

**CAPÍTULO I**  
**INTRODUCCIÓN**

## **1.1 ANTECEDENTES**

El yogurt griego ha tenido un notable crecimiento en el último tiempo, a nivel nacional diversas marcas de lácteos (Delizia, Nestlé, Gloria) han lanzado su propio yogurt "griego", en nuestro departamento se pudo percibir en el mercado aproximadamente de tres a cuatro diferentes marcas de yogurt griego (Greco, Delizia, Don Nene), siendo este producto para el público una alternativa más sana y proteínica ante los yogures batidos comunes y corrientes, pero pocos conservan la receta tradicional y reemplazan la espesa textura de este yogurt agregando proteína láctea en polvo, féculas y otros. (VARGAS, B., 2016).

El colágeno es la proteína más abundante en los mamíferos. Se caracteriza por formar fibras de gran resistencia a la tracción y compresión por lo que tiene una óptima función estructural y funcional en tejidos que soportan peso (cartílagos y huesos). El objetivo de la suplementación nutricional con colágeno hidrolizado es el de aportar un nutriente funcional que ayude a restituir el equilibrio metabólico en el cartílago dañado, favoreciendo la biosíntesis de sus componentes. Para ello es fundamental que el Colágeno cumpla las exigencias de calidad, seguridad y eficacia. (MOLINERO, O., 1998)

Un estudio realizado en 1996 se demostró el posible efecto beneficioso en personas de edades superiores a 65 años, de una suplementación nutricional a base de 10 g de Colágeno hidrolizado enzimáticamente, vitaminas del grupo B y magnesio, en el dolor y la movilidad articular. Los resultados obtenidos tras 16 semanas de suplementación fueron una mejoría subjetiva y objetiva, que se traducía en una mejor movilidad y en una ausencia de dolor en un 84.2% de los pacientes. (ARQUER, A., 1996)

La capacidad estimulante del Colágeno hidrolizado en la biosíntesis de la matriz del cartílago por los condrocitos había sido ya observada en un estudio clínico, donde la administración de un complemento nutricional a base de 10 g de Colágeno Hidrolizado enzimáticamente, vitaminas del grupo B y Magnesio, aumentaba el grosor del cartílago articular en deportistas. (MOLINERO, O., 1998)

## **1.2 JUSTIFICACIÓN**

- Mediante la elaboración de yogurt griego fortificado con colágeno se busca obtener un producto de un alto valor proteico para que pueda ser incorporado en las dietas de las personas mayores de veinticinco años, personas que realizan actividad física intensa con el fin de aumentar su masa corporal, y principalmente aportar la cantidad de colágeno necesaria por día, que el cuerpo a partir de una determinada edad no es capaz de producir, así mismo para un público en general como una opción de una fuente de proteínas de forma natural.
- La incorporación de colágeno permitirá obtener un producto nutritivo para las personas adultas y deportistas, considerando que el colágeno es indispensable para la elasticidad de los tejidos y su regeneración, además el colágeno está presente en la composición de los huesos, la piel, los ligamentos, los cartílagos y tendones, de esta manera una dosis adecuada por día de colágeno permitirá evitar o disminuir el riesgo de lesiones en las personas que realizan actividad física intensa y en las personas adultas debido a que su cuerpo no produce la cantidad necesaria de colágeno para evitar algunas consecuencia por su deficiencia.
- Mediante la elaboración del yogurt griego, permitirá aumentar el mercado en beneficio de los productores de la materia prima, considerando que la demanda del producto va en aumento a nivel local.

## **1.3 OBJETIVO GENERAL**

Elaborar yogurt griego fortificado con colágeno porcino, dándole un alto valor nutricional, con el fin de obtener un producto de calidad e inocuo.

## **1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar las características fisicoquímicas y microbiológicas de la leche para conocer su composición nutricional.
- Realizar un análisis sensorial para encontrar la muestra patrón

- Realizar el diseño experimental para determinar las variables del proceso de elaboración del yogurt griego fortificado con colágeno.
- Elaborar la curva de fermentación acidez vs tiempo del yogurt griego fortificado con colágeno.
- Realizar el análisis sensorial para determinar las propiedades organolépticas y de aceptabilidad del producto final.
- Determinar las características fisicoquímicas y microbiológicas del producto terminado para conocer su composición nutricional.
- Identificar la acidez durante el proceso de almacenamiento, con el fin de valorar el producto terminado.
- Realizar un balance de materia y energía con la finalidad de cuantificar las cantidades de masa y energía a nivel experimental.

### **1.5 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

A los 21 años de edad el cuerpo humano disminuye en 1% la producción de colágeno, a los 25 años de edad empieza el proceso de envejecimiento, a los 35 años de edad la producción de colágeno en el cuerpo disminuye en un 30% por lo que es necesario que se incorpore en la dieta la ingesta de colágeno para evitar problemas en las articulaciones y huesos tales como artritis, artrosis además de ayudar en problemas naturales del proceso de envejecimiento tales como caída del cabello.

Actualmente en el mercado local no se encuentran alimentos fortificados con colágeno, siendo este suplemento muy importante para personas mayores, deportistas con una actividad física intensa, es así que el yogurt griego fortificado con colágeno es un producto natural que podrá ser incorporado en dietas como una importante fuente de proteínas y colágeno.

Los deportistas sufren frecuentemente múltiples lesiones en los ligamentos, tendones, cartílagos, producto de la exigencia física y en algunos casos también de una dieta

inadecuada. considerando las propiedades del colágeno y del producto en sí, es una opción para que los deportistas incorporen en sus dietas para disminuir el riesgo de lesiones.

El consumo del yogurt griego fortificado con colágeno buscara satisfacer el requerimiento de colágeno en las personas adultas debido a que su cuerpo ya no produce las cantidades necesarias de colágeno, llegando a sufrir lesiones musculares, ligamentos, tendones y hasta la decoloración rápida del cuero cabelludo.

### **1.6 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cuál será la tecnología adecuada en la elaboración de yogurt griego fortificado con colágeno porcino, dándole un alto valor nutricional, con el fin de obtener un producto de calidad e inocuo?

### **1.7 HIPÓTESIS**

La aplicación de una tecnología adecuada va a permitir obtener un producto espeso, cremoso característico del producto con un alto valor proteico y funcional.

**CAPÍTULO II**  
**MARCO TEÓRICO**

## **2.1 CARACTERÍSTICAS DE LA LECHE**

### **2.1.1 Definición de leche**

Según el Codex Alimentarius (1999), la 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 ALIMENTARIUS., 1999)

### **2.1.2 Definición industrial**

Es el producto integral del ordeño total e ininterrumpido, en condiciones de higiene, que da la vaca lechera en buen estado de salud y de alimentación y sin aditivos. Ésta se ha de obtener fuera de los periodos del parto, es decir que la leche ordeñada 10 días antes y 10 días después del parto no es apta para el consumo humano (por el contenido de calostro). La leche que proviene de otras especies productoras (cabra, oveja, yegua, búfalo, etc.), deberá especificarse. (BACH, C., 1996)

### **2.1.3 Definición de producto lácteo**

El concepto de lácteos se usa en nuestro idioma para designar a aquellos productos hechos a partir de la leche o que derivan de la misma, como ser queso, yogurt, mantequilla, crema de leche, por citar los más consumidos. Los productos que derivan de la leche normalmente son obtenidos gracias a la fermentación y el procesamiento de la leche una vez obtenida. (CODEX ALIMENTARIUS., 1999)

### **2.1.4 Características organolépticas**

- Fase visual. - En esta fase del análisis sensorial de la leche se observa su aspecto (viscosidad, limpieza, brillantes y color) (ARACENTA, J., 2004).

La leche de vaca: Es un líquido blanco viscoso, opaco mate más o menos amarillento según el contenido en  $\beta$ -carotenos de la materia grasa. (ARACENTA, J., 2004).

- Fase olfativa. - Para expresar la sensación olfativa que produce el aroma de la leche se emplea una relación de sustancias de referencia o familias aromáticas.

Leche de vaca: aroma poco acentuado pero característico perteneciente a la familia animal aroma y aroma a vaca. El aroma debe ser a leche fresca puede haber presencia de sustancias extrañas o posible acidificación cuando se encuentra espesa o cortada. (ARACENTA, J., 2004).

- Fase gustativa. - La fase gustativa contempla la sensación en la boca que produce la degustación de la leche sobre la base de los sabores: ácido, dulce, salado, amargo.

Leche de vaca: sabor ligeramente dulce. Sensorialmente se debe observar el color y aroma y la apariencia. El color debe ser blanco amarillento, el color blanco azulado podría indicar descremado o aguado, el color rojo puede ser posible presencia de calostro o problemas patológicos del animal. (ARACENTA, J., 2004).

## 2.1.5 Propiedades de la leche

### 2.1.5.1 Propiedades nutritivas

A continuación, se muestra la tabla 2.1 en donde se puede ver el contenido nutricional por cada 100 gramos de leche:

**Tabla 2.1**  
**Valor nutricional de la leche**

PARÁMETROS	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR
Calorías	Kcal	65,40
Grasa	g	3,80
Calcio	mg	124,00
Carbohidratos	g	4,70
Hierro	mg	0,09
Proteínas	g	3,06
Vitamina A	µg	46,00
Vitamina B12	µg	0,30
Vitamina B3	mg	0,73

**Fuente:** Alimentos 2018

### 2.1.5.2 Propiedades físicas de la leche

#### ➤ Densidad de la leche

La leche de vaca tiene una densidad media de 1,032 g/ml. Es una mezcla compleja y heterogénea compuesta por un sistema coloidal de tres fases (ALAIS, FOX Y MCSWEENEY., 1998):

Solución: los minerales, así como los glúcidos se encuentran disueltos en el agua.

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

Emulsión: la grasa en agua se presenta como emulsión.

