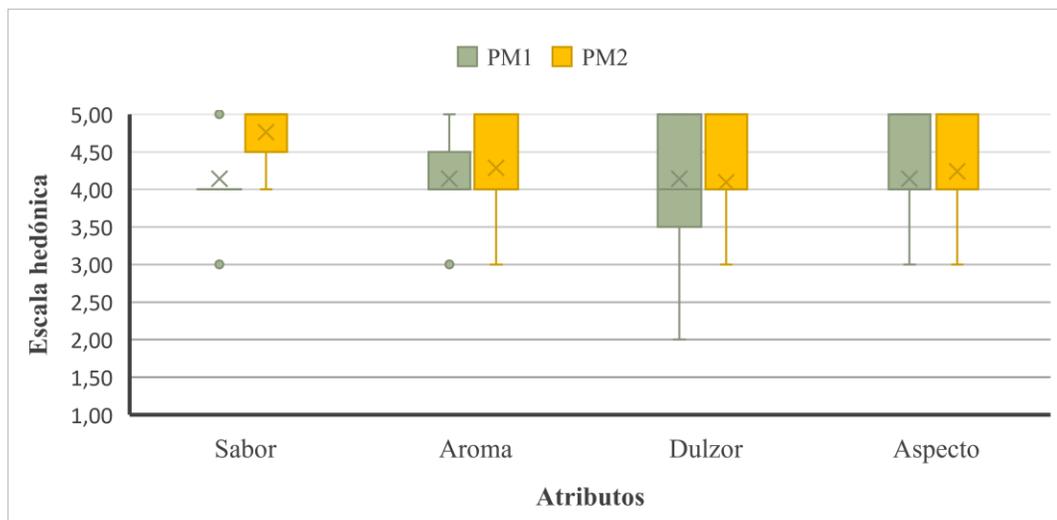
Muestras	Manzana	Agua	Azúcar	Glucosa	Ácido ascórbico	Tiempo de concentración
PM1	33,32 %	46,65 %	11,99 %	7,99 %	0,04 %	8 minutos
PM2	33,32 %	46,65 %	11,99 %	7,99 %	0,04 %	10 minutos

Fuente: Elaboración propia

En base a las dos pruebas de la tabla 4.21, se procedió a realizar la evaluación sensorial con 21 jueces no entrenados de acuerdo a los atributos sensoriales (figura 3.12).

4.2.8.2 Estadístico de caja y bigote en la variación del tiempo de concentración del jarabe de la pulpa de manzana

En la figura 4.9, se muestran caja y bigote en la variación del tiempo de concentración del jarabe de la pulpa de manzana; extraídos de la tabla C.93 (sabor), tabla C.97 (aroma), tabla C.98 (dulzor) y tabla C.101 (aspecto) para las pruebas de pulpa de manzana (Anexo C).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.9 Caja y bigote en la variación del tiempo de concentración del jarabe para la pulpa de manzana

La figura 4.9, se puede observar que la muestra PM2 presenta medianas para los atributos sabor (4,76) y aspecto (4,24); ubicados en el primer y segundo cuartil en el 75% de la caja; indicando que tuvieron mayor aceptación por los jueces. Sin embargo, para el atributo aroma (4,14) PM1 y dulzor (4,14) PM1 ubicados en el primer y segundo cuartil; indicando que estos atributos tuvieron menor preferencia por los jueces.

4.2.8.3 Estadístico de Tukey para el atributo sabor en la variación del tiempo de concentración del jarabe de la pulpa de manzana

En la tabla 4.22, se muestra los resultados del análisis estadístico de la prueba de Tukey y extraídos de la tabla C.98 para el atributo sabor (Anexo C).

Tabla 4.22

Estadístico de Tukey para el atributo sabor en la variación del tiempo de concentración del jarabe para la pulpa de manzana

Tratamientos	Valor	Diferencia	Significancia
PM2-PM1	0,62	0,62 > 0,32	Si hay significancia

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.22, se puede observar que existe diferencia estadística entre los tratamientos (PM2-PM1) $p < 0,05$.

4.2.8.4 Análisis de varianza de la evaluación sensorial en la variación de tiempo de concentración de la pulpa de manzana

De acuerdo a los resultados del análisis de varianza extraídos de la tabla C.99 (aroma), tabla C.102 (dulzor), tabla C.104 (aspecto) para las pruebas de pulpa de manzana (Anexo C), no existe diferencia significativa entre los atributos $p < 0,05$.

De acuerdo a caja y bigote en la variación del tiempo de concentración del jarabe de la pulpa de manzana, se observó que el atributo sabor (4,76) de la muestra PM2 fue el más aceptado por los jueces. Estadísticamente, se evidenció que existe diferencia significativa entre los tratamientos (PM2-PM1) $p < 0,05$. En relación al proceso, la variación del tiempo de concentración influye en el dulzor de la pulpa de manzana por efecto de los sólidos solubles.

4.3 Diseño factorial en el proceso de fermentación y tiempo de desuerado del yogurt griego sin pulpa

En base a la muestra ideal (YLE2), se procedió experimentalmente a realizar el diseño factorial 2^3 en la etapa de fermentación y tiempo de desuerado con dos niveles de variación de los factores (tabla 3.16); tomando en cuenta como variable respuesta (acidez en porcentaje de ácido láctico) de acuerdo NB229;1999 para la determinación de acidez titulable en productos lácteos (Anexo E).

4.3.1 Análisis de varianza para la variable respuesta acidez en el proceso de fermentación y tiempo de desuerado del yogurt griego sin pulpa

En la tabla 4.23, se puede observar los resultados obtenidos del análisis de varianza para la variable respuesta acidez (porcentaje de ácido láctico) en el proceso de fermentación y tiempo de desuerado del yogurt griego sin pulpa en base a los resultados de la tabla D.2 y extraídos del (Anexo D).

Tabla 4.23

Análisis de varianza de la variable respuesta acidez en el proceso de fermentación y tiempo de desuerado del yogurt griego sin pulpa

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados libertad (GL)	Media de cuadrados (CM)	F_{cal}	F_{tab}	Significancia
Total	$7,04 \times 10^{-3}$	15	-	-	-	-
Factor a	$5,63 \times 10^{-5}$	1	$5,63 \times 10^{-5}$	0,19	5,32	No
Factor b	$7,56 \times 10^{-4}$	1	$7,56 \times 10^{-4}$	2,57	5,32	No
Factor c	$1,56 \times 10^{-4}$	1	$1,56 \times 10^{-4}$	0,54	5,32	No
Interacción ab	$5,06 \times 10^{-4}$	1	$5,06 \times 10^{-4}$	1,72	5,32	No
Interacción ac	$6,25 \times 10^{-6}$	1	$6,25 \times 10^{-6}$	0,02	5,32	No
Interacción bc	$1,81 \times 10^{-3}$	1	$1,81 \times 10^{-3}$	6,16 *	5,32	Si
Interacción abc	$1,41 \times 10^{-3}$	1	$1,41 \times 10^{-3}$	4,80	5,32	No
Error	$2,35 \times 10^{-3}$	8	$2,94 \times 10^{-4}$	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

* Significativo

En la tabla 4.23, se puede observar que la interacción (bc): temperatura de fermentación-tiempo de desuerado $F_{cal} > F_{tab}$; es significativo para el proceso de fermentación y tiempo desuerado. Sin embargo, los factores: porcentaje de leche evaporada (a), temperatura de fermentación (b), tiempo de desuerado (c) e interacciones (ab) porcentaje de leche evaporada-temperatura de fermentación, (ac) porcentaje de leche evaporada-tiempo de desuerado, (abc) porcentaje de leche evaporada-temperatura de fermentación-tiempo de desuerado no son significativos en proceso de fermentación y tiempo desuerado $p < 0,05$.

De acuerdo al diseño factorial 2^3 aplicado en el proceso de fermentación y tiempo de desuerado, se puede establecer que la interacción (bc) temperatura de fermentación-

tiempo de desuerado, es significativo $(6,16) F_{\text{cal}} > F_{\text{tab}} (5,32)$. Sin embargo, los demás factores e interacciones no son significativos $p < 0,05$.

4.4 Comparación entre muestra experimental e ideal de yogurt griego sin pulpa

A nivel experimental, se procedió a elaborar dos muestras de yogurt griego sin pulpa, YDE muestra del diseño experimental que fue significativa estadísticamente por la interacción (bc) y YLE2 muestra ideal proveniente de las pruebas preliminares a la cual se le dio una nueva asignación de (YES), con los parámetros de temperatura de fermentación y tiempo de desuerado que se pueden observar en la tabla 4.24; con la finalidad de obtener una muestra experimental de yogurt griego sin pulpa.

Tabla 4.24

Temperatura de fermentación y tiempo de desuerado del yogurt griego sin pulpa

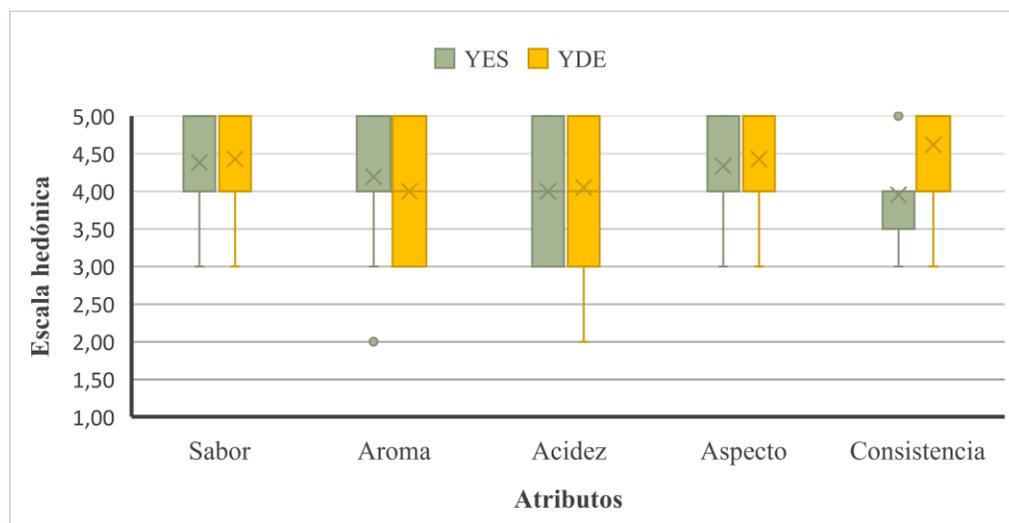
Muestras	Temperatura de fermentación	Tiempo de desuerado
YES	43°C	3,75 h
YDE	45°C	4,17 h

Fuente: Elaboración propia

En base a las dos pruebas de la tabla 4.24, se procedió a realizar la evaluación sensorial con 21 jueces no entrenados de acuerdo a los atributos sensoriales (figura 3.12).

4.4.1 Estadístico caja y bigote para muestra experimental e ideal de yogurt griego sin pulpa

En la figura 4.10, se muestran caja y bigote para la muestra experimental e ideal; extraídos de la tabla C.103 (sabor), tabla C.104 (aroma), tabla C.107 (acidez), tabla C.108 (aspecto) y tabla C.111 (consistencia) para las pruebas de yogurt griego sin pulpa (Anexo C).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.10. Caja y bigote para muestra experimental e ideal de yogurt griego sin pulpa

La figura 4.10 presenta medianas para la muestra YDE para los atributos consistencia (4,62), sabor (4,43) y aspecto (4,43), ubicadas en el segundo cuartil; indicando mayor aceptación por los jueces. Sin embargo, para los atributos aroma (4,19) YES y acidez (4,00) YES ubicados en el primer y segundo cuartil; indicando para estos atributos menor preferencia por los jueces.

4.4.2 Estadístico de Tukey para el atributo consistencia de la muestras experimental e ideal de yogurt griego sin pulpa

En la tabla 4.25, se muestran los resultados del análisis estadístico de la prueba de Tukey y extraídos de la tabla C.114 para el atributo consistencia (Anexo C).

Tabla 4.25

Estadístico de Tukey para el atributo consistencia de la muestra experimental e ideal de yogurt griego sin pulpa

Tratamientos	Valor	Diferencia	Significancia
YDE-YES	0,67	0,67 > 0,38	Si hay significancia

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.25, se puede observar que existe diferencia estadística entre los tratamientos (YDE-YES) para el atributo consistencia $p < 0,05$.

4.4.3 Análisis de varianza de la evaluación sensorial para muestra experimental e ideal de yogurt griego sin pulpa

De acuerdo a los resultados del análisis de varianza extraídos de la tabla C.105 (sabor), tabla C.106 (aroma), tabla C.109 (acidez), tabla C.110 (aspecto) para las pruebas de yogurt griego sin pulpa (Anexo C), no existe diferencia significativa $p < 0,05$.

De acuerdo a caja y bigote para muestra experimental e ideal de yogurt griego sin pulpa, se observó que el atributo consistencia (4,62) para la muestra YDE fue el más aceptado por los jueces. Estadísticamente, se evidenció que existe diferencia significativa entre los tratamientos (YDE-YES) $p < 0,05$. En relación al proceso, el incrementar la temperatura y tiempo de desuerado, influye en el atributo consistencia del yogurt griego por lo cual se eligió YDE como la muestra experimental de yogurt griego sin pulpa.

4.4.4 Comparación entre muestra experimental e ideal de yogurt griego con pulpa de manzana

Se procedió a elaborar dos muestras YDE (experimental) y YES (ideal), provenientes de la comparación entre muestra experimental e ideal de yogurt griego sin pulpa a las cuales se les dio una nueva asignación YM1 (ideal), YM2 (experimental). En base a ellas se incorporó pulpa de manzana alrededor del 15%, con los parámetros de temperatura de fermentación y tiempo de desuerado (tabla 4.26); con la finalidad de establecer alguna variación en el atributo consistencia que se pueda percibir mediante la evaluación sensorial y obtener una muestra final de yogurt griego con pulpa de manzana.

Tabla 4.26

Temperatura de fermentación y tiempo de desuerado de yogurt griego con pulpa de manzana

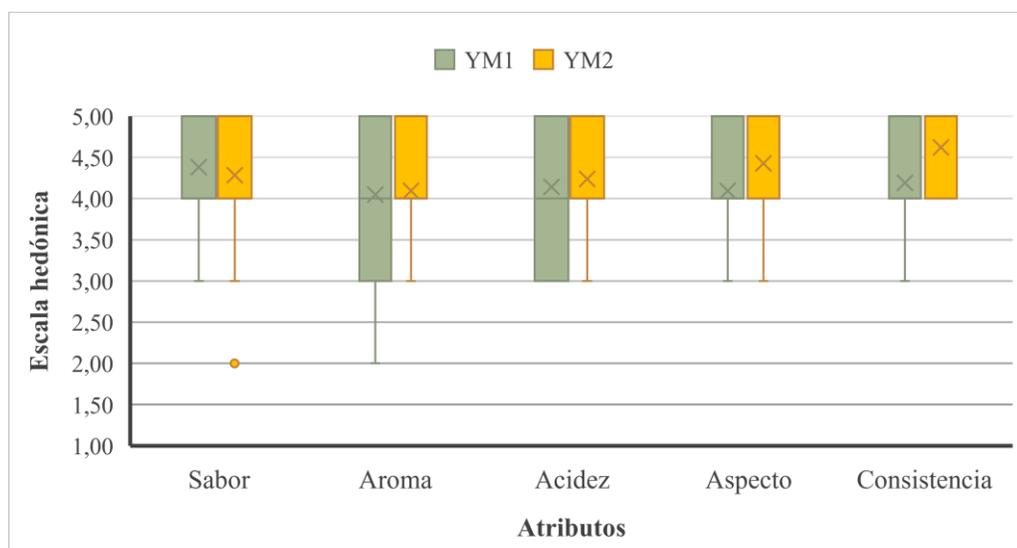
Muestras	Yogurt griego	Pulpa de manzana	Temperatura de fermentación	Tiempo de desuerado
YM1	85%	15%	43°C	3,75 h
YM2	85%	15%	45°C	4,17 h

Fuente: Elaboración propia

En base a las dos pruebas de la tabla 4.26, se procedió a realizar la evaluación sensorial con 21 jueces no entrenados de acuerdo a los atributos sensoriales (figura 3.12).