#### ➤ pH de la leche

La leche de vaca recién ordeñada y sana, es ligeramente ácida, con un pH comprendido entre 6,5 y 6,8 como consecuencia de la presencia de caseínas, aniones fosfórico y cítrico, principalmente (ALAIS, FOX Y MCSWEENEY., 1998). Estos valores se aplican solamente a temperaturas cercanas a 25°C.

#### ➤ Acidez de la leche

Los valores normales de acidez titulable en leche están comprendidos entre 16°D y 19°D (grados Dornic) que expresado en porcentaje del ácido mayoritario serían 0.16-0.19% de ácido láctico. Las alteraciones en la leche durante la síntesis o almacenamiento pueden originar cambios en la acidez. Además, determinadas adulteraciones hacen variar estos valores: el aguado la rebaja, el desnatado y adición de suero no la modifican y la neutralización la rebaja considerablemente. Aunque existen diferentes modos de expresar la acidez la forma más habitual de expresión son los grados Dornic (°D) y el porcentaje de ácido láctico. (ALAIS, FOX Y MCSWEENEY., 1998).

➤ **Viscosidad de la leche**

La viscosidad va desde 1,7 a 2,2 Centipoise. Esta viscosidad es baja de todos modos, pero es más baja aun cuando su temperatura sube (más o menos a los 70° C, su viscosidad llega a los 1,2 cp. (ARANCETA., J. 2004).

➤ **Punto de congelación**

Es la temperatura a la cual se solidifican los líquidos. El punto de congelación de la leche es extraordinariamente constante; es inferior al del agua (0° C), debido a las sustancias presentes en solución y se acepta como valor promedio: - 0,539°C. (ARANCETA., J. 2004).

Un aumento en el punto de congelación, es decir, aproximadamente a los 0°C es relacionado directamente con agregado de agua, ya que significa una dilución de la concentración de las sustancias que se encuentran en solución verdadera en la leche. (ARANCETA., J. 2004).

➤ **Punto de ebullición**

Es la temperatura a la cual se efectúa la ebullición de una sustancia líquida. Cuando dicha sustancia comienza a ebullición o hervir no es posible aumentar más la temperatura, la cual se mantendrá constante y será siempre la misma para el mismo líquido. (ARANCETA., J. 2004).

La leche hierve a una temperatura de 100,17°C, ligeramente superior a la del agua (100°C), a la altura del nivel del mar. Es decir, a 760 milímetros de mercurio (mm Hg). Si la altura del lugar es mayor, es decir a 740 mm Hg por ejemplo, la temperatura de ebullición del agua será 92°C. Esta variación también se observa en la leche. (ARANCETA., J. 2004).

➤ **Calor específico**

El calor específico de la leche es de 0.93 Kcal/Kg°C y al igual que todos los productos lácteos, varía de acuerdo con el contenido de agua. (ARANCETA., J. 2004).

como se observa en la siguiente ecuación:999999999

**Ecuación 2.1**

$$Cp = 0.20 + \frac{\% \text{ Agua}}{125}$$

**Fuente:** CETIS 2011.

### 2.1.5.3 Propiedades químicas de la leche

La leche es el producto normal de secreción de la glándula mamaria. La leche es un producto nutritivo complejo que posee más de 100 sustancias que se encuentran ya sea en solución, suspensión o emulsión en agua. (MENA, W., 2009)

- La caseína, la principal proteína de la leche, se encuentra dispersa como un gran número de partículas sólidas tan pequeñas que no sedimentan, y permanecen en suspensión. Estas partículas se llaman micelas y la dispersión de las mismas en la leche se llama suspensión coloidal. (MENA, W., 2009)
- La grasa y las vitaminas solubles en grasa en la leche se encuentran en forma de emulsión; esto es una suspensión de pequeños glóbulos líquidos que no se mezclan con el agua de la leche. (MENA, W., 2009)
- La lactosa (azúcar de la leche), algunas proteínas (proteínas séricas), sales minerales y otras sustancias son solubles; esto significa que se encuentran totalmente disueltas en el agua de la leche. (MENA, W., 2009).

Las micelas de caseína y los glóbulos grasos le dan a la leche la mayoría de sus características físicas, además les dan el sabor y aroma a los productos lácteos tales como mantequilla, queso, yogur, etc. La composición de la leche varía considerablemente con la raza de la vaca, el estado de lactancia, alimento, época del año y muchos otros factores. Aun así, algunas de las relaciones entre los componentes son muy estables y pueden ser utilizados para indicar si ha ocurrido alguna adulteración en la composición de la leche. Por ejemplo, la leche con una composición normal posee una gravedad específica que normalmente varía de 1,023 a 1,040 (a 20°C) y un punto de congelamiento que varía de -0,518 a -0,543°C. Cualquier alteración, por agregado

de agua, por ejemplo, puede ser fácilmente identificada debido a que estas características de la leche no se encontrarán más en el rango normal. La leche es un producto altamente perecedero que debe ser enfriado a 4°C lo más rápidamente posible luego de su colección. Las temperaturas extremas, la acidez (pH) o la contaminación por microorganismos pueden deteriorar su calidad rápidamente. (MENA, W., 2009)

## **2.1.6 Principales componentes de la leche**

### **2.1.6.1 Agua**

La leche contiene aproximadamente un 87% de este líquido y se encuentra en dos formas; ligada y libre. (GALLARDO, I., 2011).

- **Agua ligada.** - Representa más o menos un 3%, y es la que se encuentra retenida en las sustancias que no forman una solución verdadera, como es el caso de las grasas y las proteínas; sin embargo, la mayoría de las sustancias proteínicas forman conjuntos de moléculas tan pequeñas que la mezcla tiene aparentemente las mismas características que una solución verdadera. Este tipo de solución se llama solución coloidal. (GALLARDO, I., 2011)
- **Agua libre.** - En ella se encuentran los demás componentes en diferentes formas de solución. El siguiente grupo de componentes de la leche constituyen los sólidos totales, que representa el 13% del contenido lácteo y se divide en sólidos grasos (grasa) aproximadamente un 3.5% y sólidos no grasos que son cerca del 9.5%. Los S.N.G. están constituidos por: lactosa, proteínas, minerales, enzimas y vitaminas.

### **2.1.6.2 Proteínas**

La mayor parte del nitrógeno de la leche se encuentra en la forma de proteína. Los bloques que construyen a todas las proteínas son los aminoácidos. Existen 20 aminoácidos que se encuentran comúnmente en las proteínas. El orden de los aminoácidos en una proteína, se determina por el código genético, y le otorga a la proteína una conformación única. Posteriormente, la conformación espacial de la

proteína le otorga su función específica. La concentración de proteína en la leche varía de 3.0 a 4.0% (30-40 gramos por litro). El porcentaje varía con la raza de la vaca y en relación con la cantidad de grasa en la leche. Existe una estrecha relación entre la cantidad de grasa y la cantidad de proteína en la leche cuanto mayor es la cantidad de grasa, mayor es la cantidad de proteína. Las proteínas se clasifican en dos grandes grupos: caseínas (80%) y proteínas séricas (20%). Históricamente, esta clasificación es debida al proceso de fabricación de queso, que consiste en la separación del cuajo de las proteínas séricas luego de que la leche se ha coagulado bajo la acción de la renina (una enzima digestiva colectada del estómago de los terneros). El comportamiento de los diferentes tipos de caseína ( $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\kappa$ ) en la leche al ser tratada con calor, diferente pH (acidez) y diferentes concentraciones de sal, proveen las características de los quesos, los productos de leche fermentada y las diferentes formas de leche (condensada, en polvo, etc.). (GALLARDO, I., 2011).

### **2.1.6.3 Hidratos de carbono**

El principal hidrato de carbono en la leche es la lactosa. A pesar de que es un azúcar, la lactosa no se percibe por el sabor dulce. La concentración de lactosa en la leche es relativamente constante y promedia alrededor de 5% (4,8%-5,2%). A diferencia de la concentración de grasa en la leche, la concentración de lactosa es similar en todas las razas lecheras y no puede alterarse fácilmente con prácticas de alimentación. Las moléculas de las que la lactosa se encuentra constituida se encuentran en una concentración mucho menor en la leche: glucosa (14 mg/100 g) y galactosa (12 mg/100 g). En una proporción significativa de la población humana, la deficiencia de la enzima lactasa en el tracto digestivo resulta en la incapacidad para digerir la lactosa. La mayoría de los individuos con baja actividad de lactasa desarrollan síntomas de intolerancia a grandes dosis de lactosa, pero la mayoría puede consumir cantidades moderadas de leche sin padecer malestares. No todos los productos lácteos poseen proporciones similares de lactosa. La fermentación de lactosa durante el procesado baja su concentración en muchos productos, especialmente en los yogures y quesos. Además, leche pre tratada con lactasa, que minimiza los problemas asociados con la

intolerancia a la lactosa, se encuentra disponible en el mercado. (GALLARDO, I., 2011).

#### **2.1.6.4 Vitaminas**

La leche contiene todas las vitaminas conocidas necesarias al hombre. Es preponderantemente rica en riboflavina. Es una buena fuente de vitamina A y tiamina, sin embargo, es pobre en niacina y ácido ascórbico. En la leche, los niveles de vitamina A y el de su precursor, el caroteno, están propensos a ser más elevados en el verano, cuando la vaca lo consume abundantemente debido a su alimentación más verde que en el invierno. Las diferentes razas varían en su capacidad para transformar el caroteno en vitamina A. Como la vitamina A es liposoluble, se presenta en los productos lácteos en razón a su tenor de grasa. La leche contiene más vitamina D en verano que en invierno, debido a la mayor alimentación verde y al incremento de luz solar. Estas variaciones estacionales son corregidas en algunos países por la adición de vitamina D. (GALLARDO, I., 2011).

Las vitaminas hidrosolubles están presentes en todas las formas de crema y leches. En la leche descremada, la riboflavina se presenta como lactoflavina y le confiere un color verdoso. En la preparación del queso, gran parte de las vitaminas hidrosoluble pasan al suero, de modo que los quesos tienen pocas cantidades de estas vitaminas. Durante el hervido se pierde algo de ácido ascórbico y tiamina, por lo que la dieta debe de ser completada con alimentos ricos en estos nutrientes. (GALLARDO, I., 2011).

#### **2.1.6.5 Materia grasa**

Normalmente, la grasa (o lípido) constituye desde el 3,5 hasta el 6,0% de la leche, variando entre razas de vacas y con las prácticas de alimentación. Una ración demasiado rica en concentrados que no estimula la rumia en la vaca, puede resultar en una caída en el porcentaje de grasa (2,0 a 2,5%). La grasa se encuentra presente en pequeños glóbulos suspendidos en agua. Cada glóbulo se encuentra rodeado de una capa de fosfolípidos, que evitan que los glóbulos se aglutinen entre sí repeliendo otros glóbulos de grasa y atrayendo agua. Siempre que esta estructura se encuentre intacta,

la leche permanece como una emulsión. La mayoría de los glóbulos de grasa se encuentran en la forma de triglicéridos formados por la unión de glicerol con ácidos grasos. Las proporciones de ácidos grasos de diferente largo determina el punto de fusión de la grasa y por lo tanto la consistencia a la mantequilla que deriva de ella. La grasa de la leche contiene principalmente ácidos grasos de cadena corta (cadenas de menos de ocho átomos de carbono) producidos de unidades de ácido acético derivadas de la fermentación ruminal. Esta es una característica única de la grasa de la leche comparada con otras clases de grasas animales y vegetales. Los ácidos grasos de cadena larga en la leche son principalmente los insaturados (deficientes en hidrógeno), siendo los predominantes el oleico (cadena de 18 carbonos), y los polinsaturados linoleico y linolénico. (GALLARDO, I., 2011).

#### **2.1.6.6 Minerales, cenizas y sales**

La leche es una fuente excelente para la mayoría de los minerales requeridos para el crecimiento del lactante. La digestibilidad del calcio y fósforo es generalmente alta, en parte debido a que se encuentran en asociación con la caseína de la leche. Como resultado, la leche es la mejor fuente de calcio para el crecimiento del esqueleto del lactante y el mantenimiento de la integridad de los huesos en el adulto. Otro mineral de interés en la leche es el hierro.

Las bajas concentraciones de hierro en la leche no alcanzan a satisfacer las necesidades del lactante, pero este bajo nivel pasa a tener un aspecto positivo debido a que limita el crecimiento bacteriano en la leche, el hierro es esencial para el crecimiento de muchas bacterias.(GALLARDO, I., 2011).

#### **2.1.6.7 Enzimas**

Son catalizadores biológicos de naturaleza proteica (provista o no de una parte no proteica llamada coenzima o grupo prostético). Las enzimas se encuentran presentes como proteínas simples o como apoproteínas en los complejos lipoprotéicos. Las enzimas de la leche se encuentran repartidas en todo el sistema, sobre la superficie del glóbulo graso, asociado a las micelas de la caseína y en forma simple en suspensión

coloidal. A pesar del gran número de enzimas presentes en la leche unos pocos revisten especial interés para el bromatólogo. Las más importantes son: Fosfatasa alcalina que sirve como indicador de la deficiente pasteurización, Lipasa, Proteasa y Xantinaoxidasa. (GALLARDO, I., 2011).

## **2.2 GENERALIDADES DEL YOGURT**

### **2.2.1 Definición**

De acuerdo al Codex Alimentario, el yogurt se define como el producto de leche coagulada obtenida por fermentación láctica mediante la acción de dos bacterias lácticas, *Lactobacillus Bulgaricus* y *Streptococcus Thermophilus* a partir de la leche pasteurizada y son responsables de la acidificación del medio. Es un alimento de alto valor nutritivo, que regularizan la flora intestinal, restablece las funciones hepáticas y es de fácil digestibilidad. (TAMINE, A., 1991).

### **2.2.2 Fermentación láctica**

Es el proceso efectuado por las bacterias *Streptococcus thermophilus* y el *Lactobacillus bulgaricus* que normalmente son inducida en forma de cultivos liofilizados de inoculación directa, proceso que origina a partir de los azúcares (lactosa) ácido láctico principalmente y pequeñas cantidades de productos secundarios como compuestos carbonílicos, ácidos grasos volátiles (acético, propiónico, butírico y caproico), aminoácidos (valina, leucina, isoleucina, tirosina), cetoácidos (acetona, butanona), furfural, furfuralcohol, acetaldehídos y alcoholes (bencil-alcohol, bencilaldehído), la fermentación, también es conocida como etapa de acidificación y se compone de la fase de siembra y de incubación. (TAMINE, A., 1991).

### **2.2.3 Bacterias ácido lácticas**

Es un grupo grande de bacterias con la característica común de producir ácido láctico como el principal producto final del metabolismo; se encuentran en la leche y en otros ambientes naturales. Las bacterias lácticas pueden ser homofermentativas: producen de un 70-90% de ácido láctico. Por ejemplo: *Lactobacillus Bulgaricus*, *Streptococcus Thermophilus*, *Lactobacillus Acidophilus*. (TAMINE, A., 1991).

- **Streptococcus thermophilus**

Es una bacteria gram-positiva, no móvil, anaerobia facultativo, se desarrolla a 37-40°C de temperatura, pero puede resistir 50°C e incluso 65°C por media hora. Posee gran relevancia en la industria láctea, *S. thermophilus* utiliza principalmente azúcares como sustrato para la generación de productos de fermentación, siendo el ácido láctico el principal producto, esta bacteria tiene menor poder de acidificación que el lactobacilus. (TAMINE, A., 1991).

- **Lactobacilus bulgaricus**

Es una bacteria láctea homofermentativa. Se desarrolla muy bien entre 42 y 45°C, produce disminución del pH, puede producir hasta un 2,7% de ácido láctico, es proteolítica, produce hidrolasas que hidrolizan las proteínas. Esta es la razón por la que se liberan aminoácidos como la valina, la cual tiene interés porque favorece el desarrollo del *Streptococcus thermophilus*. (TAMINE, A., 1991).

#### **2.2.4 Tipos de yogur**

En la actualidad se elaboran diferentes tipos de yogurt, los cuales difieren en su composición química, método de producción, sabor, consistencia, textura y proceso post-incubación entre ellos están: yogur aplanado, yogur batido, yogur líquido así mismo también se encuentran otros tipos de yogur muy poco difundidos tales como: yogurt pasteurizado, yogur concentrado/condensado, yogur congelado, yogur en polvo y yogurt griego. (TAMINE, A., 1991).

### **2.3 GENERALIDADES DEL YOGURT GRIEGO**

#### **2.3.1 Origen**

Los orígenes del yogurt griego no están del todo claros, por la casi total ausencia de registros al respecto. No hay un dato específico que determine de dónde es originario el yogurt griego, sin embargo, hay teorías que indican que surgió en Europa oriental, hace 4500 años, se cree que llegó al Mediterráneo en algún momento de la Edad Antigua por obra de los turcos. En Grecia el consumo de yogurt se extendió,

desarrollándose una variedad local que logró, con el tiempo, las características distintivas que diferencian al yogur griego actual. Su uso en la gastronomía local floreció notablemente. (ELISABETH, C., 2005).

### **2.3.2 Características fisicoquímicas del yogurt Griego**

Se caracteriza por tener un color entre blanco y crema, con una textura suave, un peculiar sabor ácido y principalmente una consistencia cremosa. (ELISABETH, C., 2005).

El yogur griego tradicional es un producto lácteo hecho con leche de vaca, cabra entre otros, por lo general, contiene entre un 6 y un 10% de materia grasa láctea (las variedades típicas de yogurt no superan el 3,5% de materia grasa láctea). (ELISABETH, C., 2005).

Cuanto más alto es el índice de grasa láctea, el yogurt tiende a ser mucho más completo, ya que los bacilos se desarrollan plenamente en este medio. El resultado es un yogur bastante sabroso, denso de cuerpo y muy cremoso. (ELISABETH, C., 2005). El yogur griego tiene aproximadamente entre un 6% y 16% de proteínas, alrededor del doble que los demás yogures (bebible, batido, aplanado), este alto contenido de proteico provoca un efecto de saciedad. (ELISABETH, C., 2005).

Se considera un producto vegetariano, a menos que le añadan gelatina (colágeno animal). (ELISABETH, C., 2005).

### **2.3.3 Diferencias del yogurt Griego con el yogurt bebible**

Todos estamos familiarizados con el yogurt, en los últimos años hemos visto la llegada al mercado de un tipo diferente de yogurt que es el griego, este lácteo conserva algunas características similares al yogurt tradicional y otras que lo hacen especial.

El yogurt griego es un derivado de la leche de vaca o la leche de cabra, de igual manera que el yogurt tradicional, el proceso de fermentación de la leche se lleva a cabo con el *Lactobacillus bulgaricus* o el *Streptococcus thermophilus*.

La diferencia fundamental del yogurt griego al tradicional radica en su producción, ya que el primero es sometido a un proceso de filtración que elimina el suero de la leche y concentra la grasa y la proteína generando una variación en la constitución del mismo, por ejemplo, el yogurt griego tiene entre un (6 a 10%) de grasa, mientras el tradicional tiene de 3 a 5% de grasa. Una taza de yogur griego aporta de 18 a 22 gramos de proteína mientras que el tradicional aporta de 7 a 10 gramos y la otra diferencia es que el contenido de calcio del yogur griego es ligeramente menor, pues el proceso de filtración hace que se pierda un poco y por esto muchas veces viene fortificado con aportes extras de calcio. (ELISABETH, C., 2005).