4.4.5 Estadístico caja y bigote para muestra experimental e ideal de yogurt griego con pulpa de manzana

En la figura 4.11, se puede observar caja y bigote para la muestra experimental e ideal; extraídos de la tabla C.115 (sabor), tabla C.116 (aroma), tabla C.119 (acidez), tabla C.121 (consistencia) y tabla C.125 (aspecto) para las pruebas de yogurt griego con pulpa de manzana (Anexo C).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.11. Caja y bigote para muestra experimental e ideal del yogurt griego con pulpa de manzana.

La figura 4.11 presenta medianas para los atributos aspecto (4,43) y consistencia (4,62) de la muestra YM2 ubicados en el segundo cuartil; indicando mayor aceptación por los jueces. Sin embargo, la muestra YM1 presenta mediana en los atributos sabor (4,05), aroma (4,38) y acidez (4,14) ubicados en el segundo cuartil; indicando menor preferencia por los jueces.

4.4.6 Estadístico de Tukey para el atributo aspecto de la muestra experimental e ideal del yogurt griego con pulpa de manzana

En la tabla 4.27, se muestran los resultados del análisis estadístico de la prueba de Tukey y extraídos de la tabla C.124 para el atributo aspecto (Anexo C).

Tabla 4.27

Estadístico de Tukey para el atributo aspecto de la muestra experimental e ideal de yogurt griego con pulpa de manzana

Tratamientos	Valor	Diferencia	Significancia
YM2-YM1	0,34	0,34 > 0,26	Si hay significancia

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.27, se puede observar que existe diferencia estadística entre los tratamientos (YM2-YM1) para el atributo aspecto $p < 0,05$.

4.4.7 Estadístico de Tukey para el atributo consistencia de la muestra experimental e ideal de yogurt griego con pulpa de manzana

En la tabla 4.28, se muestra los resultados del análisis estadístico de la prueba de Tukey y extraídos de la tabla C.128 para el atributo consistencia (Anexo C).

Tabla 4.28

Estadístico de Tukey para el atributo consistencia de la muestra experimental e ideal de yogurt griego con pulpa de manzana

Tratamientos	Valor	Diferencia	Significancia
YM2-YM1	0,43	0,43 > 0,38	Si hay significancia

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.28, se puede observar que existe diferencia estadística entre los tratamientos (YM2-YM1) para el atributo consistencia $p < 0,05$.

4.4.8 Análisis de varianza de la evaluación sensorial para muestra experimental e ideal de yogurt griego con pulpa de manzana

De acuerdo a los resultados del análisis de varianza extraídos de la tabla C.117 (sabor),

tabla C.118 (aroma), tabla C.120 (acidez) para las pruebas de yogurt griego con pulpa de manzana (Anexo C), no existe diferencia significativa $p < 0,05$.

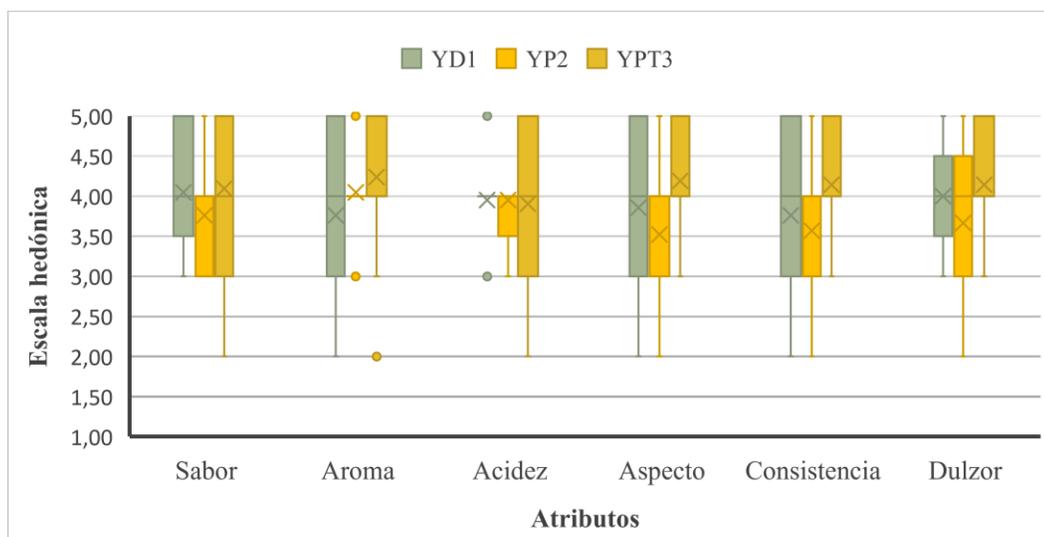
De acuerdo a caja y bigote para muestras experimental e ideal del yogurt griego con pulpa de manzana, se observó que los atributos consistencia (4,62) y aspecto (4,43) de la muestra YM2 fueron los más aceptados por los jueces. Estadísticamente, se evidenció que existe diferencia significativa entre los tratamientos (YM2-YM1) $p < 0,05$. En relación al proceso, el agregado de pulpa de manzana influye en el atributo consistencia; cambiando el aspecto del yogurt griego, por lo cual se eligió la muestra YM2 como muestra final de yogurt griego con pulpa de manzana.

4.5 Selección de muestra referencia de yogurt griego con pulpa

Debido a que no existe un yogurt griego con pulpa de manzana en la Ciudad de Tarija se tomó en cuenta como muestra referencia yogurt griego con pulpa de durazno de las marcas Delizia (YD1), Pil Andina (YP2) y Pil Tarija (YPT3) con la finalidad de contrastar el atributo consistencia.

4.5.1 Estadístico caja y bigote para selección de muestra referencia de yogurt griego con pulpa

En la figura 4.12, se muestra caja y bigote para selección de muestra referencia; extraídos de la tabla C.79 (sabor), tabla C.80 (aroma), tabla C.83 (acidez), tabla C.85 (aspecto), tabla C.89 (consistencia) y tabla C.90 (dulzor) para las muestras de yogurt griego (Anexo C).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.12. Caja y bigote para selección de muestra referencia de yogurt griego con pulpa

La figura 4.12, presenta medianas para la muestra YPT3 para los atributos aspecto (4,19), consistencia (4,14) y dulzor (4,14) ubicados cerca del primer cuartil; indicando que tuvieron mayor aceptación por los jueces. Sin embargo, para sabor (4,05) YD1, aroma (3,76) YD1, (4,05) YP2, acidez (3,95) YD1 ubicadas en el segundo cuartil, sabor (3,76) YP2 y acidez (3,95) YP2 ubicadas cercano al segundo y tercer cuartil; indicando que estos atributos tuvieron menor preferencia por los jueces.

4.5.2 Estadístico de Tukey para el atributo aspecto de la selección de muestra referencia de yogurt griego con pulpa

En la tabla 4.29, se muestra los resultados del análisis estadístico de la prueba de Tukey y extraídos de la tabla C.88 para el atributo aspecto (Anexo C).

Tabla 4.29

Estadístico de Tukey para el atributo aspecto de la selección de muestra referencia de yogurt griego con pulpa

Tratamientos	Valor	Diferencia	Significancia
YPT3-YP2	0,67	$0,67 > 0,65$	Si hay significancia
YPT3-YD1	0,33	$0,33 < 0,65$	No hay significancia
YD1-YP2	0,34	$0,34 < 0,65$	No hay significancia

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.29, se puede observar que existe diferencia estadística en los tratamientos YPT3-YP2. Sin embargo, para los tratamientos YPT3-YD1, YD1-YP2, no existe diferencia significativa $p < 0,05$.

4.5.3 Análisis de varianza de la evaluación sensorial para selección de muestra referencia de yogurt griego con pulpa

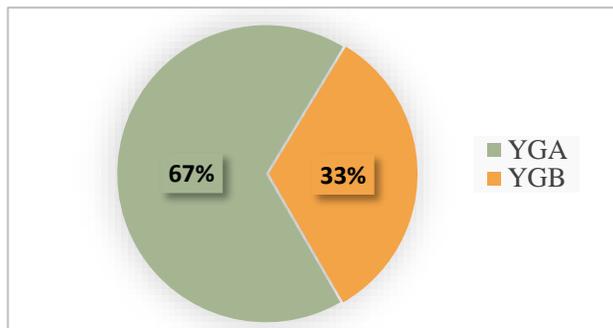
De acuerdo a los resultados del análisis de varianza extraídos de la tabla C.81 (sabor), tabla C.82 (aroma), tabla C.84 (acidez), tabla C.91 (consistencia), tabla C.92 (dulzor), para las muestras de yogurt griego de referencia (Anexo C), no existe diferencia significativa $p < 0,05$.

De acuerdo a caja y bigote para selección de muestra referencia de yogurt griego con pulpa, se observó que el atributo aspecto (4,19) de la muestra YPT3 fue el más aceptado por los jueces. Estadísticamente, se evidenció que existe diferencia significativa entre los tratamientos (YPT3-YP2) y como muestra referencia se tomó en cuenta la muestra YPT3 de la marca Pil Tarija.

4.5.4 Evaluación sensorial para comparar producto final y muestra referencia

Se realizó una evaluación sensorial con 21 jueces no entrenados de acuerdo a la pregunta cerrada “seleccione la muestra con una “X” la que usted prefiere en cuanto al atributo sabor y consistencia”, de YM2 (producto final), YPT3 (referencia), a las cuales se dio una nueva asignación de YGA (producto final) y YGB (referencia)

En la figura 4.13, se muestra la comparación del producto final y muestra referencia para el atributo sabor del yogurt griego de acuerdo a los resultados de la tabla F.1 (Anexo F).

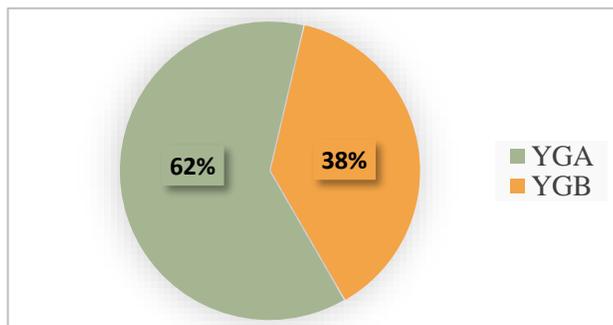


En la figura 4.13, se muestra la comparación del producto final y muestra referencia para el atributo sabor, donde el 67% de los jueces prefirieron la muestra YGA y el 33% de los jueces la muestra YGB.

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.13. Comparación del producto final y muestra referencia para el atributo sabor

En la figura 4.14, se muestra la comparación del producto final y muestra referencia para el atributo consistencia del yogurt griego de acuerdo a los resultados de la tabla F.2 (Anexo F).



En la figura 4.14, se muestra la comparación del producto final y muestra referencia para el atributo consistencia, donde el 62% de los jueces prefirieron la muestra YGA y el 38% de los jueces la muestra YGB.

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.14. Comparación del producto final y muestra referencia para el atributo consistencia

En base a la comparación del producto final y la muestra referencia, se estableció que la muestra de mayor preferencia por los jueces es YGA (producto final); para el atributo sabor los jueces la prefirieron en un 67% y en un 33% la rechazaron, en cuanto al atributo consistencia los jueces la prefirieron en 62% y en un 38% la rechazaron.

4.7 Parámetros fisicoquímicos en el proceso de fermentación y desuerado de yogurt griego sin pulpa

Se procedió a realizar una comparación del parámetro acidez y pH de las muestras ideal (YES) y experimental (YDE) provenientes de la comparación entre la muestra experimental e ideal de yogurt griego sin pulpa. Ambas muestras fueron controladas desde el inicio del proceso de fermentación hasta finalizar con la etapa de desuerado en intervalos de 22,5 minutos en la fermentación de 3,75 horas a temperatura de 43°C Y1 (ideal) y 45°C Y2 (experimental). Para el desuerado en intervalos 25 minutos para Y1 de 3,75 horas y Y2 de 4,17 horas.

4.7.1 Control de acidez en el proceso de fermentación del yogurt griego sin pulpa

Para realizar el control de acidez titulable en el proceso de fermentación del yogurt griego sin pulpa, se procedió a utilizar la NB229;1999 (Anexo E) y en la tabla 4.30, se muestran los valores obtenidos de los resultados del control de acidez tabla G.1 (Anexo G) en función del tiempo de fermentación de 225 minutos (3,75 horas) en intervalo de tiempo entre 22,5 minutos por cada prueba realizada.

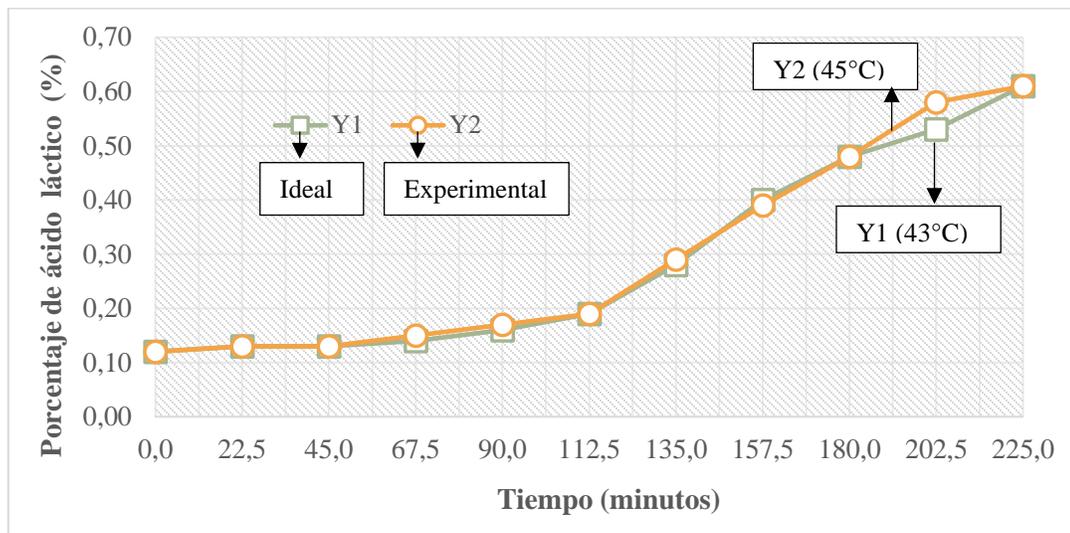
Tabla 4.30

Control de acidez en el proceso de fermentación para la elaboración del yogurt griego sin pulpa

Tiempo (minutos)	Ácido láctico (%)	
	Y1 (43°C)	Y2 (45°C)
0,0	0,12	0,12
22,5	0,13	0,13
45,0	0,13	0,13
67,5	0,14	0,15
90,0	0,16	0,17
112,5	0,19	0,19
135,0	0,28	0,29
157,5	0,40	0,39
180,0	0,48	0,48
202,5	0,53	0,58
225,0	0,61	0,61

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.15, se muestra el control de acidez en el proceso de fermentación del yogurt griego sin pulpa de datos extraídos de la tabla 4.30.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.15. Control de acidez en el proceso de fermentación de yogurt griego sin pulpa

En la figura 4.15, se puede observar a los 0 minutos el porcentaje de ácido láctico es 0,12%; para un tiempo 45 minutos es 0,13%. Así mismo, a partir de los 112,5 minutos el porcentaje de ácido láctico es 0,19% de ambas muestras de igual manera a los 180 minutos la acidez es 0,48%. Posteriormente, existe un aumento del porcentaje de ácido láctico para el minuto 202,5 de la muestra Y2(45°C) alrededor del 0,58% y un descenso de acidez en la muestra Y1 (43°C) de 0,53% y al terminar el proceso de fermentación las dos muestras Y1 y Y2 alcanzan un porcentaje de ácido láctico de 0,61%.