A continuación, se muestra una tabla nutricional general en donde se puede ver el contenido nutricional del yogurt griego y bebible de PIL ANDINA S.A:

**Tabla 2.2**  
**Valor nutricional del yogurt bebible y yogurt Griego**

	<b>Yogurt bebible</b>		<b>Yogurt Griego</b>	
	Tamaño de la porción: 100 g		Tamaño de la porción: 160 g	
	Unidad de medida	Cantidad	Unidad de medida	Cantidad
Valor energético	kcal	88,8	kcal	200
Proteína	g	3,3	g	9
Grasa total	g	1,6	g	4
Carbohidratos totales	g	12,6	g	32

**Fuente:** Pilandina.com.bo

#### **2.3.4 Los beneficios del yogur Griego**

La eliminación del suero de leche, lo convierte en un yogur saludable con 40 por ciento menos de azúcar, 38 por ciento menos de sodio y más de dos veces la cantidad de proteína que el yogur tradicional. Cada cucharada de yogur griego también está llena de nutrientes y proporciona numerosos beneficios para la salud.

En la actualidad encontramos una enorme lista de marcas y variedades de yogures. Gracias a su aporte nutricional, el yogur ha tomado gran importancia.

Entre sus nutrientes encontramos: Proteínas, lípidos, carbohidratos, vitaminas, minerales

Estos permiten una mejor absorción de los alimentos, porque favorecen el tránsito intestinal. (CLAUDIA, V., 2015).

- **Salud digestiva**

El yogurt es un alimento muy saludable que da beneficios en la salud intestinal mejorando la flora natural que ahí se encuentra (CLAUDIA, V., 2015).

El yogurt es un alimento probiótico, esto quiere decir que contiene microorganismos que, al ser ingeridos, actúan de manera beneficiosa sobre la flora bacteriana del intestino. Algunos de estos beneficios son la estimulación de la respuesta inmunitaria, aumento de la absorción de calcio y una mejora de la digestibilidad de la lactosa. (CLAUDIA, V., 2015).

Comer yogur griego con probióticos ayuda a aumentar las buenas bacterias en el intestino. Y mientras más bacterias buenas consumas, menos espacio hay para que se desarrollen las malas bacterias. (CLAUDIA, V., 2015).

Mantener este equilibrio saludable de bacterias amistosas puede ayudar con varios problemas digestivos. Por ejemplo, puede ayudar a mantenerte regular y luchar contra las malas bacterias que pueden causar diarrea. Los probióticos también pueden ser útiles para aquellos que sufren de síndrome de intestino irritable y enfermedades intestinales como la enfermedad de Crohn y la colitis ulcerosa. (CLAUDIA, V., 2015).

- **Ayuda a controlar la presión arterial**

Una de las mejores maneras de ayudar a controlar la presión arterial alta es a través de la dieta. La dieta DASH es baja en grasas, e incluye ocho a 10 porciones de frutas y

verduras y de dos a tres porciones de bajo contenido de grasa o productos diarios sin grasa. Los productos lácteos como el yogur griego, son una fuente importante de calcio, magnesio y potasio, que se considera beneficiosa para ayudar a reducir la presión arterial alta. (CLAUDIA, V., 2015).

- **Controlar de peso**

El yogur griego se destaca, entre otras cosas, para contener el doble de la cantidad de proteína en comparación con el yogur tradicional, dado que la proteína tiene el cuerpo más tiempo para digerir, puede ayudarle a sentirse y mantenerse lleno durante más tiempo. Esto es especialmente importante para ayudar a frenar el apetito entre las comidas regulares cuando se trata de perder peso, y cuando no tienes hambre, es una manera saludable para ayudar a minimizar los antojos de más. (CLAUDIA, V., 2015).

- **Huesos fuertes y sanos**

El yogurt griego aporta nutrientes importantes, como el calcio, magnesio, fósforo, potasio y proteínas, que trabajan juntos para promover huesos fuertes y sanos. Desafortunadamente, muchas personas se concentran en apenas calcio y recurren a los suplementos con el fin de satisfacer sus necesidades de calcio. (MIRANDA, D., 2008).

Sin embargo, el yogur griego ofrece una suite completa de nutrientes que no se encuentran en las tabletas de calcio por sí solas. Un estudio de mujeres posmenopáusicas realizadas en la Escuela de Medicina de la Universidad de Washington, concluyó que obtener el calcio directamente de los productos, a diferencia de los suplementos, tiene un impacto más positivo en la salud de los huesos. (MIRANDA, D., 2008).

De esta forma nos ayuda a prevenir enfermedades como la osteoporosis y otros problemas óseos, ya que refuerza los huesos y permite que estos absorban mejor los nutrientes. (MIRANDA, D., 2008).

Entre tanto, el calcio regula el sistema nervioso y muscular. Por ello, cuando hay una deficiencia de este mineral experimentamos calambres o adormecimiento en los dedos, así como irregularidades cardíacas. (MIRANDA, D., 2008).

Cabe resaltar que una porción de 220 g de yogurt griego proporciona más del 25% de calcio que una taza de leche. (MIRANDA, D., 2008).

- **Reduce los niveles de colesterol**

El yogur griego funciona como tratamiento natural para combatir el colesterol.

Este contiene *Lactobacillus Acidophilus*, una bacteria beneficiosa que actúa contra la síntesis endógena del colesterol malo (LDL). (MIRANDA, D., 2008).

Dicha bacteria reduce las sustancias que pasan por el torrente sanguíneo. De esta manera, cuando llegan al hígado, ya no se forma la misma cantidad de colesterol. (MIRANDA, D., 2008).

- **Para personas con intolerancia a la lactosa**

En general, las personas con intolerancia a la lactosa toleran mejor los yogures que la leche, pero siempre hay que valorarlo individualmente.

Sin embargo, es importante considerar el nivel de intolerancia a la lactosa de forma individual, pues hay personas a las que sí puede provocarle efectos secundarios.

La intolerancia a la lactosa es una sensibilidad a la azúcar de la leche llamado “lactosa”. Los síntomas de la intolerancia a la lactosa son provocados por el tracto digestivo y pueden incluir hinchazón, flatulencia y diarrea.

El yogurt griego es un alimento que contiene bajo porcentaje de lactosa con relación a la materia prima, una taza de 200 ml de yogurt griego natural sin grasa proporciona sólo 4 gramos de lactosa. La menor cantidad de lactosa que se encuentra en el yogurt griego

es debido al proceso de filtrado, por lo que el yogur griego puede ser apto para las personas con intolerancia a la lactosa. (CLAUDIA, V., 2015).

- **Otros beneficios del yogurt Griego**

- La ingesta de yogur griego aumenta la cantidad de glóbulos blancos, que son los encargados de combatir las infecciones bacterianas y virales.
- Su alto contenido proteico lo hace útil luego de la práctica deportiva para tener mejoría y desarrollar la masa muscular.
- La textura del yogur griego lo hace una buena herramienta culinaria que puede ser usado en reemplazo o sustitución de la crema de leche, con la ventaja de tener menor cantidad de grasa saturada (peligrosa para nuestro sistema cardiovascular) que la crema agria tradicional. (CLAUDIA, V., 2015).

### **2.3.5 Situación actual**

Hoy en día, el yogur griego es una alternativa a los yogures tradicionales (por ejemplo, los batidos y/o bebibles). Sus procesos, menos automatizados e ingredientes usualmente más selectos (como por ejemplo la leche de cabra), tienden a elevar el precio del producto por encima del promedio. Esto, no obstante, no merma la demanda en lo mínimo y tiende a incrementar la tasa de consumidores en medio de un mercado progresivamente más exquisito. (CLAUDIA, V., 2015).

## **2.4 OPERACIONES PRINCIPALES PARA EL PROCESAMIENTO DE YOGURT GRIEGO**

### **2.4.1 Pasteurización**

El tratamiento térmico de la pasteurización, normalmente es más riguroso para el caso de la leche destinada a la elaboración de productos fermentados que para la obtención de otros productos. Esto se debe a que se ha comprobado que los resultados tecnológicos de este proceso son positivos para la calidad del yogur. (BAUMAN, G., 2007)

Los parámetros de la pasteurización, dependen en gran medida del equipamiento con que se cuente y de las características del producto que se desee elaborar. Si se trabaja con un sistema continuo de pasteurización de placas o tubular, las temperaturas oscilan en los 90-95°C con un tiempo de retención de 15-20 segundos. Si en cambio la pasteurización se hace en tanques, las temperaturas alcanzadas están entre 80 – 85 °C durante 10 – 30 minutos. (BAUMAN, G., 2007)

Los efectos buscados con la pasteurización son los siguientes:

- Eliminar totalmente los microbios patógenos que puedan provocar fermentaciones anormales, alterando la calidad del yogurt.
- Reducir al menor número posible la flora banal que puedan provocar fermentaciones anormales, alterando la calidad del yogurt.
- Producir la precipitación de las proteínas solubles sobre la caseína. Por efecto del calentamiento, las proteínas que se encuentran disueltas, se insolubilizan y se depositan, en buena parte, sobre las micelas de la caseína.
- Inactivar las enzimas naturales de la leche y las producidas por microorganismos contaminantes, para evitar alteraciones durante la elaboración y/o almacenamiento.

Además de estos resultados, la pasteurización ocasiona, como ya se ha señalado, una serie de características deseables:

- Mejora la consistencia y viscosidad, como consecuencia de la unión de proteínas solubles con la caseína, aumentando la capacidad de retención de agua.
- Por el efecto señalado en el punto anterior, se reduce la separación de suero.
- El calentamiento ocasiona modificaciones en algunos componentes de la leche (lactosa y proteínas), quienes producen compuestos (ácido fórmico, péptidos) que estimulan el crecimiento de los microorganismos del fermento.
- Se inactivan los "sistemas de defensa" (enzimas) naturales de la leche que podrían retardar la acción del fermento.