4.7.2 Control de pH en el proceso de fermentación del yogurt griego sin pulpa

Para realizar el control de pH en el proceso de fermentación del yogurt griego sin pulpa, se utilizó el método para determinación de pH según el L.T.A (Anexo E). En la tabla 4.31, se muestran los valores obtenidos de los resultados del pH en función al tiempo de fermentación de 225 minutos (3,75 horas) en intervalo de tiempo entre 22,5 minutos por cada prueba realizada.

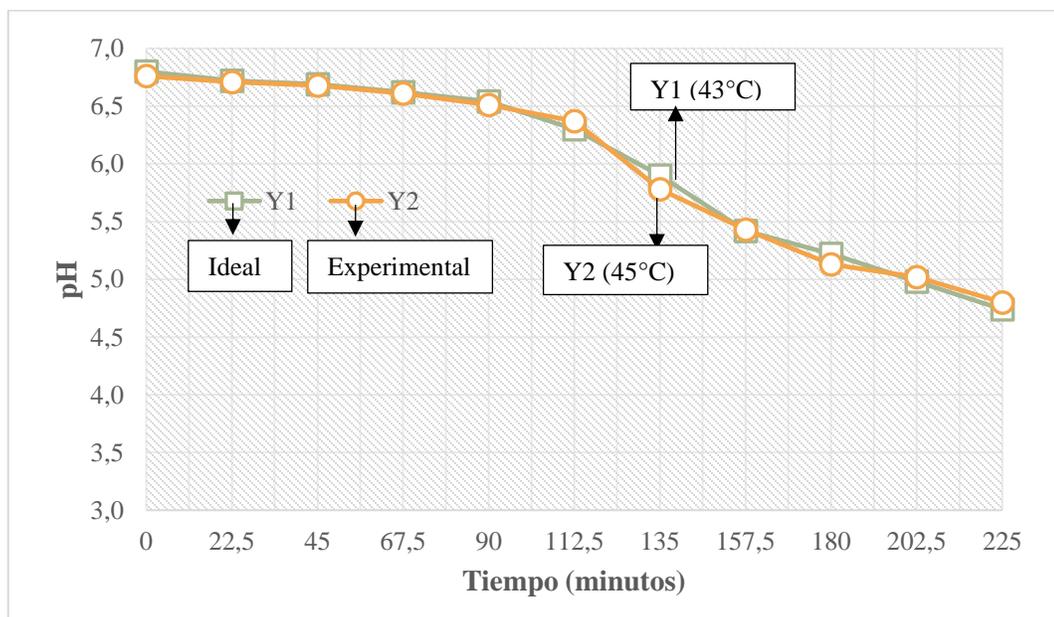
Tabla 4.31

Control de pH en el proceso de fermentación del yogurt griego sin pulpa

Tiempo (minutos)	pH	
	Y1 (43°C)	Y2 (45°C)
0,0	6,80	6,76
22,5	6,72	6,71
45,0	6,69	6,68
67,5	6,62	6,61
90,0	6,54	6,51
112,5	6,30	6,37
135,0	5,90	5,78
157,5	5,42	5,43
180,0	5,22	5,13
202,5	4,98	5,02
225,0	4,74	4,80

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.16, se muestra el control de pH en el proceso de fermentación del yogurt griego sin pulpa de datos extraídos de la tabla 4.31.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.16. Control de pH en el proceso de fermentación del yogurt griego sin pulpa

En la figura 4.16, se puede observar para 0 minutos el pH inicial es 6,80 (Y1) y 4,76 (Y2). Posteriormente a los 112,5 minutos existe una variación en la muestra Y2 a 45°C con pH 6,37 y muestra Y1 a 43°C con 6,30. Transcurrido el tiempo de fermentación el pH de ambas muestras disminuye hasta finalizar el proceso para Y1 que presenta un valor de 4,74 y para Y2 de 4,80.

4.7.3 Control de acidez en la etapa de desuerado del yogurt griego sin pulpa

Realizado el proceso de fermentación del yogurt griego sin pulpa, se procedió a tomar en cuenta la etapa de desuerado a fin de determinar la acidez, para llevar a cabo el control de acidez, se utilizó la NB229;1999 (Anexo E). En la tabla 4.32, se muestran los valores obtenidos de los resultados de acidez tabla G.2 (Anexo G) en función del tiempo de desuerado entre 225 minutos (3,75 horas) Y1 y 250 minutos (4,17 horas) Y2 en intervalo de tiempo de 25 minutos por cada prueba realizada.

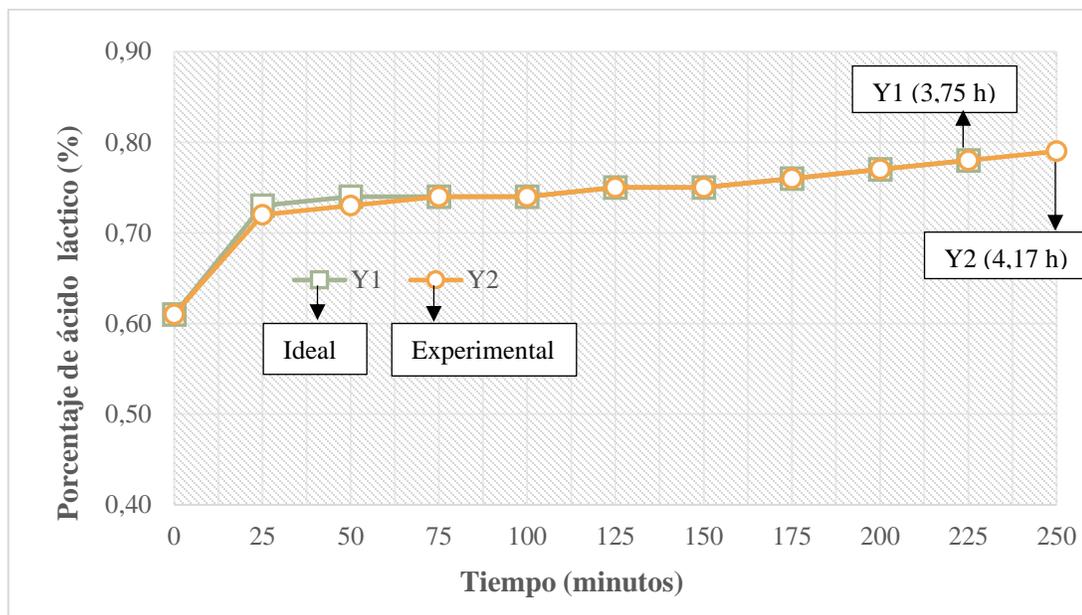
Tabla 4.32

Control de acidez en la etapa de desuerado del yogurt griego sin pulpa

Tiempo (minutos)	Ácido láctico (%)	
	Y1	Y2
0	0,61	0,61
25	0,73	0,72
50	0,74	0,73
75	0,74	0,74
100	0,74	0,74
125	0,75	0,75
150	0,75	0,75
175	0,76	0,76
200	0,77	0,77
225	0,78	0,78
250	-	0,79

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.17, se muestra el control de acidez en la etapa de desuerado del yogurt griego sin pulpa de datos extraídos de la tabla 4.32.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.17. Control de acidez en la etapa de desuerado del yogurt griego sin pulpa

En la figura 4.17, se puede observar el porcentaje de ácido láctico inicial de 0,61% para (Y1) y (Y2). Desde (0 a 25) minutos se evidencia un aumento del porcentaje de ácido láctico de 0,73% (Y1) y 0,72% (Y2), entre (75 a 100) minutos el porcentaje de ácido láctico se mantiene constante de 0,74% y de igual manera entre (125 a 150) minutos con un valor 0,75%. Finaliza la etapa de desuerado del yogurt de la muestra Y1 después de 225 minutos con un porcentaje de ácido láctico de 0,78% y transcurridos los 250 minutos Y2 alcanza un valor final de 0,79%.

4.7.4 Control de pH en la etapa de desuerado del yogurt griego sin pulpa

Realizado el proceso de fermentación del yogurt griego sin pulpa, se procedió a tomar en cuenta la etapa de desuerado a fin de determinar el pH, para llevar a cabo el control de pH se utilizó el método según el L.T.A (Anexo E). En la tabla 4.33, se muestran los valores obtenidos de los resultados del pH en función del tiempo de desuerado entre 225 minutos (3,75 horas) Y1 y 250 minutos (4,17 horas) Y2 en intervalo de tiempo de 25 minutos por cada prueba realizada.

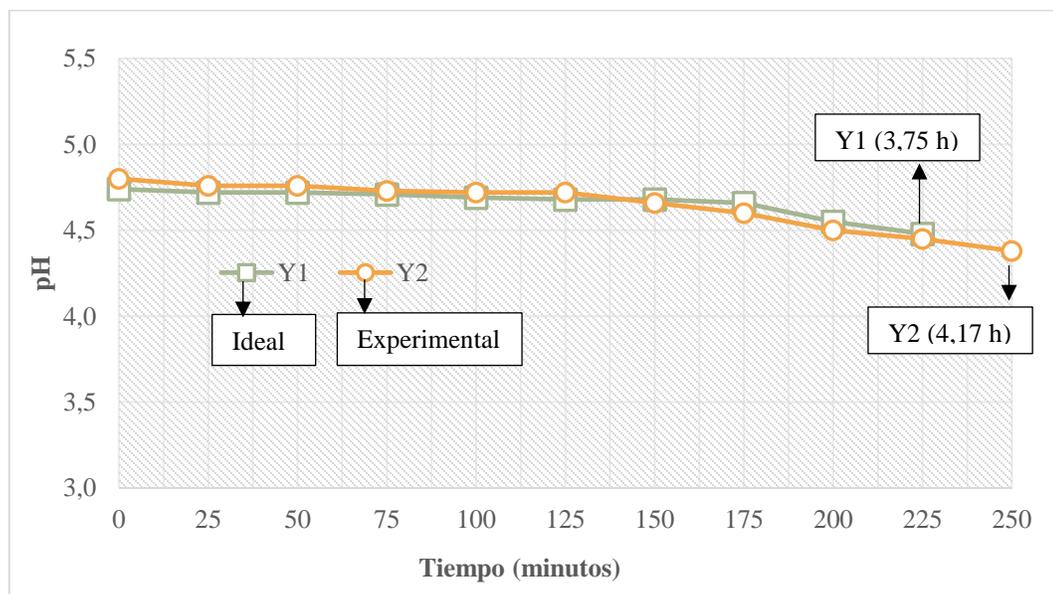
Tabla 4.33

Control de pH en la etapa de desuerado del yogurt griego sin pulpa

Tiempo (minutos)	pH	
	Y1	Y2
0	4,74	4,80
25	4,72	4,76
50	4,72	4,76
75	4,71	4,73
100	4,69	4,72
125	4,68	4,72
150	4,68	4,66
175	4,66	4,60
200	4,55	4,50
225	4,48	4,45
250	-	4,38

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.18, se muestra el control de pH en la etapa de desuerado del yogurt griego sin pulpa de datos extraídos de la tabla 4.33.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.18. Control de pH en la etapa de desuerado del yogurt griego sin pulpa

En la figura 4.18, se puede observar para 0 minutos el pH inicial es 4,74 (Y1) y 4,80 (Y2). Entre (25 a 50) minutos la muestra Y1 tiene un valor de 4,72 y la muestra Y2 4,76. Así mismo, para los 150 minutos el valor de pH de Y2 empieza a descender de 4,66 y para la muestra Y1 después de 175 minutos el pH es 4,66. Posteriormente finaliza la etapa de desuerado entre 225 minutos Y1 con un valor de 4,48 y a los 250 minutos Y2 alcanza un pH final de 4,38.

4.7.5 Control de acidez del suero en la etapa de desuerado

Se procedió a tomar en cuenta la etapa de desuerado a fin de determinar la acidez del suero que se obtiene como subproducto, para llevar a cabo el control de acidez, se utilizó la NB229;1999 (Anexo E). En la tabla 4.34, se muestran los valores obtenidos de los resultados del control de acidez tabla G.3 (Anexo G) en función del tiempo de desuerado entre 225 minutos (3,75 h) Y1 y 250 minutos (4,17 h) Y2 en intervalo de tiempo de 25 minutos por cada prueba realizada.

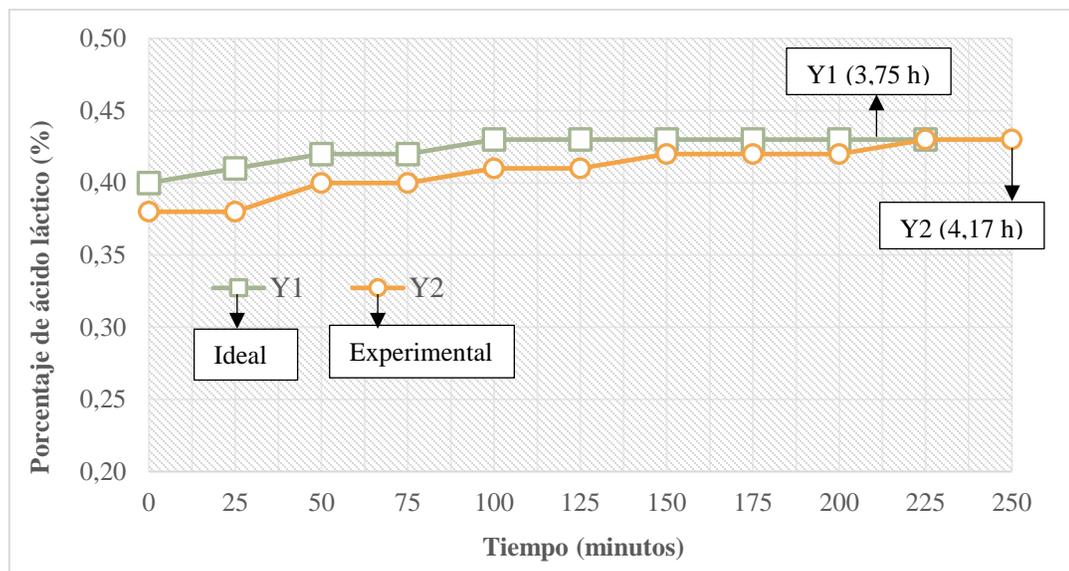
Tabla 4.34

Control de acidez del suero en la etapa de desuerado

Tiempo (minutos)	Ácido láctico (%)	
	Y1	Y2
0	0,40	0,38
25	0,41	0,38
50	0,42	0,40
75	0,42	0,40
100	0,43	0,41
125	0,43	0,41
150	0,43	0,42
175	0,43	0,42
200	0,43	0,42
225	0,43	0,43
250	-	0,43

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.19, se muestra el control de acidez del suero obtenido como subproducto en la etapa de desuerado de datos extraídos tabla 4.34.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.19. Control de acidez del suero en la etapa de desuerado

En la figura 4.19, se puede observar para 0 minutos el porcentaje de ácido láctico del suero es 0,40% (Y1) y 0,38% (Y2). Entre (100 a 225) minutos el porcentaje de ácido láctico 0,43% se mantiene constante para Y1 y la muestra Y2 aumenta su porcentaje de ácido láctico a medida que transcurre el tiempo lentamente hasta los 250 minutos donde tiene un valor de 0,43% al final del proceso de desuerado.

4.7.6 Control de pH del suero en la etapa de desuerado del yogurt griego sin pulpa

Se procedió a tomar en cuenta la etapa de desuerado a fin de determinar el pH del suero que se obtiene como subproducto, para llevar a cabo el control de pH, se utilizó el método según el L.T.A (Anexo E). En la tabla 4.35, se puede observar los valores obtenidos de los resultados del pH del suero en función del tiempo de desuerado entre 225 minutos (3,75 h) Y1 y 250 minutos (4,17) Y2 en intervalo de tiempo de 25 minutos por cada prueba realizada.

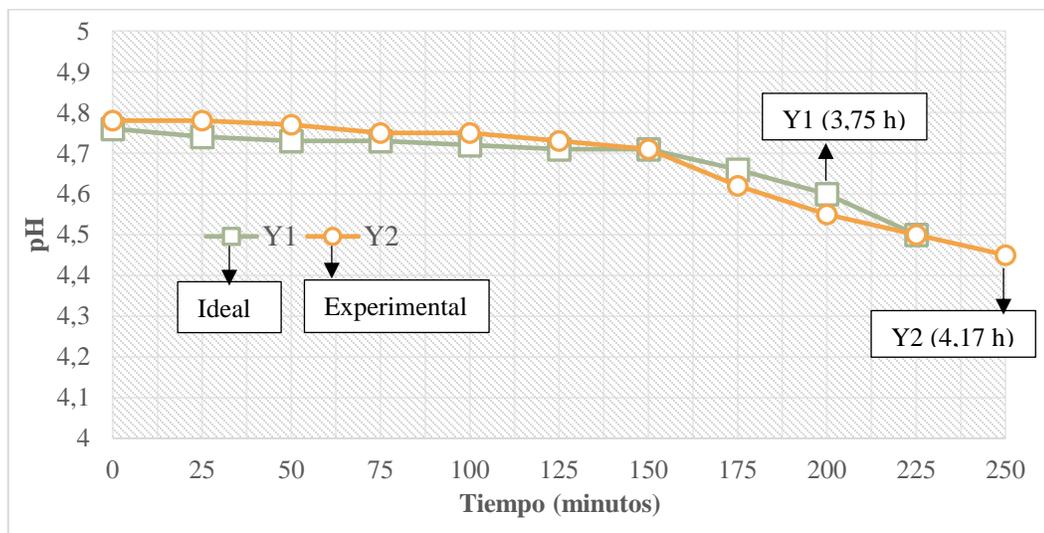
Tabla 4.35

Control de pH del suero en la etapa de desuerado

Tiempo (minutos)	pH	
	Y1	Y2
0	4,76	4,78
25	4,74	4,78
50	4,73	4,77
75	4,73	4,75
100	4,72	4,75
125	4,71	4,73
150	4,71	4,71
175	4,66	4,62
200	4,60	4,55
225	4,50	4,50
250	-	4,45

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.20, se muestra el control de pH en el suero obtenido como subproducto en la etapa de desuerado de datos extraídos de la tabla 4.35.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.20. Control de pH del suero en la etapa de desuerado

En la figura 4.20, se puede observar que el pH inicial del suero es 4,76 (Y1) y 4,78 (Y2). Entre 150 minutos el pH tiene un valor de 4,71 para ambas muestras. Así mismo,

se puede apreciar un descenso del pH hasta los 225 minutos donde la muestra Y1 tiene un pH de 4,50 y transcurridos los 250 minutos Y2 alcanza un pH final de 4,45.

4.8 Control de parámetros fisicoquímicos del yogurt griego sin pulpa durante el almacenamiento

Se realizó el control de los parámetros fisicoquímicos (acidez y pH) de la muestra experimental YDE, el control se hizo a dos muestras de yogurt griego sin pulpa; una sin conservante YG1 y otra con conservantes (benzoato de sodio y sorbato de potasio) YG2, ambas muestras se almacenaron bajo refrigeración a 0°C durante 25 días.

4.8.1 Control fisicoquímico de acidez durante el almacenamiento del yogurt griego sin pulpa

En la tabla 4.36, se muestra los valores obtenidos de los resultados del control de acidez del yogurt griego sin pulpa, de las muestras sin conservante (YG1) y con conservante (YG2); en función del tiempo de almacenamiento de datos extraídos de la tabla G.4 (Anexo G).

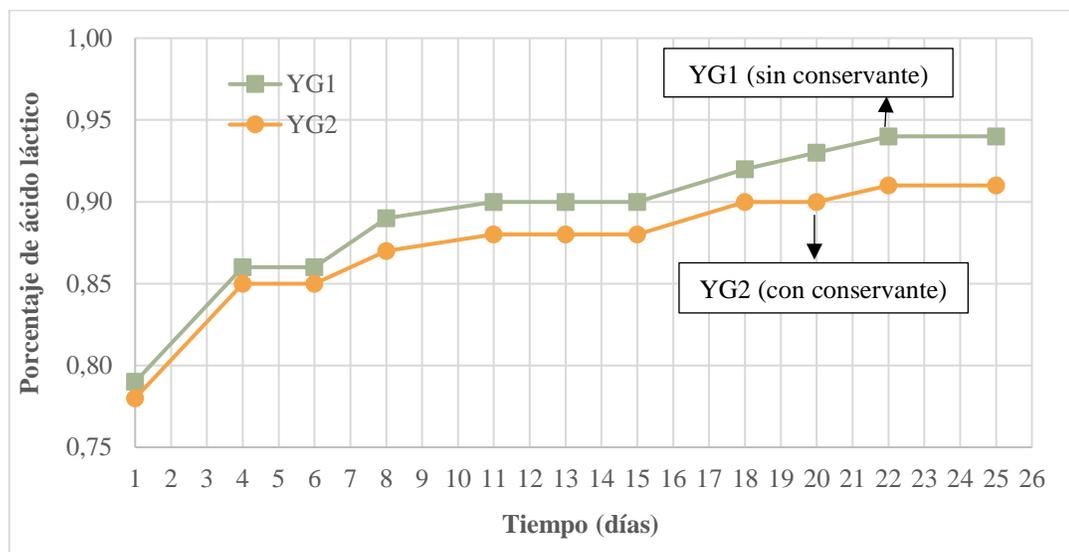
Tabla 4.36

Control de acidez durante el almacenamiento del yogurt griego sin pulpa con y sin conservante

Tiempo (días)	Ácido láctico (%)	
	YG1	YG2
1	0,79	0,78
4	0,86	0,85
6	0,86	0,85
8	0,89	0,87
11	0,90	0,88
13	0,90	0,88
15	0,90	0,88
18	0,92	0,90
20	0,93	0,90
22	0,94	0,91
25	0,94	0,91

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.21, se muestra el control de acidez durante el almacenamiento del yogurt griego sin pulpa de datos extraídos de la tabla 4.36.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.21. Control de acidez durante el almacenamiento del yogurt griego sin pulpa con y sin conservante

En la figura 4.21, se puede observar los valores de acidez en porcentaje de ácido láctico en la etapa de almacenamiento durante 25 días del yogurt griego sin pulpa. El valor de acidez inicial es 0,79% (YG1) y 0,78% (YG2), entre (11 y 15) días el valor de acidez se mantiene constante durante este tiempo entre 0,90% (YG1) y 0,88% (YG2), pero al finalizar los 25 días de almacenamiento la muestra YG1 alcanza un porcentaje de ácido láctico de 0,94% y (YG2) 0,91%.

4.8.2 Control fisicoquímico de pH durante el almacenamiento del yogurt griego sin pulpa

En la tabla 4.37, se muestra los valores obtenidos de los resultados del control de pH del yogurt griego sin pulpa, sin conservante (YG1) y con conservante (YG2); en función del tiempo de almacenamiento.

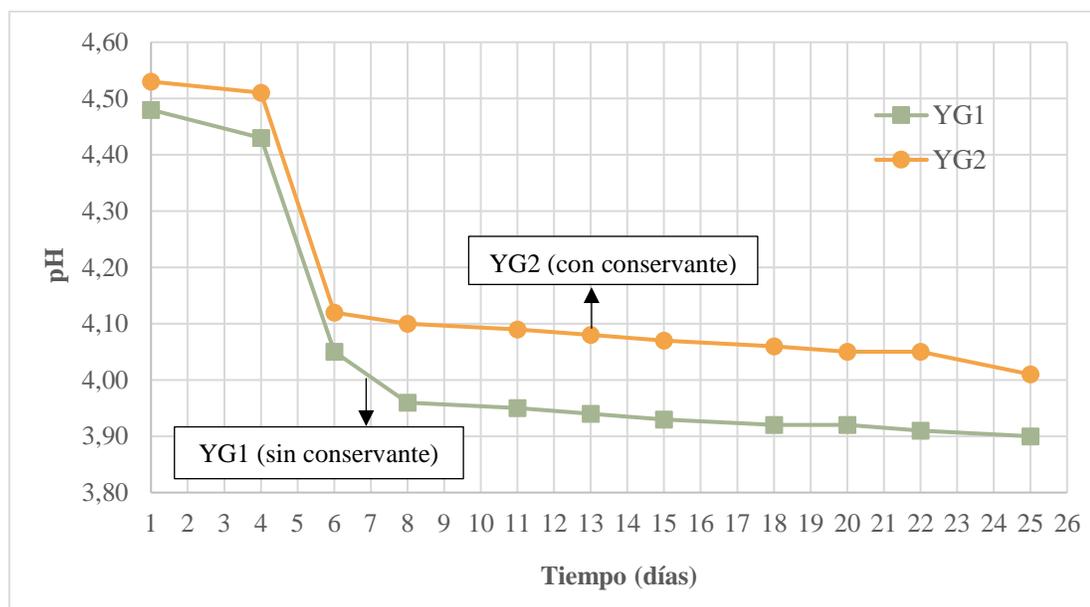
Tabla 4.37

Control de pH durante el almacenamiento del yogurt griego sin pulpa con y sin conservante

Tiempo (días)	pH	
	YG1	YG2
1	4,48	4,53
4	4,43	4,51
6	4,05	4,12
8	3,96	4,10
11	3,95	4,09
13	3,94	4,08
15	3,93	4,07
18	3,92	4,06
20	3,92	4,05
22	3,91	4,05
25	3,90	4,01

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.22, se muestra el control de pH durante el almacenamiento del yogurt griego sin pulpa de datos extraídos de la tabla 4.37.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.22. Control de pH durante el almacenamiento del yogurt griego sin pulpa con y sin conservante

En la figura 4.22, se puede observar los valores de pH en la etapa de almacenamiento durante 25 días del yogurt griego sin pulpa. El valor de pH inicial es 4,48 (YG1) y 4,53 (YG2), entre (1 y 4) días el pH desciende ligeramente a 4,43 (YG1) y 4,51 (YG2). Posteriormente, se evidencia un descenso rápido hasta el sexto día, donde el pH es 4,05 para YG1 y 4,12 (YG2), pero al finalizar los 25 días de almacenamiento la muestra YG1 alcanza un pH de 3,90 y (YG2) 4,01.

4.9 Control de parámetros fisicoquímicos de la pulpa de manzana durante el almacenamiento

Tomando en cuenta la formulación de la muestra (PM2); se elaboró dos muestras de pulpa de manzana sin conservante PSC y con conservantes (benzoato de sodio y sorbato de potasio) PCC, posteriormente se realizó un seguimiento de control de los parámetros (°Brix, acidez y pH) por un lapso de tiempo de almacenamiento de 36 días.

4.9.1 Control fisicoquímico de los °Brix de la pulpa de manzana durante el almacenamiento

En la tabla 4.38, se muestra los valores obtenidos de los resultados del control de °Brix de la pulpa de manzana, sin conservante (PSC) y con conservante (PCC); en función del tiempo de almacenamiento.

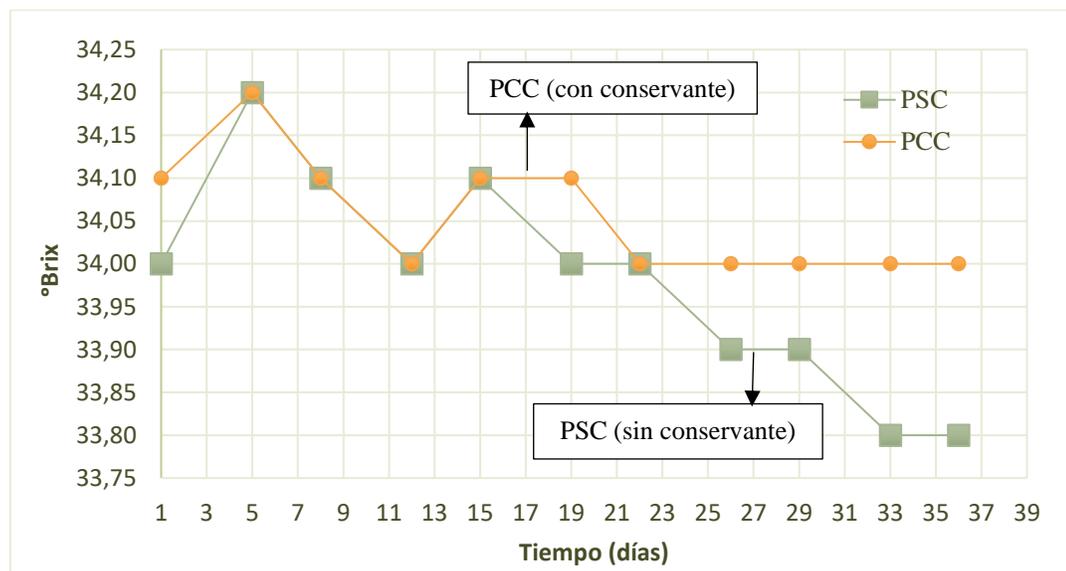
Tabla 4.38

Control de °Brix durante el almacenamiento de la pulpa de manzana con y sin conservante

Tiempo (días)	°Brix	
	PSC	PCC
1	34,00	34,10
5	34,20	34,20
8	34,10	34,10
12	34,00	34,00
15	34,10	34,10
19	34,00	34,10
22	34,00	34,00
26	33,90	34,00
29	33,90	34,00
33	33,80	34,00
36	33,80	34,00

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.23, se muestra el control de °Brix durante el almacenamiento de la pulpa de manzana de datos extraídos de la tabla 4.38.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.23. Control de °Brix durante el almacenamiento de la pulpa de manzana con y sin conservante

En la figura 4.23, se puede observar los valores de °Brix en la etapa de almacenamiento durante 36 días de la pulpa de manzana. El valor de °Brix inicial es 34,00 (PSC) y 34,10 (PCC), entre (1 y 5) días existe un aumento entre 34,20°Brix en ambas muestras. A partir (5 a 12) días se puede evidenciar un descenso de 34°Brix para PSC y PCC. Posteriormente, transcurridos 22 días hasta finalizar el almacenamiento la muestra PCC se mantiene constante en 34°Brix y la muestra PSC desciende hasta alcanzar los 33,80°Brix.

4.9.2 Control fisicoquímico de acidez de la pulpa de manzana durante el almacenamiento

Para realizar el control de acidez, se procedió a utilizar la técnica análisis de determinación de acidez titulable (Anexo E) y en la tabla 4.39, se muestra valores obtenidos de los resultados del control de acidez en porcentaje de ácido ascórbico de la pulpa de manzana, sin conservante (PSC) y con conservante (PCC); en función del tiempo de almacenamiento de datos extraídos de la tabla G.5 (Anexo G).

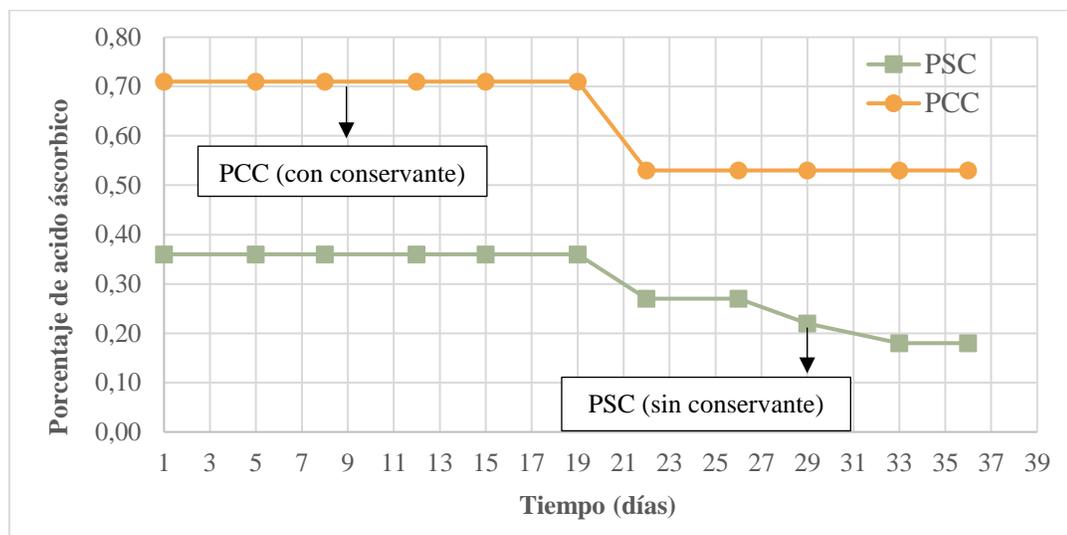
Tabla 4.39

Control de acidez durante el almacenamiento de la pulpa de manzana con y sin conservante

Tiempo (días)	Ácido ascórbico (%)	
	PSC	PCC
1	0,36	0,71
5	0,36	0,71
8	0,36	0,71
12	0,36	0,71
15	0,36	0,71
19	0,36	0,71
22	0,27	0,53
26	0,27	0,53
29	0,22	0,53
33	0,18	0,53
36	0,18	0,53

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.24, se muestra el control de acidez durante el almacenamiento de la pulpa de manzana de datos extraídos de la tabla 4.39.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.24. Control de acidez durante el almacenamiento de la pulpa de manzana con y sin conservante

En la figura 4.24, se puede observar los valores de acidez en porcentaje de ácido ascórbico en la etapa de almacenamiento durante 36 días de la pulpa de manzana. El valor de acidez inicial es 0,36% (PSC) y 0,71 (PCC), entre (1 y 9) días el valor de acidez se mantiene constante alrededor de 0,36% para la muestra PSC, seguidamente desciende su acidez hasta que alcanza el valor de 0,18% al finalizar el almacenamiento. Para la muestra PCC el valor de acidez de 0,71% persiste desde (1 a 19) días, posteriormente desciende su acidez hasta alcanzar el valor final de 0,53%.