- Disminuye la cantidad de oxígeno en el medio, lo que favorece el desarrollo de las bacterias lácticas.
- Inhibe la oxidación de las grasas por producción de compuestos protectores, que se originan por acción del calor sobre algunos componentes de la leche.
- Aumenta la digestibilidad de algunas proteínas, por su desnaturalización. (BAUMAN, G., 2007)

#### **2.4.2 Incubación**

La incubación comprende todo el período durante el cual las bacterias del fermento actúan para lograr la acidificación (disminución del pH). La temperatura de incubación para el fermento de yogurt oscila entre 40 y 45°C. El manejo de las temperaturas obedece a distintas técnicas que se ajustan a la instalación disponible y al producto que se desee obtener. Usualmente se deposita la mezcla en un tanque fermentador aislado, en la que permanece a la temperatura de incubación por un período aproximado de 4-5 horas, al final del cual normalmente se logra la acidez deseada. (EARLY, C., 1998).

Las temperaturas bajas de incubación favorecen el desarrollo de los *Streptococcus thermophilus* además de prolongar el tiempo de fermentación, esto hace que se obtenga un coágulo poco firme, que desprende suero durante el almacenamiento, por una excesiva hidratación de las proteínas. Por el contrario, altas temperaturas favorecen el desarrollo de los *Lactobacillus bulgáricus* y reducen el tiempo de fermentación; además de esto provocan la contracción del coágulo y la separación de suero. Las fluctuaciones de temperatura influyen negativamente en la estructura del coágulo, provocando desuerado y granulosidad (gel irregular). En general, se puede decir que la velocidad de acidificación (depende de la temperatura, el porcentaje de inóculo y de la actividad del fermento) influye de manera determinante en la estructura y consistencia del coágulo. De no mediar inconveniente, el final de la incubación se alcanza, como ya se ha señalado, alrededor de las cuatro – cinco horas de iniciada. No obstante, el punto final debe determinarse midiendo la acidez, que deberá oscilar entre 65 – 80°D o algo más para los yogures muy ácidos. (Normalmente se fijan las características del

producto de acuerdo al mercado consumidor). El pH al concluir la fermentación debe ser de 4,5 a 4,7. (EARLY, C., 1998).

### **2.4.3 Enfriamiento**

El enfriamiento debe hacerse en forma rápida hasta lograr "frenar" la acidificación, a partir de allí para frenar el desuerado, lo más recomendable es continuar la refrigeración lentamente; así mismo, de esta forma se afectará menos la consistencia del producto. Lo que se hace normalmente es comenzar la refrigeración y agitación antes de que el yogur alcance el pH deseado, puesto que hasta lograr detener la actividad de las bacterias acidificantes y sus enzimas transcurre un cierto tiempo. Para alcanzar los efectos del enfriamiento y así reducir la actividad metabólica de los microorganismos y mantener las propiedades reológicas del producto, el yogur debe ser llevado lo más rápidamente posible desde la temperatura de incubación hasta aproximadamente 20°C y posteriormente llevar a temperatura de refrigeración. (VARGAS, M., 2016)

### **2.4.4 Batido**

El batido del yogurt no debe ser ni muy largo ni muy intenso, pero suficiente como para obtener una masa homogénea y de consistencia suave (cremosa). Cuando la agitación es adecuada, se observarán en el producto (al colocarlo en un recipiente de vidrio) un pequeño número de partículas visibles junto a una masa de partículas invisibles de gel. Este tratamiento mecánico, trae como consecuencia la inversión de las fases del producto, pasando de un gel que retiene gran cantidad de agua a una suspensión de partículas de gel en agua, teóricamente, lo recomendable es realizar la agitación una vez que la acidez expresada en grados Dornic haya alcanzado los 60° y cuando el coágulo ya ha sido enfriado hasta una temperatura de unos 18-20°C. En la práctica esto es casi imposible, puesto que la transferencia del calor en el interior del coágulo es extremadamente lenta si no hay agitación.

No obstante, debe quedar claro que puede lograrse una textura más uniforme batiendo el yogurt después de un pre-enfriamiento. (BAUMAN, G., 2007)

#### 2.4.5 Separación del suero

El yogurt tipo griego resulta de la concentración de sólidos totales mediante el desuerado y la fermentación láctica, como resultado se obtiene un producto de consistencia suave y ligeramente ácido.

La filtración a través de membranas es un proceso desarrollado para concentrar y/o separar los sólidos de una mezcla acuosa.

La separación del suero o filtración del yogurt se realiza en membranas de tela similares a las utilizadas a nivel industrial para el prensado del queso, estas membranas permiten el paso del suero del yogurt reteniendo en su interior lo que se conoce popularmente como yogurt griego. (CLAUDIA, V., 2015).

Existen algunas variables que afectan en el tiempo de filtración del yogurt:

- **Temperatura de filtración:** la filtración se puede llevar a cabo a diferentes temperaturas comprendidas entre 7 y 21°C, el efecto de la temperatura en la filtración es que afecta en la viscosidad del yogurt y a mayor viscosidad mayor tiempo de filtración debido a que el yogurt se filtra con menor velocidad.
- **Superficie de filtrado:** la superficie de filtrado se refiere al tamaño de la superficie donde se realiza la filtración con relación a la cantidad de yogurt, a mayor tamaño de filtrado menor tiempo de filtración sin embargo el tamaño de la superficie de filtración debe de ser proporcional a la cantidad de yogurt a filtrar.
- **Batido del yogurt durante la filtración:** el batido del yogurt durante la filtración permite quitar de las paredes del filtro el yogurt concentrado que bloquea el paso del suero y de esta manera permite optimizar el tiempo de filtrado. (CLAUDIA, V., 2015).

## 2.5 CULTIVO LÁCTEO

Los microorganismos lácteos usados, para la elaboración del yogurt son principalmente dos cepas. El *Lactobacillus Bulgaricus* y el *Streptococcus thermophilus* (Ordoñez, 1998), estos dos microorganismos deben estar en el cultivo y por lo tanto en el yogurt, en una relación cuantitativa de 1:1 a 2:3 aproximadamente (TAMIME Y ROBINSON, 1991).

- *Streptococcus thermophilus*; Es una bacteria Gram positiva, no móvil, anaerobia, se desarrolla a 37 – 42 °C de temperatura, pero puede resistir 50 °C e incluso 65 °C por media hora. Posee gran relevancia en la industria láctea, el *S. thermophilus* utiliza principalmente azúcares como sustrato para la producción de productos de fermentación, siendo el ácido láctico el principal, esta bacteria tiene menor poder de acidificación que el *Lactobacillus*.
- *Lactobacillus bulgaricus*; es una bacteria láctica homofermentativa. Se desarrolla muy bien entre 42 y 45 °C, produce disminución de pH, puede producir hasta un 2.70 % de ácido láctico, es proteolítica, produce hidrolasas que hidrolizan las proteínas. Esta es la razón por la que se liberan aminoácidos como la valina, la cual es de interés porque favorece el desarrollo del *Streptococcus thermophilus*. (TAMIME Y ROBINSON, 1991).

El manejo del cultivo para la producción del yogurt requiere higiene y precisión máxima, es decir la temperatura de la leche antes de agregar el cultivo debe estar a 43°C. La función de cualquier fermento o cultivo es descender el pH de la leche desde 6.40 – 6.70 hasta un pH de 3.80 – 4.20 y desarrollar en el producto final unas características de textura, viscosidad y sabor que correspondan a las exigencias del consumidor (EARLY, 1998).

## 2.6 ALIMENTOS LÁCTEOS FORTIFICADOS Y ENRIQUECIDOS

Los productos alimenticios fortificados y enriquecidos (adicionados) con suplementos nutricionales como: vitaminas, minerales y grasas especiales, son cada vez más

utilizados para mejorar la nutrición en general de quien los consume. (RAMÍREZ, J., RODRÍGUEZ, A., 2011)

Hoy en día, los productos fortificados y enriquecidos, se establece que sólo se permite utilizar ciertos términos entre ellos, se dice que un alimento adicionado es al que se añaden nutrimentos contenidos o no de manera natural en el producto. Un alimento es enriquecido cuando se añaden una o varias vitaminas, minerales o proteínas en concentraciones superiores a las que ya tiene el alimento; se llama alimento fortificado cuando el producto normalmente no contiene tales componentes. (RAMÍREZ, J., RODRÍGUEZ, A., 2011).

Actualmente se añaden vitaminas y minerales a productos lácteos fermentados y no fermentados para compensar las pérdidas de vitaminas y minerales durante el procesamiento. El calcio, magnesio y hierro son los minerales más comúnmente añadidos a las bebidas con base en leche. (SANTILLA, E., MENDEZ, M. 2014).

## **2.7 COLÁGENO HIDROLIZADO**

### **2.7.1 Propiedades y beneficios el colágeno hidrolizado**

Además de sus conocidas propiedades estructurales, el colágeno hace el papel de catalizador del crecimiento en edades tempranas y constituye algo así como la sustancia reparadora de la inmensa mayoría de los tejidos. Es más, puede decirse que, en muchas de las patologías asociadas al envejecimiento, el colágeno se reserva un destacado rol.

Una carencia de colágeno suele implicar, por norma, a todo el organismo, manifestándose con síntomas de carácter un tanto inespecífico, acentuados conforme mayor es la edad, como debilidad, astenia, fatiga, dolor leve de articulaciones y una degradación del estado general de la persona. (MOLINERO, O., 1998).

Para frenar ese deterioro provocado por un proceso natural del organismo, el colágeno hidrolizado es un excelente recurso, estando ampliamente avalado por profesionales de

la medicina y del mundo de la investigación y habiendo cosechado notables éxitos en multitud de pacientes. (MOLINERO, O., 1998).