4.9.3 Control fisicoquímico de pH de la pulpa de manzana durante el almacenamiento

En la tabla 4.40, se muestra los valores obtenidos de los resultados del control de pH de la pulpa de manzana, sin conservante (PSC) y con conservante (PCC); en función del tiempo de almacenamiento.

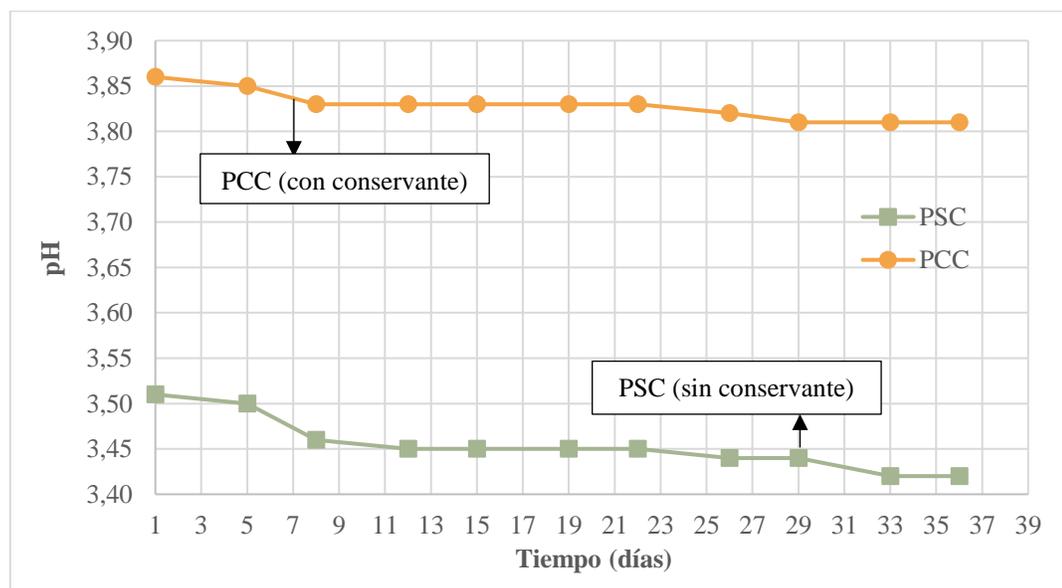
Tabla 4.40

Control de pH durante el almacenamiento de la pulpa de manzana con y sin conservante

Tiempo (días)	pH	
	PSC	PCC
1	3,51	3,86
5	3,50	3,85
8	3,46	3,83
12	3,45	3,83
15	3,45	3,83
19	3,45	3,83
22	3,45	3,83
26	3,44	3,82
29	3,44	3,81
33	3,42	3,81
36	3,42	3,81

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.25, se muestra el control de pH durante el almacenamiento de la pulpa de manzana de datos extraídos de la tabla 4.40.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.25. Control de pH durante el almacenamiento de la pulpa de manzana con y sin conservante

En la figura 4.25, se puede observar los valores de pH en la etapa de almacenamiento durante 36 días de la pulpa de manzana. El valor de pH inicial es 3,51 (PSC) y 3,86 (PCC), entre (12 y 22) días el pH se mantiene constante alrededor 3,45 para la muestra PSC, posteriormente va descendiendo hasta alcanzar el valor final de 3,42. Para la muestra PCC el valor de pH 3,83 persiste desde los 8 hasta 22 días, pero finalizado el almacenamiento alcanza un valor de 3,81.

4.10 Seguimiento de los parámetros fisicoquímico del yogurt griego sin pulpa

Para realizar el seguimiento de los parámetros fisicoquímicos del yogurt griego sin pulpa, se tomó en cuenta el análisis fisicoquímico y de minerales para comparar los cambios con el agregado de la pulpa de manzana:

4.10.1 Análisis fisicoquímico del yogurt griego sin pulpa

En la tabla 4.41, indica los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico del yogurt griego sin pulpa.

Tabla 4.41

Análisis fisicoquímico del yogurt griego sin pulpa

Componentes	Unidad	Cantidad
Cenizas	%	0,41
Fibra	%	n.d.
Materia grasa	%	6,16
Hidratos de carbono	%	13,89
Humedad	%	74,77
Proteína total (Nx6,38)	%	4,77
Valor energético	Kcal/100g	130,08

Fuente: CEANID, 2019

En la tabla 4.41, se puede observar que el yogurt griego sin pulpa contiene: ceniza 0,41%; fibra n.d.; materia grasa 13,89%; hidratos de carbono 13,89%; humedad 74,77%; proteína total 4,77% y valor energético 130,08 Kcal/100g.

4.10.2 Análisis de minerales del yogurt griego sin pulpa

En la tabla 4.42, indica los resultados obtenidos del análisis de minerales del yogurt

griego sin pulpa.

Tabla 4.42

Análisis de minerales del yogurt griego sin pulpa

Minerales	Unidad	Cantidad
Calcio	mg/100g	117
Fósforo	mg/100g	68
Potasio	mg/100g	122

Fuente: CEANID, 2019

En la tabla 4.42, se puede observar que el yogurt griego sin pulpa contiene minerales como ser: calcio 117 mg/100g; fósforo 68 mg/100g y potasio 122 mg/100g.

4.11 Caracterización del producto terminado

Para caracterizar el producto terminado yogurt griego con pulpa de manzana se tomó en cuenta los siguientes aspectos:

4.11.1 Análisis fisicoquímico del yogurt griego con pulpa de manzana

En la tabla 4.43, indica los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico del producto terminado yogurt griego con pulpa de manzana.

Tabla 4.43

Análisis fisicoquímico del yogurt griego con pulpa de manzana

Componentes	Unidad	Cantidad
Acidez (ácido láctico)	%	0,99
Cenizas	%	1,10
Densidad relativa (20°C)	g/ml	1,0495
Fibra	%	n.d.
Materia grasa	%	5,02
Hidratos de carbono	%	15,20
Humedad	%	74,02
pH (20°C)	-	4,28
Proteína total (Nx6,38)	%	4,66
Sólidos solubles	°Brix	16,60
Valor energético	Kcal/100g	124,62

Fuente: CEANID, 2019

En la tabla 4.43, se puede observar que el yogurt griego con pulpa de manzana contiene: acidez 0,99%; ceniza 1,10%; densidad relativa 1,0495 g/ml; fibra n.d.; materia grasa 5,02%; hidratos de carbono 15,20%; humedad 74,02%; pH 4,28; proteína total 4,66%; sólidos solubles 16,60°Brix y valor energético 124,62 Kcal/100g.

4.11.2 Análisis de minerales del yogurt griego con pulpa de manzana

En la tabla 4.44, indica los resultados obtenidos del análisis de minerales del yogurt griego con pulpa de manzana.

Tabla 4.44

Análisis de minerales del yogurt griego con pulpa de manzana

Minerales	Unidad	Cantidad
Calcio	mg/100g	103
Fósforo	mg/100g	79
Potasio	mg/100g	155

Fuente: CEANID, 2019

En la tabla 4.44, se puede observar que el yogurt griego contiene minerales como ser: calcio 103 mg/100g; fósforo 79 mg/100g y potasio 155 mg/100g.

4.11.3 Análisis microbiológico del yogurt griego con pulpa de manzana

En la tabla 4.45, indica los resultados obtenidos del análisis microbiológico del yogurt griego con pulpa de manzana.

Tabla 4.45

Análisis microbiológico del yogurt griego con pulpa de manzana

Microorganismo	Unidad	Cantidad
Coliformes fecales	UFC/ml	<1,0 x 10 ¹ (*)
Escherichia coli	UFC/ml	<1,0 x 10 ¹ (*)
Mohos y levaduras	UFC/ml	<1,0 x 10 ¹ (*)

Fuente: CEANID, 2019

En la tabla 4.45, se muestra los resultados del análisis microbiológico del yogurt griego con pulpa de manzana contiene: Coliformes fecales <1,0 x 10¹ (*) UFC/ml; Escherichia coli <1,0 x 10¹ (*) UFC/ml y Mohos y Levaduras <1,0 x 10¹ (*) UFC/ml.

4.12 Control de parámetros fisicoquímicos del yogurt griego con pulpa de manzana durante el almacenamiento

Se realizó el control de los parámetros fisicoquímicos (acidez y pH) de la muestra final YM2, el control se hizo a dos muestras del producto terminado; sin conservante YP1 y con conservantes (benzoato de sodio sorbato de potasio) YP2, el almacenamiento se realizó bajo refrigeración a 0°C durante 25 días.

4.12.1 Control fisicoquímico de acidez durante el almacenamiento del yogurt griego con pulpa de manzana

En la tabla 4.46, se muestra los valores obtenidos de los resultados del control de acidez del yogurt griego con pulpa de manzana, sin conservante (YP1) y con conservante (YP2); en función del tiempo de almacenamiento de datos extraídos de la tabla G.6 (Anexo G).

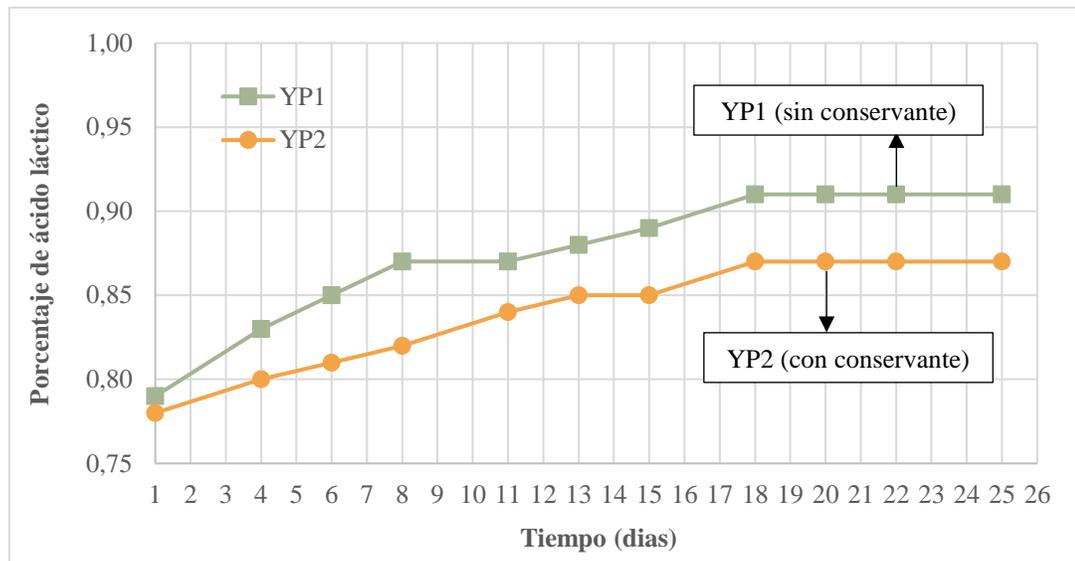
Tabla 4.46

Control de acidez durante el almacenamiento del yogurt griego con pulpa de manzana con y sin conservante

Tiempo (días)	Ácido láctico (%)	
	YP1	YP2
1	0,79	0,78
4	0,83	0,80
6	0,85	0,81
8	0,87	0,82
11	0,87	0,84
13	0,88	0,85
15	0,89	0,85
18	0,91	0,87
20	0,91	0,87
22	0,91	0,87
25	0,91	0,87

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.26, se muestra el control de acidez durante el almacenamiento del yogurt griego con pulpa de manzana de datos extraídos de la tabla 4.46.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.26. Control de acidez durante el almacenamiento del yogurt griego con pulpa con y sin conservante

En la figura 4.26, se puede observar los valores de acidez en porcentaje de ácido láctico en la etapa de almacenamiento durante 25 días del yogurt griego con pulpa de manzana. El valor de acidez inicial es 0,79% (YP1) y 0,78% (YP2), entre (8 y 11) días el valor de acidez es 0,87% para la muestra YP1, a partir de los 18 días el valor de acidez de 0,91% se mantiene constante hasta que finaliza el almacenamiento y la muestra YP2, entre (13 y 15) días el valor de acidez es 0,85%, posteriormente desde los 18 días la acidez de 0,87 % hasta el día 25 no varía.

4.12.2 Control fisicoquímico de pH durante el almacenamiento del yogurt griego con pulpa de manzana

En la tabla 4.47, se muestra los valores obtenidos de los resultados del control de pH del yogurt griego con pulpa de manzana, sin conservante (YP1) y con conservante (YP2); en función del tiempo de almacenamiento.

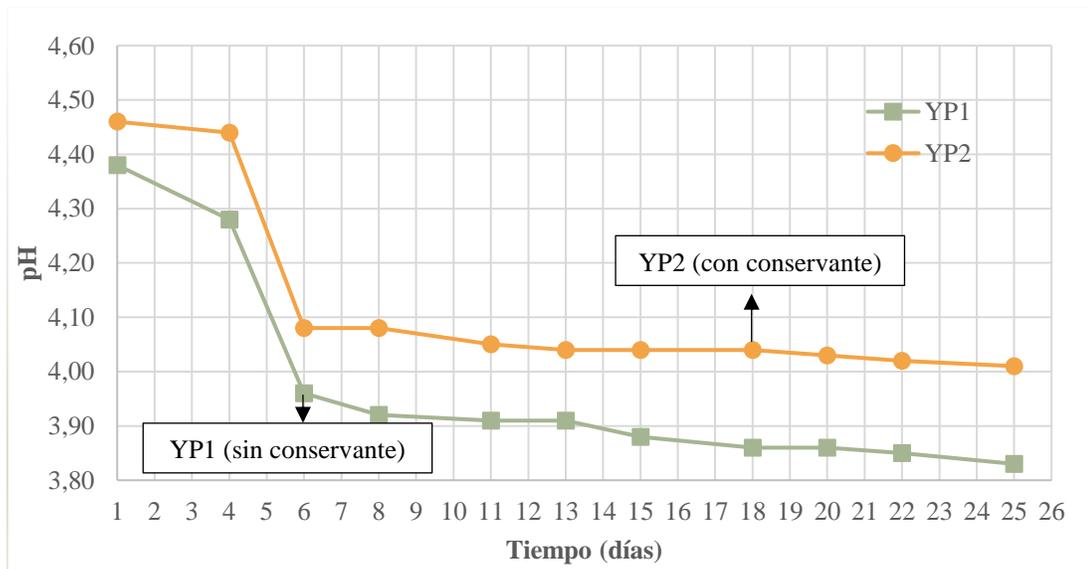
Tabla 4.47

Control del pH durante el almacenamiento del yogurt griego con pulpa de manzana con y sin conservante

Tiempo (días)	pH	
	YP1	YP2
1	4,38	4,46
4	4,28	4,44
6	3,96	4,08
8	3,92	4,08
11	3,91	4,05
13	3,91	4,04
15	3,88	4,04
18	3,86	4,04
20	3,86	4,03
22	3,85	4,02
25	3,83	4,01

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.27, se muestra el control de pH durante el almacenamiento del yogurt griego con pulpa de manzana de datos extraídos de la tabla 4.47.



Fuente: Elaboración propia

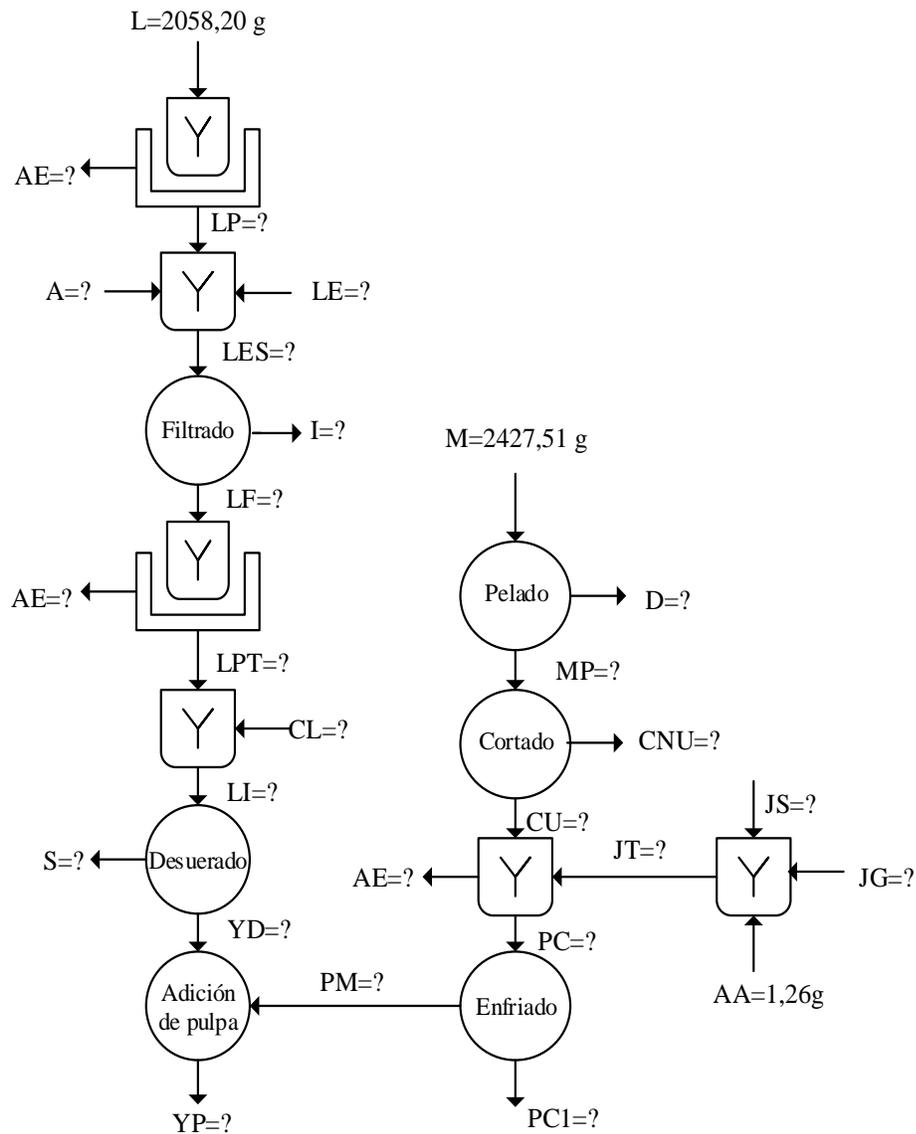
Figura 4.27. Control de pH durante el almacenamiento del yogurt griego con pulpa de manzana con y sin conservante

En la figura 4.27, se puede observar los valores del pH en la etapa de almacenamiento de 25 días del yogurt griego con pulpa de manzana. El valor de pH inicial es 4,38 (YP1) y 4,46 (YP2), entre (4 y 6) días existe un descenso rápido del pH alrededor de 4,28 en YP1 y 4,44 (YP2). Posteriormente el valor de pH va descendiendo hasta el final del proceso de almacenamiento donde la muestra YP1 alcanza el valor final de pH 3,83 y (YP2) 4,01.

Finalizado el control de acidez y pH durante un almacenamiento de 25 días del producto terminado yogurt griego con pulpa de manzana de las muestras YP1 y YP2, se pudo evidenciar que durante este tiempo la muestra YP1 (sin conservante) tuvo un ascenso de acidez y descenso de pH rápido, sin embargo; la muestra YP2 (con conservante) tuvo un ascenso de acidez y descenso de pH más lento.

4.13 Balance de materia en el proceso de elaboración de yogurt griego con pulpa de manzana

El balance de materia se realizó tomando en cuenta el diagrama de la figura 4.28 para el proceso de elaboración del yogurt griego con pulpa de manzana, para un cálculo base de 2 litros de leche (2058,20 g), la densidad de la leche es de 1,0291 g/ml.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.28. Balance de materia en el proceso de elaboración de yogurt griego con pulpa de manzana.

Donde:

L= Cantidad de leche fresca natural (g)

AE= Cantidad de agua evaporada (g)

LP= Cantidad de leche precalentada (g)

A= Cantidad de azúcar (g)

LE= Cantidad de leche evaporada (g)

LES= Cantidad de leche estandarizada (g)

I= Cantidad de impurezas (g)

LF= Cantidad de leche filtrada (g)

LPT= Cantidad de leche pasteurizada (g)

CL= Cantidad de cultivo láctico (g)

LI= Cantidad de leche inoculada (g)

S= Cantidad de suero de yogurt (g)

YD= Cantidad de yogurt desuerado (g)

YP= Cantidad de yogurt griego con pulpa (g)

M= Cantidad de manzanas sin tratar (g)

D= Cantidad de descarte (cáscara y semillas) (g)

MP= Cantidad de manzana pelada (g)

CNU= Cantidad de cubitos de manzana no útiles (g)

CU= Cantidad de cubitos útiles de manzana (g)

JS= Cantidad de jarabe de sacarosa (g)

JG= Cantidad de jarabe de glucosa (g)

AA= Cantidad de ácido ascórbico (g)

JT= Cantidad de jarabe a 30°Brix (g)

PC= Cantidad de pulpa de manzana concentrada (g)

PC1= Cantidad de pulpa de manzana concentrada no utilizada (g)

PM= Cantidad de pulpa de manzana (g)

x_{LP}^1 = Fracción sólida de leche precalentada

x_{LP}^2 = Fracción líquida de leche precalentada

x_A^1 = Fracción sólida del azúcar

x_A^2 = Fracción líquida del azúcar

x_{LE}^1 = Fracción sólida de leche evaporada

x_{LE}^2 = Fracción líquida de leche evaporada

x_{LPT}^1 = Fracción sólida de leche pasteurizada

x_{LPT}^2 = Fracción líquida de leche pasteurizada

x_{CL}^1 = Fracción sólida del cultivo lácteo

x_{CL}^2 = Fracción líquida del cultivo lácteo

x_{LI}^1 = Fracción sólida de leche inoculada

x_{LI}^2 = Fracción líquida de leche inoculada

x_M^{PC} = Porción comestible de las manzanas

x_M^{PNC} = Porción no comestible de las manzanas

x_D^{PC} = Porción comestible del descarte

x_D^{PNC} = Porción no comestible del descarte

x_{MP}^{PC} = Porción comestible de las manzanas peladas

x_{MP}^{PNC} = Porción no comestible de las manzanas peladas

x_{JT}^1 = Fracción sólida del jarabe total

x_{JT}^2 = Fracción líquida del jarabe total

x_{JS}^1 = Fracción sólida del jarabe de sacarosa

x_{JS}^2 = Fracción líquida del jarabe de sacarosa

x_{JG}^1 = Fracción sólida del jarabe de glucosa

x_{JG}^2 = Fracción líquida del jarabe de glucosa

x_{G1}^1 = Fracción sólida de la corrección del jarabe de glucosa

x_{G2}^2 = Fracción líquida de la corrección del jarabe de glucosa

x_G^1 = Fracción sólida de glucosa

x_G^2 = Fracción líquida de glucosa

x_{G2}^1 = Fracción sólida del jarabe de glucosa corregido

x_{G2}^2 = Fracción líquida del jarabe de glucosa corregido

x_{CU}^1 = Fracción sólida de la manzana

x_{CU}^2 = Fracción líquida de la manzana

x_{AE}^1 = Fracción sólida del agua evaporada

x_{AE}^2 = Fracción líquida del agua evaporada

x_{PC}^1 = Fracción sólida de la pulpa concentrada

x_{PC}^2 = Fracción líquida de la pulpa concentrada

x_{YD}^{PYD} = Porción de yogurt desuerado en la adición de la pulpa

x_{YD}^{PPM} = Porción de pulpa de manzana en la adición de la pulpa

x_{PM}^{PYD} = Porción de yogurt desuerado en la adición de la pulpa

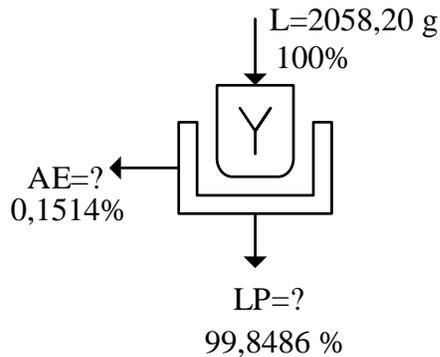
x_{PM}^{PPM} = Porción de pulpa de manzana en la adición de la pulpa

x_{YP}^{PYD} = Porción de yogurt desuerado en el yogurt griego con pulpa de manzana

x_{YP}^{PPM} = Porción de pulpa de manzana en el yogurt griego con pulpa de manzana

4.13.1 Balance de materia en la etapa de precalentado de la leche natural

En la figura 4.29, se muestra el proceso de balance de materia de la etapa de precalentado de leche fresca natural.



Fuente: Elaboración propia
Figura 4.29. Etapa de precalentado

Balance de materia global en la etapa de precalentado:

$$L = LP + AE \quad \text{Ecuación 4.1}$$

Para el cálculo de LP, se tomó en cuenta los porcentajes de rendimiento en la etapa de precalentado:

$$LP = L (0,9985)$$

$$LP = 2058,20 (0,9985) = 2055,1127 \text{ g de leche precalentada}$$

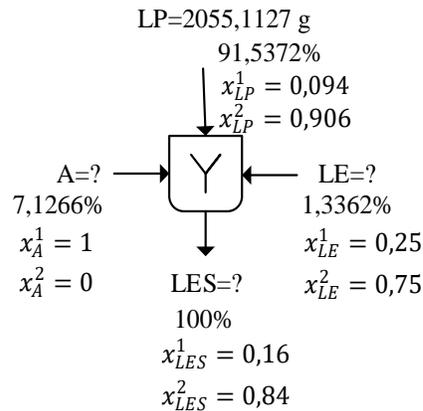
Para el cálculo de AE, se tomó en cuenta los porcentajes de rendimiento en la etapa de precalentado:

$$AE = L (0,0015)$$

$$AE = 2058,20 (0,0015) = 3,0878 \text{ g de agua evaporada}$$

4.13.2 Balance de materia en la etapa de estandarizado

En la figura 4.30, se muestra la etapa de estandarizado de la mezcla para realizar el balance de materia.



Fuente: Elaboración propia
Figura 4.30. Etapa de estandarizado

Balance de materia global en la etapa de estandarizado:

$$LES = LP + A + LE \quad \text{Ecuación 4.2}$$

Para el cálculo de LE, se tomó en cuenta los porcentajes de rendimiento en la etapa de estandarizado:

$$LE = \frac{1,3362 \cdot 2055,1127}{91,5372} = 29,9991 \text{ g de leche evaporada}$$

Balance parcial para el agua en la etapa de estandarizado:

$$LES * x_{LES}^2 = LP * x_{LP}^2 + A * x_A^2 + LE * x_{LE}^2$$

$$LES * 0,84 = 2055,1127 * 0,906 + A * 0 + 29,9991 * 0,75$$

$$LES = \frac{1861,9321 + 29,9991 * 0,75}{0,84} = 2243,3715 \text{ g de leche estandarizada}$$

Balance parcial para el sólido en la etapa de estandarizado:

$$LES * x_{LES}^1 = LP * x_{LP}^1 + A * x_A^1 + LE * x_{LE}^1$$

$$2243,3715 * 0,16 = 2055,1127 * 0,094 + A * 1 + 29,9991 * 0,25$$

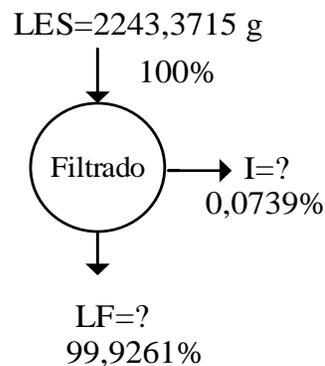
$$358,9394 = 193,1806 + A + 7,4998$$

$$358,9394 - 193,1806 - 7,4998 = A$$

A = 158, 259 g de azúcar

4.13.3 Balance de materia en la etapa de filtrado

En la figura 4.31, se muestra la etapa de filtrado de la mezcla de leche para realizar el balance de materia.



Fuente: Elaboración propia
Figura 4.31. Etapa de filtrado

Balance de materia global en la etapa de filtrado:

$$LES = I + LF \quad \text{Ecuación 4.3}$$

Para el cálculo de LF, se tomó en cuenta los porcentajes de rendimiento en la etapa de filtrado:

$$LF = LES (0,9993)$$

$$LP = 2243,3715 (0,9993) = 2241,8011 \text{ g de leche filtrada}$$

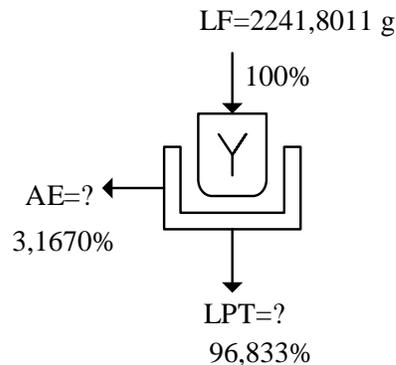
Para el cálculo de I, se tomó en cuenta los porcentajes de rendimiento en la etapa de filtrado:

$$I = LES (0,0739)$$

$$I = 2243,3715 (0,0007) = 1,5704 \text{ g de impurezas}$$

4.13.4 Balance de materia en la etapa de pasteurización

En la figura 4.32, se muestra la etapa de pasteurización de la mezcla de leche para realizar el balance de materia.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.32. Etapa de pasteurización

Balance de materia global en la etapa de pasteurización:

$$LF = AE + LPT \quad \text{Ecuación 4.4}$$

Para el cálculo de LPT, se tomó en cuenta los porcentajes de rendimiento en la etapa de pasteurización:

$$LPT = LF (0,9683)$$

$$LPT = 2241,8011 (0,9683) = 2170,7360 \text{ g de leche pasteurizada}$$

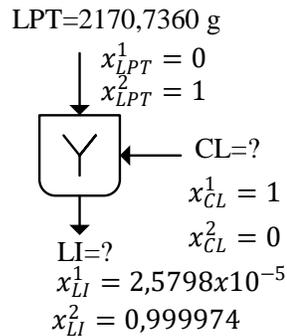
Para el cálculo de AE, se tomó en cuenta los porcentajes de rendimiento en la etapa de pasteurización:

$$AE = LF (0,0317)$$

$$AE = 2241,8011 (0,0317) = 71,0651 \text{ g de agua evaporada}$$

4.13.5 Balance de materia en la etapa de inoculación

En la figura 4.33, se muestra la etapa de inoculación de la mezcla para realizar el balance de materia.