### **2.7.2 Subgrupos de población**

Dentro de su utilidad, es interesante hacer un desglose entre dos posibles subgrupos de población:

**Personas que no practican deporte:** es ideal para adultos de edad avanzada o al menos que han superado los 50 años, aunque en su espectro de consumidores potenciales entra cualquier persona que desee reforzar su salud. Muy eficaz en preparaciones combinadas con vitaminas C, B2 y B6, condroitina, magnesio y ácido hialurónico, todas ellas con una especial aptitud para potenciar la salud de las articulaciones. (MOLINERO, O., 1998).

**Deportistas:** La enorme exigencia provocada por los entrenamientos y la competición termina señalando a ligamentos y articulaciones como elementos anatómicos envueltos en un serio riesgo de deterioro. Por ello, es muy conveniente que consuman estos productos, que contribuyen a fortalecer las estructuras locomotoras y mejorar la recuperación de las posibles lesiones. Para optimizar su efecto, es interesante combinar el colágeno hidrolizado con metilsulfonilmetano (fuente natural de azufre biodisponible, esencial para la integridad del tejido conjuntivo) o hidroximetilbutirato (existe de manera natural en el organismo por degradación del aminoácido leucina). (MOLINERO, O., 1998).

### **2.7.3 Combinaciones colágeno hidrolizado**

Este que sigue podría ser un cuadro muy representativo del tipo de combinaciones que pueden conseguirse con una base de colágeno hidrolizado:

- Ácido hialurónico, una sustancia cuyas propiedades humectantes ayudan a mejorar la tersura de la piel y cuya producción endógena también disminuye con el paso de los años.

- Vitamina A, un eficaz freno a las arrugas que contribuye a limar imperfecciones en la piel.
- Vitamina B5, que estimula el mantenimiento de la capa adiposa de la piel.
- Coenzima Q10, un antioxidante elemental en el metabolismo celular que protege de los radicales libres.
- Vitamina C, el verdadero motor de la fabricación de colágeno dentro del organismo.
- Vitamina E, otro potente antioxidante que ayuda al mantenimiento de la elasticidad cutánea. (MOLINERO, O., 1998).

Aunque una dieta abundante en esta proteína podría no hacer necesaria su suplementación, el problema estriba en que buena parte del colágeno que ingerimos no genera los efectos deseados en el organismo con la misma eficiencia. Paralelamente nos tropezamos con el problema de que muchos de los alimentos que aportan sensibles cantidades, a su vez se caracterizan por un perfil nutricional desaconsejado para el seguimiento de una dieta saludable, como pueden ser los embutidos por su alto contenido en grasas saturadas o los postres gelatinosos por su abundancia en azúcares. (MOLINERO, O., 1998).

#### **2.7.4 Importancia del consumo de colágeno hidrolizado a partir de los 30 años**

La disminución de la síntesis endógena de esta proteína da comienzo muy sutilmente alrededor de los veinticinco años, manteniendo a partir de entonces una reducción sostenida (cada 12 meses, la cantidad de colágeno en nuestro cuerpo disminuye el 1 %) que experimenta una caída brusca con la llegada de los treinta y cinco y especialmente de los sesenta. Esta evolución negativa, basada en la disminución de la capacidad de las células especializadas en sintetizar colágeno, explica algunas de las manifestaciones que acostumbramos a observar en personas de media y avanzada edad, como:

- Disminución de la elasticidad y la firmeza de la piel, que se traduce en la aparición de estrías, arrugas y áreas de flacidez, lo que da una sensación de envejecimiento precoz.
- Fragilidad de los capilares sanguíneos, que provoca una frecuente y aparentemente sin causa formación de hematomas, los típicos moratones.
- Dolores musculares característicos de la fibromialgia.
- Dolores articulares propios de la artrosis, con especial incidencia en la articulación de la rodilla, pues el cartílago ve mermados su grosor y su resistencia, haciendo poco a poco que los huesos empiecen a friccionarse cuando se producen los movimientos articulares.
- Incremento de la porosidad de la matriz del hueso, debido a una descalcificación paralela como consecuencia de la pérdida de las sales cálcicas que están adheridas al colágeno. Su consecuencia directa es un mayor riesgo de padecer osteoporosis. (MOLINERO, O., 1998).

### **2.7.5 Cómo y cuándo tomar colágeno hidrolizado**

En el mercado se comercializan múltiples formatos y presentaciones a base de colágeno, solo o en combinación con otras sustancias, como cápsulas, comprimidos, líquidos concentrados, polvos solubles, mascarillas, cremas, etc. En función del producto seleccionado, se tratará de administrarlo por vía tópica o por vía oral, las dos únicas opciones existentes. (MOLINERO, O., 1998).

Concretamente, las presentaciones de colágeno hidrolizado fabricadas en polvo soluble tienen el objetivo de poder proceder a su mezcla con líquidos fríos o calientes, como agua, zumos, té, sopas, etc. En este sentido resulta interesante saber que su ingestión acompañada de líquidos da lugar a una más rápida absorción, debido a su más breve tránsito por el tracto intestinal, en comparación con una ingesta como materia sólida. (MOLINERO, O., 1998).

Lo principal de estas formulaciones es que esas mezclas no actúan en detrimento de las propiedades fisiológicas de esta proteína procesada, garantizándose que no se vean en absoluto afectadas y haciendo que se trate de un producto extraordinariamente apto como suplemento alimenticio. (MOLINERO, O., 1998).

Un importante detalle adicional es que hay uniformidad de criterio entre los especialistas en recomendar la toma de estos suplementos de colágeno hidrolizado en ayunas, ya que ese estado de vacuidad gástrica asegura que no se produzcan interferencias metabólicas con otras proteínas, monosacáridos, ácidos grasos, hidratos de carbono o cualquier otro tipo de sustancia ingerida que compita por ser absorbida en el tracto digestivo. (MOLINERO, O., 1998).

#### **2.7.6 Dosis necesaria**

En cuanto a la dosis necesaria, no podemos mencionar una cantidad precisa porque depende lógicamente de la formulación consumida. De cualquier modo, todos los productos comercializados en el territorio de la Unión Europea llevan incorporada, por imperativo legal, una etiqueta donde figura la dosificación recomendada para lograr el efecto óptimo, por lo que ese aspecto no debe ser objeto de preocupación. Para mayor seguridad, los fabricantes de colágeno hidrolizado en polvo suelen incluir dentro del embalaje una cucharilla dosificadora para asegurar que se tome la dosis de entre 9 y 10 gramos diarios de colágeno como sustancia pura (en cuanto al preparado global, la cantidad dependerá del volumen de excipiente que lleve), una dosis que numerosos y solventes estudios clínicos han probado como la más efectiva. (CARLOS, A., 2014).

El colágeno hidrolizado no es un medicamento ni tiene efectos inmediatos tras su ingestión, sino que, dada su condición de suplemento alimenticio, requiere adoptar una disciplinada actitud de consumirlo todos los días y nunca durante periodos inferiores a 3 meses, pues de lo contrario se perderá la base de su éxito que radica en un efecto acumulativo. Explicado de otro modo, puede decirse que el efecto del colágeno es dosis-dependiente, lo que significa que por debajo de cierto umbral de dosificación carece de efecto. Este umbral lo marcan los 8 gramos diarios durante 3 meses, que

garantizan una concentración basal de péptidos de colágeno con capacidad para mantener activo el proceso de regeneración de tejidos o la mitigación del dolor articular de desgaste si es el caso. (CARLOS, A., 2014).

### **2.7.7 Diferencia entre pastillas de colágeno y suplementos en polvo**

Médicos y nutricionistas tienen un criterio bastante homogéneo a la hora de establecer diferencias entre las pastillas de colágeno y los suplementos en polvo. Argumentan que las primeras tienen una capacidad bastante limitada de proporcionar sustancia biodisponible, mientras que el polvo soluble de hidrolizado guarda una excelente relación entre cantidad de producto biodisponible y cantidad de producto global ingerido, siendo máximo este cociente si la sustancia preparada para su consumo va asociada a un medio ácido, como puede ser un zumo de frutas. Como veremos más adelante, el polvo hidrolizado tiene mayor facilidad de absorción y esta, además, se lleva a cabo en las etapas incipientes del proceso digestivo, brindando al torrente sanguíneo un altísimo porcentaje del colágeno ingerido en una forma metabólicamente eficaz. (TERESA, F., 2015).

Por norma general, los suplementos que se toman en pastillas no aportan colágeno en sí mismo, ya que contienen complejos de aminoácidos destinados a proveer al organismo de materia prima especializada para que este fabrique colágeno.

En definitiva, ningún fabricante puede asegurar que sus pastillas contienen colágeno, sino aminoácidos o péptidos (pequeñas cadenas de aminoácidos). (TERESA, F., 2015).

### **2.7.8 Pérdida de colágeno con la edad**

Pero en la línea de lo que sucede con otros muchos componentes y otras muchas funciones vitales, esa capacidad inherente al cuerpo humano de generar colágeno endógeno se ve sensiblemente mermada con el transcurso de la edad, irrumpiendo en una cierta etapa de la vida, variable según las personas, la necesidad de contar con aportes externos que mitiguen en la medida de lo posible esa pérdida de presencia estratégica del colágeno allí donde su actuación es demandada. (TERESA, F., 2015).

Cuando eso sucede, puede hablarse de un evidente punto de inflexión que señala el inicio de manifestaciones pseudopatológicas indicadoras de una cierta pérdida de la funcionalidad de esas zonas sobre las que el colágeno proyecta un efecto crucial, que lógicamente empezarán a envejecer pudiendo derivar ulteriormente en serias anomalías que entran de lleno en el terreno de la patología. (TERESA, F., 2015).