Fuente: Elaboración propia
Figura 4.33. Etapa de inoculación

Balance de materia global en la etapa de inoculación:

$$LI = LPT + CL$$

Ecuación 4.5

Balance parcial para el agua en la etapa de inoculación:

$$LI * x_{LI}^2 = LPT * x_{LPT}^2 + CL * x_{CL}^2$$

$$LI * 0,999987 = 2170,7360 * 1 + CL * 0$$

$$LI = \frac{2170,7360}{0,999974} = 2170,7924 \text{ g de leche inoculada}$$

Balance parcial para el sólido en la etapa de inoculación:

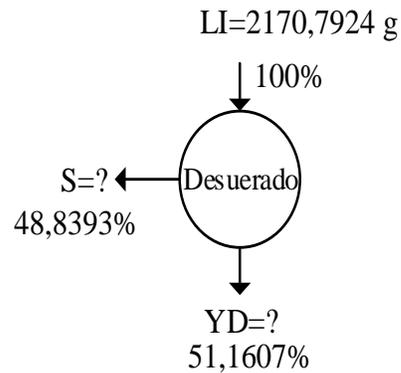
$$LI * x_{LI}^1 = LPT * x_{LPT}^1 + CL * x_{CL}^1$$

$$2170,7924 * 2,5798x10^{-5} = LPT * 0 + CL * 1$$

$$CL = 0,0560 \text{ g de cultivo láctico}$$

4.13.6 Balance de materia en la etapa de desuerado

En la figura 4.34, se muestra la etapa de desuerado del yogurt para realizar el balance de materia.



Fuente: Elaboración propia
Figura 4.34. Etapa de desuerado

Balance de materia global en la etapa de desuerado:

$$LI = S + YD \quad \text{Ecuación 4.6}$$

Para el cálculo de YD, se tomó en cuenta los porcentajes de rendimiento en la etapa de desuerado:

$$YD = LI (0,5116)$$

$$YD = 2170,7924 (0,5116) = 1110,5774 \text{ g de yogurt griego}$$

Para el cálculo de S, se tomó en cuenta los porcentajes de rendimiento en la etapa de desuerado:

$$S = LI (0,4884)$$

$$S = 2170,7924 (0,4884) = 1060,2150 \text{ g de suero de yogurt}$$

Rendimiento del yogurt griego:

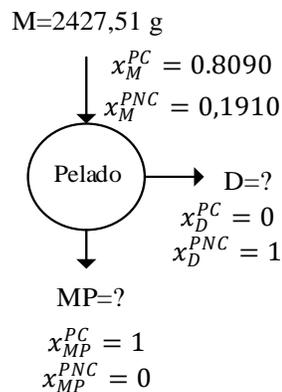
$$R = \frac{\text{Producto obtenido}}{\text{Leche estandarizada}} * 100$$

$$R = \frac{1110,5774 \text{ g}}{2243,3715 \text{ g}} * 100 = 50 \%$$

4.13.7 Balance de materia en la etapa de pelado de las manzanas

En balance de materia para elaborar pulpa de manzana, se realizó tomando en cuenta el diagrama de flujo figura 4.27 y la tabla 4.1. Para el cálculo se tomó en cuenta 12 manzanas de peso total 2427,51 g.

En la figura 4.35, se muestra el proceso de balance de materia en la etapa de pelado de las manzanas.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.35. Etapa de pelado de las manzanas

Balance de materia global en la etapa de pelado:

$$M = D + MP \quad \text{Ecuación 4.7}$$

Balance parcial para la porción comestible en la etapa de pelado de las manzanas:

$$M * x_M^{PC} = D * x_D^{PC} + MP * x_{MP}^{PC}$$

$$2427,51 * 0,8090 = D * 0 + MP * 1$$

MP= 1963,8556 g de manzanas peladas

Balance parcial para la porción no comestible en la etapa de pelado de las manzanas:

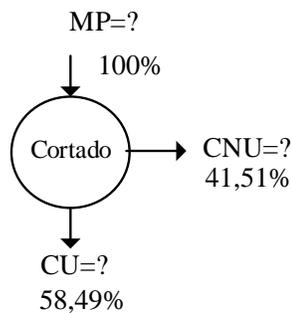
$$M * x_M^{PNC} = D * x_D^{PNC} + MP * x_{MP}^{PNC}$$

$$2427,51 * 0,1910 = D * 1 + MP * 0$$

$D = 463,6544$ g de desperdicios

4.13.8 Balance de materia en la etapa de cortado de las manzanas

En la figura 4.36, se muestra el proceso de balance de materia en la etapa de cortado de la porción comestible de las manzanas.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.36. Etapa de cortado de las manzanas

Balance de materia global en la etapa de cortado:

$$MP = CNU + CU \quad \text{Ecuación 4.8}$$

Para el cálculo de CU, se tomó en cuenta los porcentajes de rendimiento en la etapa de cortado:

$$CU = MP (0,5849)$$

$$CU = 1963,8556 (0,5849) = 1148,6591 \text{ g de cubitos útiles de manzana}$$

Para el cálculo de CNU, se tomó en cuenta los porcentajes de rendimiento en la etapa de cortado:

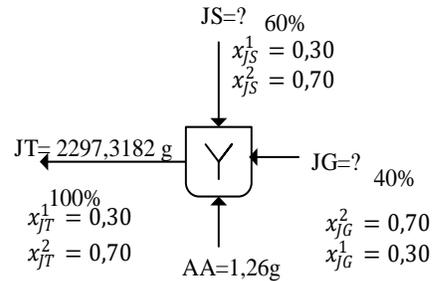
$$CNU = MP (0,4151)$$

$$CNU = 1963,8556 (0,4151) = 815,1965 \text{ g de cubitos no útiles de manzana}$$

4.13.9 Balance de materia en la etapa de preparación del jarabe

En la figura 4.37, se muestra el proceso de balance de materia en la etapa de preparación

del jarabe el cual se preparó en relación 1:2 (fruta/ jarabe) en base a la cantidad de cubitos útiles de manzana.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.37. Etapa de preparación del jarabe

Balance de materia global en la etapa de preparación del jarabe:

$$JT = JS + JG + AA \quad \text{Ecuación 4.9}$$

Para el cálculo de JS (jarabe de sacarosa), se tomó en cuenta el porcentaje del jarabe total (JT) en la etapa de preparación de jarabe:

$$JT * 0,60 = JS$$

$$JS = 2297,3182 * 0,60 = 1378,3909 \text{ g de jarabe de sacarosa}$$

Balance parcial para el sólido en la etapa de preparación del jarabe:

$$JS * x_{JS}^1 \rightarrow 1378,3909 * 0,30 = 413,5173 \text{ g de sacarosa}$$

Balance parcial para el agua en la etapa de preparación del jarabe:

$$JS * x_{JS}^2 \rightarrow 1378,3909 * 0,70 = 964,8736 \text{ g de agua}$$

Para el cálculo de JG (jarabe de glucosa), se tomó en cuenta el porcentaje del jarabe total (JT) en la etapa de preparación de jarabe:

$$JT * 0,40 = JG$$

$$JG = 2297,3182 * 0,40 = 918,9273 \text{ g de jarabe de glucosa}$$

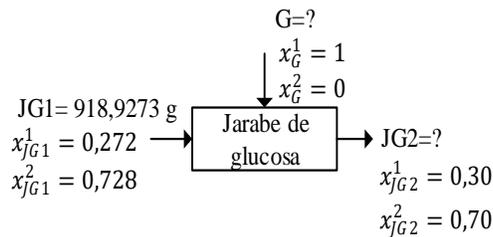
Balance parcial para el sólido en la etapa de preparación del jarabe:

$$JG * x_{jG}^1 \rightarrow 918,9273 * 0,30 = 275,6782 \text{ g de glucosa}$$

Balance parcial para el agua en la etapa de preparación del jarabe:

$$JG * x_{jG}^2 \rightarrow 918,9273 * 0,70 = 643,1091 \text{ g de agua}$$

La glucosa no endulza igual que la sacarosa por lo cual para que el jarabe de glucosa de los 30°Brix se realizó la siguiente corrección figura 4.38:



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.38. Corrección del jarabe de glucosa

Balance global para la corrección del jarabe de glucosa:

$$JG1 + G = JG2 \quad \text{Ecuación 4.10}$$

$$918,9273 + G = JG2 \quad \text{Ecuación 4.11}$$

Balance parcial para el agua en la corrección del jarabe de glucosa:

$$JG1 * x_{jG1}^2 + G * x_G^2 = JG2 * x_{jG2}^2$$

$$918,9273 * 0,728 + G * 0 = JG2 * 0,70$$

Reemplazo la ecuación 4.11

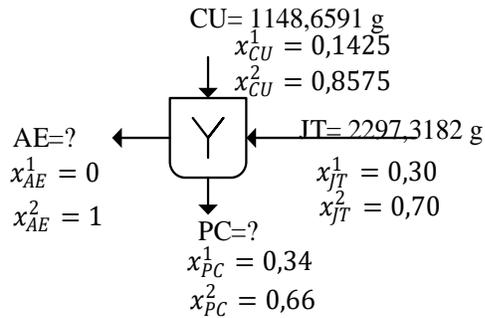
$$918,9273 * 0,728 = 0,70 (918,9273 + G)$$

$$668,9791 = 643,2491 + 0,70 * G$$

$$G = \frac{25,73}{0,70} = 36,7271 \text{ g de glucosa}$$

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

En la figura 4.39, se muestra el proceso de balance de materia en la etapa de concentrado de la pulpa.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.39. Etapa de concentrado de la pulpa

Balance de materia global en la etapa de concentrado de la pulpa:

$$CU + JT = PC + AE$$

Ecuación 4.12

Balance parcial para sólido en el concentrado de la pulpa:

$$CU * x_{CU}^1 + JT * x_{JT}^1 = PC * x_{PC}^1 + AE * x_{AE}^1$$

$$1148,6591 * 0,1425 + 2297,3182 * 0,30 = PC * 0,34 + AE * 0$$

$$PC = \frac{163,6839 + 689,1955}{0,34}$$

$$PC = 2508,4688 \text{ g de pulpa de manzana}$$

Despeje y reemplazo en la ecuación 4.12

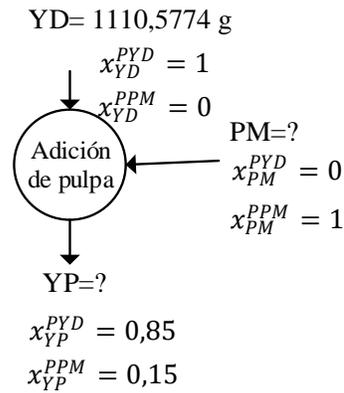
$$CU + JT - PC = AE$$

$$AE = 1148,6591 + 2297,3182 - 2508,4688$$

$$AE = 937,5085 \text{ g de agua evaporada}$$

4.13.11 Balance de materia en la etapa de adición de pulpa

En la figura 4.40, se muestra el proceso de balance de materia en la etapa de adición de la pulpa.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.40. Etapa de adición de la pulpa

Balance de materia global en la etapa de adición de la pulpa:

$$YD + PM = YP \quad \text{Ecuación 4.13}$$

Balance parcial para la porción de yogurt desuerado en la etapa de adición de la pulpa:

$$YD * x_{YD}^{PYD} + PM * x_{PM}^{PYD} = YP * x_{YP}^{PYD}$$

$$1110,5680 * 1 + PM * 0 = YP * 0,85$$

$$YP = \frac{1110,5774}{0,85}$$

YP = 1306,5616 g de yogurt griego con pulpa de manzana

Balance parcial para la porción de pulpa de manzana en la etapa de adición de la pulpa:

$$YD * x_{YD}^{PPM} + PM * x_{PM}^{PPM} = YP * x_{YP}^{PPM}$$

$$YD * 0 + PM * 1 = 1306,5616 * 0,15$$

PM = 195,9842 g de pulpa de manzana

4.14 Balance de energía para el proceso de elaboración de yogurt griego con pulpa de manzana

Para realizar el balance de energía en el proceso de elaboración de yogurt griego con pulpa de manzana, se tomó en cuenta la etapa de pasteurización de la leche y la fermentación láctica y para la pulpa de manzana la etapa de concentrado.

Según (Barderas, 2012), se muestra la deducción del balance general de energía para procesos de transferencia de calor:

$$L_1 (\cancel{\varepsilon c_1} + \cancel{\varepsilon P_1} + Pv_1) + Q - L_2 (\cancel{\varepsilon P_2} + \cancel{\varepsilon c_2} + \mu_2 + Pv_2) = \cancel{X} + \cancel{2F} + \frac{d\theta v_4}{d\theta}$$

$$L_1 (\mu_1 + Pv_1) + Q = L_2 (\mu_2 + Pv_2) = 0$$

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

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

$$Q = L_1 \Delta H$$

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

$$Q = L_1 C_p \Delta T \quad \text{Ecuación 4.14}$$

Según (Barderas, 2012), el principio de la conservación de la energía está dado por:

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

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

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

$$Q_T = Q_{ganado} + Q_{cedido} \quad \text{Ecuación 4.15}$$

Para calcular el calor latente en los cambios de fase según (Barderas, 2012) es:

$$Q_l = \Delta H L = L \lambda \quad \text{Ecuación 4.16}$$

Para el cálculo del balance de energía en las diferentes etapas de la elaboración de yogurt griego con pulpa de manzana, se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones como ser:

Según (Orozco, 1998), manifiesta que: si se conoce la composición fisicoquímica del alimento se puede utilizar para calcular las capacidades caloríficas, como se detalla en la ecuación 4.17. De tal forma, en el presente trabajo se determinó el (C_p) de la leche.

$$C_p = x_W C_W + x_C C_C + x_P C_P + x_F C_F + x_A C_A \quad \text{Ecuación 4.17}$$

Donde:

x_W = Fracción en peso del agua

x_C = Fracción en peso de carbohidratos

x_P = Fracción en peso de proteína

x_F = Fracción en peso de grasa

x_A = Fracción en peso de cenizas

Las capacidades caloríficas en función a la composición fisicoquímica de los alimentos se detallan en la tabla 4.48.

Tabla 4.48

Capacidades caloríficas en función a la composición de los alimentos

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

Fuente: Orozco, 1998

En la tabla 4.49, se observa los resultados de la composición fisicoquímica de la leche de datos extraídos (Anexo A).

Tabla 4.49**Resultado de la composición fisicoquímica de la leche**

Componentes	Unidad	Cantidad
Cenizas	%	0,70
Materia grasa	%	4,10
Hidratos de carbono	%	4,52
Humedad	%	87,65
Proteína total	%	3,03

Fuente: CEANID, 2019

Calculando el Cp de la leche:

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

$$C_p = x_W C_W + x_C C_C + x_P C_P + x_F C_F + x_A C_A$$

$$C_p = 0,8765 * 0,99904508 + 0,0452 * 0,3346084 + 0,0303 * 0,3824096 + 0,041 * 0,4063102 + 0,007 * 0,1912048$$

$$C_p = 0,92 \text{ Kcal/ Kg}^\circ\text{C}$$

Según (Orozco, 1998) se puede observar la ecuación empírica para el cálculo de la capacidad calorífica a presión constante, en función de la fracción del peso del agua y fracción de masa para sólidos. En el presente trabajo se utilizó la ecuación para el cálculo del (Cp) del jarabe.

$$C_p = x_W C_W + x_S C_S \quad \text{Ecuación 4.18}$$

x_S = Fracción de masa para sólidos

$$C_S = 4,18 \text{ KJ/ Kcal}^\circ\text{C}$$

x_W = Fracción de peso de agua

$$C_W = 1,46 \text{ KJ/ Kcal}^\circ\text{C}$$

Calculando el Cp para el jarabe:

$$C_p = x_W C_W + x_S C_S$$

$$C_p = 0,70 * 0,99904508 + 0,30 * 0,34894876$$

$$C_p = 0,80 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}$$

En tabla 4.50, se puede observar la capacidad calorífica del agua y del acero inoxidable.

Tabla 4.50

Capacidad calorífica del agua y el acero inoxidable

Capacidad calorífica	Unidad	Valor
Acero Inoxidable AISI 304	Kcal/Kg°C	0,12
Agua	Kcal/Kg°C	1,00

Fuente: Hidalgo, 2018

En tabla 4.51, se puede observar las entalpías de vaporización en función a la temperatura para el agua saturada.

Tabla 4.51

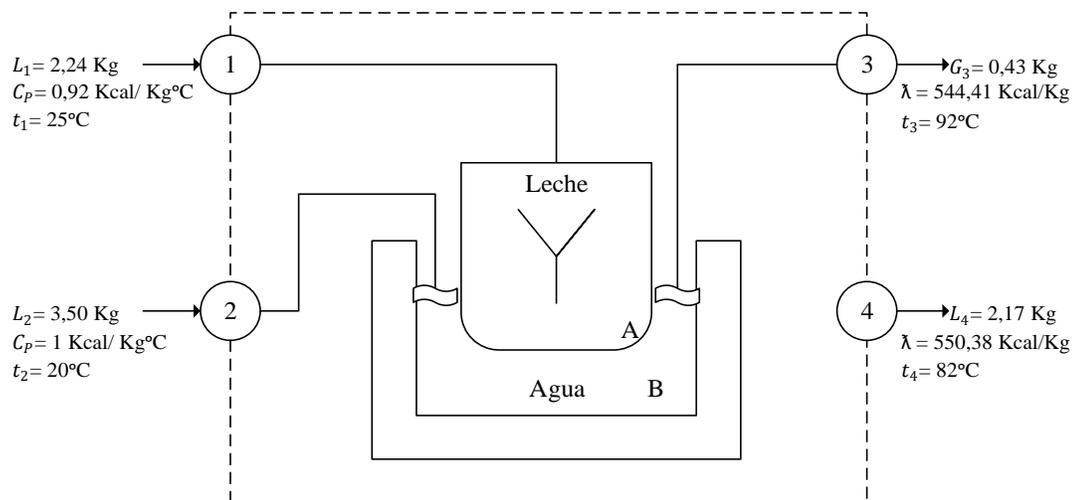
Entalpías de vaporización del agua saturada

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

Fuente: Colleiu & Powney, 1977

4.14.1 Balance de energía en la etapa de pasteurización de la leche

El balance de energía se realizó tomando en cuenta para el proceso de pasteurización de la leche para un cálculo en base 2241,8011 g. El sistema utilizado para la pasteurización se observa en la figura 4.42.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.42. Balance de energía en la etapa de pasteurización

Donde:

L_1 = Cantidad de leche (Kg)

L_2 = Cantidad de agua (Kg)

L_3 = Cantidad de vapor de agua (Kg)

L_4 = Cantidad de leche pasteurizada (Kg)

En la figura 4.41, se puede observar el sistema de transferencia de calor que se utilizó para la pasteurización de la leche realizado en una cocina industrial en un sistema de baño María conformado por dos recipientes de acero inoxidable, en el recipiente A se encuentra la leche y en el B el agua.

Para el cálculo del calor requerido para calentar el recipiente B se utilizó la ecuación 4.14.

Datos:

$$m_{\text{recipiente B}} = 1,615 \text{ Kg}$$

$$Q = 1,615 \text{ Kg} * 0,12 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} (92 - 20) ^\circ\text{C} = 13,9536 \text{ Kcal}$$

Para el cálculo del calor requerido para calentar el agua se utilizó la ecuación 4.14 y ecuación 4.16.

$$Q = 3,500 \text{ Kg} * 1 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} (92 - 20) ^\circ\text{C} + 0,43 \text{ Kg} * 544,21 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}} = 486,0103 \text{ Kcal}$$

Para el cálculo del calor requerido para calentar el recipiente A se utilizó la ecuación 4.14.

Datos:

$$m_{\text{recipiente A}} = 1,085 \text{ Kg}$$

$$Q = 1,085 \text{ Kg} * 0,12 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} (82 - 25) ^\circ\text{C} = 7,4214 \text{ Kcal}$$

Para el cálculo del calor requerido para pasteurizar la leche se utilizó la ecuación 4.14 y ecuación 4.16.

$$Q = 2,24 \text{ Kg} * 0,92 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} (82 - 25) ^\circ\text{C} + (2,24 - 2,17) \text{ Kg} * 550,38 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} = 155,9922 \text{ Kcal}$$

Para el cálculo del requerimiento total de calor se utilizó la ecuación 4.15.

$$Q_T = Q_{\text{recipienteB}} + Q_{\text{agua}} + Q_{\text{recipienteA}} + Q_{\text{leche}}$$

$$Q_T = 13,9536 \text{ Kcal} + 486,0103 \text{ Kcal} + 7,4214 \text{ Kcal} + 155,9922 \text{ Kcal} = 663,3775 \text{ Kcal}$$

El calor requerido en la etapa de pasteurización de la leche es de 663,3775 Kcal para 2241,8011 g de leche filtrada.

4.14.2 Balance de energía en la etapa de fermentación láctica

Para la etapa de fermentación láctica se utilizó un termostato (figura 3.1) con una potencia de 1100 W por un lapso de 3,75 horas tiempo que dura la fermentación.

Según (Barderas, 1994), la ecuación para la potencia eléctrica es la siguiente:

$$P = \frac{\text{Energía (E)}}{\text{Tiempo } (\theta)} \quad \text{Ecuación 4.19}$$

Despeje y cálculo de la energía eléctrica de la ecuación 4.19.

$$E = P * \theta$$

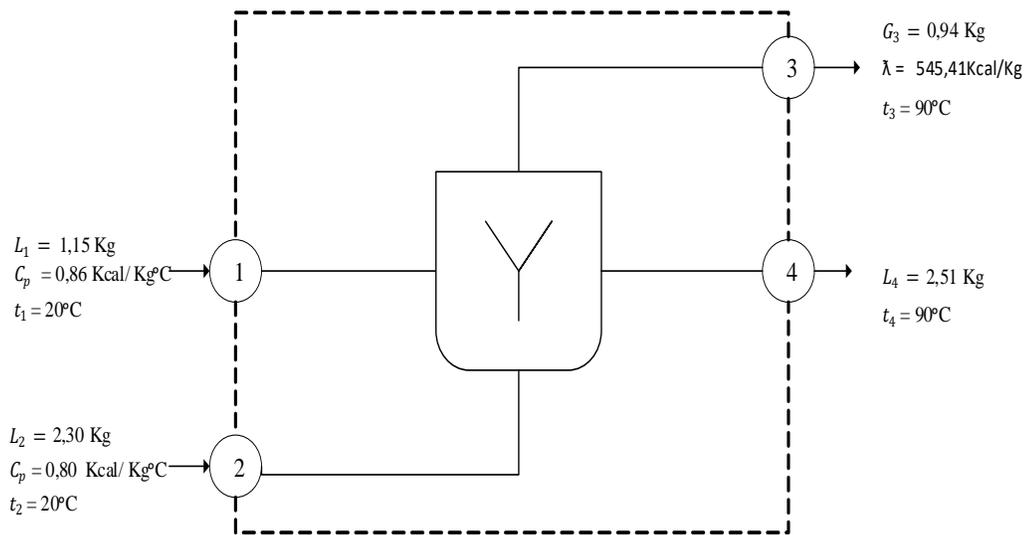
$$E = 1100 \text{ W} * \frac{1 \text{ Kcal/h}}{1,163 \text{ W}} * 3,75 \text{ h}$$

$$E = 3546,8616 \text{ Kcal}$$

La cantidad de energía eléctrica requerida para llevar a cabo la fermentación láctica durante 3,75 horas es de 3546,7616 Kcal para 2170, 7924 g de leche inoculada.

4.14.3 Balance de energía en la etapa de concentrado de la pulpa de manzana

En la figura 4.43, se muestra el proceso de balance de energía en la etapa de concentración para un cálculo en base a 1148,6591 de manzana, el proceso se llevó a cabo en una cocina industrial, en un recipiente de acero inoxidable.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.43. Balance de energía en la etapa de concentrado de la pulpa

Donde:

L_1 = Cantidad de cubitos útiles de manzana (Kg)

L_2 = Cantidad de jarabe (Kg)

L_3 = Cantidad de vapor de agua (Kg)

L_4 = Cantidad de pulpa concentrada (Kg)

Para el cálculo del calor requerido para calentar el recipiente se utilizó la ecuación 4.14.

Datos:

Según (Orrego, 2003), el calor específico de la manzana es $3,60 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}^\circ\text{C}}$.

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

$$3,60 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} \cdot \frac{0,239006 \text{ Kcal}}{1 \text{ KJ}} = 0,86 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}}$$

$$m_{\text{recipiente}} = 0,960 \text{ Kg}$$

$$Q = 0,960 \text{ Kg} \cdot 0,12 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} (90 - 20) ^\circ\text{C} = 8,064 \text{ Kcal}$$

Para el cálculo del calor requerido para concentrar la pulpa de manzana se utilizó la ecuación 4.14 y ecuación 4.16.

$$Q = (1,15 \text{ Kg} * 0,86 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^{\circ}\text{C}} (90 - 20) ^{\circ}\text{C}) + (2,30 \text{ Kg} * 0,80 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^{\circ}\text{C}} (90 - 20) ^{\circ}\text{C})$$

$$+ 0,94 \text{ Kg} * 545,41 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}} = 710,7154 \text{ Kcal}$$

Para el cálculo del requerimiento total de calor se utilizó la ecuación 4.15.

$$Q_T = Q_{\text{recipiente}} + Q_{\text{concentrado}}$$

$$Q_T = 8,064 \text{ Kcal} + 710,7154 \text{ Kcal} = 718,7794 \text{ Kcal}$$

El calor necesario que se requiere en la etapa de concentración de la pulpa de manzana es de 718,7794 Kcal para 1148,6591 g de manzana.

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- En base a los resultados físicos, fisicoquímicos y minerales de la manzana verde tiene como promedio altura 7,08 cm; diámetro 7,79 cm; 14,25°Brix; peso bruto 202,29 g; peso neto 163,72 g; porción comestible 80,90%; porción no comestible 19,10%; cubitos útiles 58,49%, cubitos no útiles 41,51%; contiene ceniza 0,35%; fibra 0,42%; grasa 0,17%; hidratos de carbono 11,28%; humedad 12,61%; proteína total 0,39%, valor energético 48,21 Kcal/100g y potasio 111 mg/100g de muestra.
- Los resultados fisicoquímicos, minerales y microbiológicos de la leche entera se tiene que el contenido es de acidez 0,13%; ceniza 0,70%; densidad relativa 1,029 g/ml; fibra n.d.; materia grasa 4,10%; hidratos de carbono 4,52%; humedad 87,65%; pH 6,70; proteína total 3,03%; sólidos solubles 10,40°Brix; sólidos totales 12,35% valor energético 67,10 Kcal/100g, calcio 1158 mg/100g; fósforo 266 mg/100g, magnesio 102 mg/100g, 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).
- En base a las 16 pruebas preliminares elaboradas para la obtención de yogurt griego, se eligió (YLE2) como muestra ideal, con medianas en el atributo sabor (4,48), acidez (4,24) y consistencia (4,43). Estadísticamente, se evidenció que no existe diferencia significativa entre los tratamientos.
- En base a las pruebas preliminares para la obtención de pulpa de manzana, se eligió (PM2) como muestra para ser incorporada en el yogurt griego, con medianas en el atributo sabor (4,76), aspecto (4,24). Estadísticamente, se evidenció que existe diferencia significativa entre los tratamientos (PM2-PM1) $p < 0,05$.
- De acuerdo al diseño factorial 2^3 aplicado en el proceso de fermentación y tiempo de desuerado, se puede establecer que la interacción (bc) temperatura de fermentación-tiempo de desuerado, es significativo (6,16) $F_{cal} > F_{tab}$

(5,32). Sin embargo, los demás factores e interacciones no son significativos $p < 0,05$.

- Realizado la comparación entre muestra experimental e ideal en el yogurt griego sin pulpa, se eligió (YDE) como muestra experimental, cuyas medianas en los atributos consistencia (4,62), sabor (4,43) y aspecto (4,43). Estadísticamente, se evidenció que existe diferencia significativa entre los tratamientos (YDE-YES) $p < 0,05$.
- Realizado la comparación entre muestra experimental e ideal en el yogurt griego con pulpa de manzana, se eligió (YM2) como muestra final, cuyas medianas en los atributos aspecto (4,43) y consistencia (4,62). Estadísticamente, se evidenció que existe diferencia significativa entre los tratamientos (YM2-YM1) $p < 0,05$.
- En el caso de selección de muestra referencia de yogurt griego con pulpa, se eligió (YPT3) de Pil Tarija como muestra referencia, cuyas medianas en los atributos aspecto (4,19), consistencia (4,14) y dulzor (4,14). Estadísticamente, se evidenció que existe diferencia significativa entre los tratamientos (YPT3-YP2) $p < 0,05$.
- Comparando el producto final y muestra referencia, se estableció que la muestra de mayor preferencia por los jueces es YGA (producto final); para el atributo sabor en un 67% y para el atributo consistencia en un 62%.
- Realizado el control de acidez y pH en el proceso de fermentación del yogurt griego sin pulpa, transcurridos 3,75 horas las muestras Y1 (43°C), Y2 (45°C) alcanzan un valor de acidez de 0,61% y valor de pH de 4,74 para Y1 y 4,80 para Y2.
- Para el control de acidez y pH en la etapa de desuerado del yogurt griego sin pulpa, transcurridos 3,75 horas la muestra Y1 alcanza un valor de acidez de

0,78% y pH 4,48. La muestra Y2 transcurridos 4,17 horas alcanza un valor de acidez de 0,79% y pH 4,38.

- Para el control de acidez y pH del suero en la etapa de desuerado, transcurridos 3,75 horas la muestra Y1 alcanza un valor de acidez de 0,43% y pH 4,50. La muestra Y2 transcurridos 4,17 horas alcanza un valor de acidez de 0,43% y pH 4,45.
- En cuanto se refiere a acidez y pH durante el almacenamiento del yogurt griego sin pulpa, transcurridos los 25 días la muestra YG1 (sin conservante) alcanza un valor de acidez de 0,94% y pH 3,90. La muestra YG2 (con conservante) un valor de acidez de 0,91 y pH 4,01.
- Para el control °Brix, acidez y pH durante el almacenamiento de la pulpa de manzana, transcurridos los 36 días la muestra PSC (sin conservante) alcanza un valor 33,80°Brix, acidez 0,18% y pH 3,42. La muestra PCC (con conservante) alcanza un valor de 34°Brix, acidez 0,53% y pH 3,81.
- En el control de acidez y pH durante el almacenamiento del yogurt griego con pulpa de manzana, transcurridos los 25 días la muestra YP1 (sin conservante) alcanza un valor de acidez de 0,91% y pH 3,83. La muestra YP2 (con conservante) alcanza un valor de acidez de 0,87% y pH 4,01.
- Según los resultados análisis fisicoquímicos, minerales y microbiológico del producto terminado (yogurt griego con pulpa de manzana) contienen acidez 0,99%; ceniza 1,10%; densidad relativa 1,0495 g/ml; fibra n.d.; materia grasa 5,02%; hidratos de carbono 15,20%; humedad 74,02%; pH 4,28; proteína total 4,66%; sólidos solubles 16,60°Brix, valor energético 124,62 Kcal/100g, calcio 103 mg/100g; fósforo 79 mg/100g, potasio 155 mg/100g, Coliformes fecales $<1,0 \times 10^1$ (*) UFC/ml; Escherichia coli $<1,0 \times 10^1$ (*) UFC/ml y Mohos y Levaduras $<1,0 \times 10^1$ (*) UFC/ml.

5.2 Recomendaciones:

- Se recomienda la implementación de una planta piloto en la Provincia Cercado para la elaboración de yogurt griego con pulpa de manzana, con el fin de desarrollar el emprendimiento económico de la provincia.
- Se recomienda la implementación de una centrifugadora para realizar la etapa de desuerado ya que la misma nos permitiría disminuir el tiempo de desuerado el cual sería menor a 4,17 horas.
- Se recomienda realizar un estudio de mercado con la finalidad de conocer la posible oferta y demanda que puede tener este producto.