Ese descenso en el ritmo de la síntesis autónoma de colágeno por parte del organismo, si bien, como es lógico tratándose de un hecho biológico, carece de un límite estricto, tiene tendencia a iniciarse a tempranas edades, no más allá de los 30 – 35 años, por lo que será el momento a partir del cual deberemos plantearnos en qué medida intervenimos, con los recursos que la alimentación, la ciencia farmacológica y la cosmética ponen a nuestro alcance, para amortiguar ese progresivo déficit de colágeno. (TERESA, F., 2015).

Lo esperable, según atestiguan solventes estudios realizados al respecto, es una disminución de la capacidad sintética en torno al 1 % anual una vez rebasada la barrera de los 25, porcentaje que se eleva hasta el 30 % a partir de los 35 años. (TERESA, F., 2015).

No obstante, estas cifras deben interpretarse en clave de normalidad fisiológica, pues determinadas situaciones son capaces de intensificar ese ritmo llevando a una degradación precoz, como es el caso del climaterio en las mujeres o el abuso de la práctica deportiva o el ejercicio físico, la obesidad o el sedentarismo en ambos sexos. (TERESA, F., 2015).

### **2.7.9 Características físico-químicas del colágeno**

El colágeno responde al patrón estructural que caracteriza al conjunto de las proteínas, una disposición tridimensional de cadenas polipeptídicas, es decir, integradas por secuencias de péptidos o pequeñas asociaciones de aminoácidos genéticamente programadas, que otorga a estas macromoléculas unas singulares propiedades físicas y

químicas que las hacen diferentes al resto de los principios inmediatos, dotándolas de enorme trascendencia en variados fenómenos biológicos. (MOLINERO, O., 1998).

El colágeno revela una serie de particularidades en cuanto a su composición en aminoácidos que merece la pena destacar. En primer lugar, que uno de ellos, la glicina o glicocola, polariza la atención por constituir un tercio de los presentes. Prolina e hidroxiprolina le siguen en orden de importancia, llegando a sumar un 10 % del total y a título cualitativo, es relevante la presencia de hidroxilisina, pues el colágeno es una de las escasas proteínas de cuya composición forma parte tal aminoácido. Desde la perspectiva contraria, el colágeno es muy deficitario en triptófano, uno de los aminoácidos esenciales más limitantes desde el punto de vista nutricional. (MOLINERO, O., 1998).

#### **2.7.10 Características físicas**

En cuanto a las características físicas de esta sustancia, varios son los aspectos por los que destaca entre sus homólogas y en los que parece oportuno profundizar:

- El colágeno se concentra especialmente en tejidos destinados a soportar el peso del organismo (huesos y cartílagos) y en aquellos que ejercen como correa de transmisión de la fuerza en los movimientos, como tendones y ligamentos.
- El colágeno aparece asimismo abundantemente en aquellos lugares, como la dermis o las fascias (finas láminas de tejido conjuntivo que tapizan la musculatura), necesitados de una sustancia capaz de hacer frente a la tracción y a los cambios de volumen. (MOLINERO, O., 1998).

A gran escala, configura un tupido entramado de microfibrillas escrupulosamente ordenado al que ningún órgano ni víscera es ajeno. No obstante, las diferentes ubicaciones del colágeno difieren en cuanto a la disposición de sus fibras, de suerte que, por ejemplo, esta es paralela en los tendones, mientras que en la dermis aparecen íntimamente entrelazadas en todos los planos. (MOLINERO, O., 1998).

### **2.7.11 El colágeno y la temperatura**

El colágeno, en común con el resto de las proteínas, es susceptible de ser desnaturalizado por elevación de la temperatura, de la cual la primera consecuencia es un acortamiento de las fibras. Como dato característico, debe saberse que cada especie animal tiene asociada una determinada temperatura, rebasada la cual se desencadena ese fenómeno de desnaturalización, pues es aquella directamente proporcional al contenido de prolina e hidroxiprolina, que no es igual para todos los colágenos. En este sentido, destaca la menor temperatura de desnaturalización del colágeno de los peces y otras especies marinas, que en algunos ejemplares de agua fría puede producirse por debajo de 20°C. Como manifestación de este fenómeno por todos conocida, citaremos que en el cocinado de los alimentos, el colágeno se transforma en la sustancia que conocemos como gelatina tras la sucesión de una fase de ebullición y otra de enfriamiento. (CARLOS, A., 2014).

Una de las peculiaridades físicas de las fibras colágenas con mayor relevancia en el desarrollo de sus funciones biológicas es compaginar su flexibilidad con su poderosa resistencia a la tracción. Esta exacerbada característica puede corroborarse con un dato arrollador: el punto de ruptura de las fibras colágenas que integran un tendón requiere alcanzar una presión de cientos de kilogramos por centímetro cuadrado. (CARLOS, A., 2014).

### **2.7.12 Fuentes de colágeno**

Hay que dejar claro que el colágeno es una proteína estrictamente vinculada al reino animal, independientemente del origen terrestre o marino. Por tanto, el vulgarmente llamado “colágeno vegetal” no existe en la naturaleza, dada la incompatibilidad funcional de esta proteína con los organismos vegetales, carentes de movilidad. Tal errónea denominación ha sido adjudicada a ciertos polisacáridos de origen vegetal como el agar-agar, la goma de guar, el carragenato o el material gelatinoso de típico de la planta del aloe vera, a los que en un ejercicio hiperbólico del marketing se les ha

asociado a un término que debe quedar reservado en exclusividad a los organismos animales. (TERESA, F., 2015).

Esos compuestos que, como decimos, se denominan errónea o deliberadamente colágeno vegetal o también fitocolágeno, no actúan de forma tan completa como el colágeno real. Existe una proteína vegetal, la extensina, que también contiene hidroxiprolina entre sus aminoácidos de estructura, pero a pesar de ello su actuación no es comparable a la del colágeno, al que nunca debe sustituir. (TERESA, F., 2015).

La eficacia de cualquier producto a base de colágeno destinado a consumirse como complemento alimenticio está en función no de su origen, sino de su contenido en colágeno asimilable. Este grado de biodisponibilidad a su vez depende de la intensidad de la hidrólisis o predigestión a la que haya sido sometido, ya que solo si ha sido suficientemente hidrolizado será posible que logre atravesar la barrera intestinal y alcance todos los tejidos en los que deberá desarrollar su misión. (TERESA, F., 2015).

Dentro de la procedencia de esos complementos alimenticios de colágeno los hay de origen marino y terrestre (bovino, porcino, etc.). Si nos preguntamos cuál es más asimilable, hay estudios que apuntan al de origen bovino siguiendo el criterio de que su estructura molecular es la más similar a la del colágeno que originariamente sintetiza el organismo humano. Pero en la práctica veremos seguidamente cómo la realidad es algo diferente. (TERESA, F., 2015).

El colágeno de las especies vertebradas superiores se caracteriza por tener una temperatura de desnaturalización más elevada. Pero por otro lado, la molécula de colágeno procedente de las pieles de especies piscícolas es menos abundante en enlaces covalentes que la del colágeno de pieles bovinas o porcinas; este hecho le proporciona una mayor solubilidad, propiedad que tecnológicamente resulta muy favorecedora a la hora de obtener la forma nativa, el gel de colágeno. Y es que la obtención del colágeno a partir de pieles de mamíferos hace necesario someterlas a un agresivo tratamiento químico y/o enzimático, cuya consecuencia inevitable es la degradación de la proteína. (TERESA, F., 2015).

### **2.7.13 Tipos de colágeno según su procedencia**

#### **2.7.13.1 Colágeno bovino**

La fuente de la que se extrae el colágeno bovino es la piel de vaca, que es esterilizada, purificada y transformada tecnológicamente en una preparación líquida de uso cosmético cuyo principal mercado está representado por productos destinados al relleno de la piel. (CARLOS, A., 2014).

La Food and Drugs Administration de Estados Unidos, un organismo de la Administración norteamericana que en muchas cuestiones relativas a los ámbitos de alimentación y farmacia se considera un referente en Europa, dio el visto bueno al empleo del colágeno bovino en cirugía estética hace tres décadas, al considerarlo de carácter menos invasivo que otras alternativas.

Podría hablarse de ciertos riesgos adicionales asociados al uso de colágeno bovino, como reacciones alérgicas o trastornos del tejido conectivo, como artritis y lupus eritematoso, que no obstante registran una mínima incidencia entre sus consumidores.

Por otra parte, debe tenerse en cuenta que el colágeno bovino se degrada progresivamente en el cuerpo, por lo que sus efectos no suelen extenderse más allá de un año. (CARLOS, A., 2014).

#### **2.7.13.2 Colágeno porcino**

Extraído, de forma análoga al caso anterior, de la piel del cerdo, está especialmente indicado para los tratamientos de reemplazo de colágeno mediante inyección subcutánea para lograr el alisamiento de la piel. (CARLOS, A., 2014).

En este capítulo alcanza gran relevancia la seguridad sanitaria del ganado, en el cual las autoridades de control oficial aseguran la total ausencia de agentes patógenos mediante un férreo seguimiento de su alimentación, en la que queda completamente proscrita la inclusión de proteínas de subproductos de origen animal en la formulación de los piensos. (CARLOS, A., 2014).

Todas las explotaciones porcinas son monitorizadas con vistas a garantizar la completa trazabilidad y sometidos a un control veterinario exhaustivo todos los movimientos de entrada de nuevos animales, a los que se les exige un estatus sanitario igual o superior que el de la explotación de destino. (CARLOS, A., 2014).

### **2.7.13.3 Colágeno marino**

El colágeno marino, contrariamente a lo consolidado por ciertas leyendas urbanas, no procede de algas sino de las espinas y la piel de los peces. Su valor biológico y su biodisponibilidad son equiparables a los de origen terrestre, pero a diferencia de estos, el colágeno marino se consume como complemento alimenticio o en presentaciones de uso tópico, nunca en forma inyectable. (CARLOS, A., 2014).

Funcionalmente tiene una excelente virtud: estimula la producción endógena de colágeno, no limitándose a reemplazar al ausente. En su forma hidrolizada, que es la que debe utilizarse, contribuye a preservar la salud osteoarticular en personas mayores o aquejadas de dolencias de ese tipo, así como a frenar el desencadenamiento de los clásicos procesos degenerativos como la osteoporosis y la osteoartritis. Diversas compañías de cosméticos ya abastecen el mercado de diferentes cremas y comprimidos a base de colágeno marino. (CARLOS, A., 2014).

Son muchas las propiedades inherentes al colágeno marino, que sintetizaremos en las que se proyectan sobre los siguientes objetivos:

- **Piel:** prolonga su elasticidad y evita la aparición de arrugas, dotando a la piel de mayor capacidad de retención de agua y favoreciendo la regeneración de las células dérmicas.
- **Cabello:** los folículos pilosos se ven vigorizados, ganando el cabello en ritmo de crecimiento, calibre y vitalidad.
- **Huesos y uñas:** se trata de dos elementos anatómicos tendentes a aumentar su riesgo de quebrarse, pudiendo verse frenada esta tendencia con la ingesta de colágeno marino, que fomenta la síntesis de este material de soporte.

**Músculos:** el colágeno marino contribuye a optimizar la síntesis de creatina, un ácido orgánico indispensable en el transporte de energía hacia el citoplasma de las miofibrillas. (CARLOS, A., 2014).

#### **2.7.14 Alimentos ricos en colágeno**

Para llevar una alimentación completa y equilibrada es imprescindible tener conocimiento de qué alimentos contienen colágeno natural, porque sin él, nuestros fundamentos nutricionales quedarían cojos. (TERESA, F., 2015).

Tener un aspecto joven y saludable es un objetivo muy plausible pero que trasciende de la mera cuestión de adquirir los más avanzados productos que nos brinda la industria cosmética o los más eficaces y tolerados suplementos alimenticios a base de colágeno hidrolizado, de los que en artículos anteriores hemos dado todo lujo de detalles. Por supuesto que también juega un importante papel la práctica deportiva regular. Pero nada de ello es capaz de abarcar la totalidad de los fines pretendidos si prescindimos del consumo de alimentos que sean fuente de colágeno natural, terrestre o marino. (TERESA, F., 2015).

En consecuencia, hay que ajustar en lo posible nuestra dieta para proporcionar al organismo las herramientas que demanda para llevar un adecuado ritmo en la síntesis de colágeno, y ello pasa por incluir suficientes aportes de aminoácidos, minerales (especial, pero no exclusivamente, magnesio, cobre y azufre), proteínas, hidratos de carbono y vitaminas, especialmente la C. (TERESA, F., 2015).

Debe tenerse muy claro que las fuentes genuinas de esta proteína solo vamos a encontrarlas en organismos animales, ya que tanto el reino vegetal como el resto de seres vivos viven completamente ajenos a su existencia. Se menciona con cierta asiduidad la expresión “colágeno vegetal” o fitocolágeno, pero desde aquí debe advertirse que no se trata de ninguna sustancia equiparable en modo alguno al verdadero colágeno. No obstante, el consumo de productos (al margen de sus virtudes en otros campos de la nutrición) puede proporcionarnos sustancias capaces de estimular

al organismo humano para sintetizarlo, como es el caso de los cítricos con la vitamina C, las frutas rojas o moradas con las antocianinas, etc. (TERESA, F., 2015).

Dicho esto, pasemos a detallar cuáles son los alimentos ricos en colágeno que debemos tener más en cuenta a la hora de optimizar nuestra alimentación en este terreno:

### **2.7.15 Alimentos que estimulan la producción de colágeno**

Todos los que se citarán a continuación tienen la propiedad de predisponer al organismo para que engrase la maquinaria de síntesis de esta proteína, en mayor o menor intensidad. De suerte que podemos hablar de:

- Alimentos ricos en vitamina C: todos ellos son vegetales, básicamente muchas frutas como el kiwi, la naranja, el limón, el pomelo, la piña, el melón, el aguacate o el mango, pero también hortalizas como las coles de Bruselas, el repollo, el tomate, el pimiento, la espinaca, la escarola, la coliflor y la berenjena.
- Alimentos ricos en algunos aminoácidos como lisina y prolina, eficientes para la síntesis de los 21 tipos de colágeno existentes. Las principales fuentes de estos aminoácidos son los productos lácteos, seguidos de la clara de huevo, las carnes magras y los pescados grasos y semigrasos.
- Frutos rojos ricos en licopeno, un principio activo muy señalado como antioxidante pero que también fomenta la producción de colágeno. Principalmente está contenido en el pimiento rojo, el tomate, la remolacha, la sandía, las cerezas, las fresas y las frambuesas.
- Frutas ricas en antocianinas, con su peculiar tonalidad roja o morada oscura, presentes en cerezas, arándanos, frambuesas y moras, que aumentan la concentración intracelular de vitamina C y frenan la destrucción del colágeno en la piel y el tejido conjuntivo.

- Alimentos con ácidos grasos poliinsaturados, principalmente los aceites de semillas como el de girasol, los pescados azules, los crustáceos y algunas verduras.
- Frutos secos: es aconsejable, para incrementar la producción de colágeno, comer frecuentemente de todos ellos.
- Alimentos que contienen genisteína, que son la leche de soja y algunos tipos de queso. Es una sustancia que interviene en el organismo como intermediaria en reacciones bioquímicas presentes en la síntesis de colágeno.
- Alimentos que contienen azufre: este mineral, componente del condroitín sulfato y del sulfato de glucosamina, es altamente eficiente como precursor de la producción de colágeno, encontrándose sobre todo en el pollo, el pato, el ajo, el perejil, la cebolla, el plátano, el té, el tofu, el coco o la papaya.
- Alimentos que contienen cobre: el cobre es un oligoelemento que actúa como cofactor de dos enzimas que intervienen en la formación del colágeno, siendo abundante en vísceras, mariscos, verduras de hoja verde, nueces y legumbres.
- Puede comprobarse que la variedad de alimentos que directa o indirectamente influyen en la producción de colágeno es ingente. Conviene combinarlos en el seno de una dieta equilibrada, pues ahí radica uno de los principales secretos de una vida saludable. (TERESA, F., 2015).

#### **2.7.16 Alimentos naturales que aportan beneficios en relación con el colágeno**

- **Frutas ricas en antocianidinas:** son las caracterizadas por su color rojo o morado oscuro, como cerezas, arándanos, frambuesas y moras. Sus antocianidinas protegen contra la acción los radicales libres y aumentan los niveles de vitamina C intracelular, por todo lo cual combaten la destrucción del colágeno en la piel y el tejido conjuntivo.

- **Alimentos ricos en vitamina C:** no vamos a reiterarnos en los efectos en la producción de colágeno de esta vitamina, que se puede encontrar en naranjas, pomelos, limones, fresas, tomates, pimientos y brócolis, entre otros.
- **Alimentos ricos en prolina y lisina:** la lisina, aminoácido esencial, se encuentra en carnes magras, pescados, legumbres y lácteos, y la prolina, no esencial, en la clara de huevo y el germen de trigo.
- **Soja y derivados:** la soja y sus derivados, como el tofu, el tempeh y la leche vegetal de soja, son claros precursores de la formación de colágeno.
- **Alimentos ricos en cobre:** este oligoelemento, como cofactor en reacciones enzimáticas, ayuda en la formación del colágeno, pudiendo conseguirse interesantes aportes con el consumo de vísceras, mariscos (especialmente ostras), verduras de hoja verde, nueces y legumbres.

El colágeno, por la complejidad que le caracteriza como molécula, es difícil de absorber por el tracto intestinal, algo perfectamente conocido por la industria de los complementos alimenticios, que comercializa un formato de colágeno en forma hidrolizada a base de pequeños péptidos cuya biodisponibilidad es excelente. (TERESA, F., 2015).

El colágeno hidrolizado, ingerido a razón de más de diez gramos diarios, genera en los tejidos un estímulo de la síntesis de colágeno tisular debido en parte a que a su vez fomenta la síntesis de componentes de la matriz extracelular como son los proteoglicanos y la fibronectina. Algunas presentaciones están en forma de polvo soluble, ingerible disuelto en cualquier alimento líquido, pero restan pureza al producto reduciendo su tasa de absorción intestinal. (TERESA, F., 2015).

### 2.7.17 Clasificación del colágeno

Dentro de las variantes con las que la molécula de colágeno manifiesta en la naturaleza, llegando a conocerse veintidós tipos de la misma, a la hora de clasificar las propiedades del colágeno podemos efectuar una síntesis del siguiente tenor:

- **Colágeno de tipo I:** sin duda, el de mayor presencia tisular, siendo la sustancia química prioritaria en los tendones, los cartílagos fibrosos y el tejido conectivo denso repartido por gran parte del organismo, siempre formando las llamadas fibras colágenas. (MOLINERO, O., 1998)
- **Colágeno de tipo II:** se presenta básicamente en los cartílagos elásticos, los discos intervertebrales y los ojos. Su principal utilidad como aportación exógena se basa en el tratamiento de la artrosis y la reconstrucción de los cartílagos de las articulaciones. (MOLINERO, O., 1998).
- **Colágeno de tipo III:** forma fibras reticulares (en forma de red) y se localiza principalmente en la musculatura lisa que configura la pared de las estructuras tubulares del organismo, el endoneuro (capa interior de tejido conjuntivo de los nervios), las trabéculas de la sustancia fundamental amorfa y el mesénquima hepática. (MOLINERO, O., 1998).

**Otros tipos de colágeno** presentan ubicaciones muy dispares, muchos de ellos compartiendo ubicación, con funciones similares a los ya mencionados. (MOLINERO, O., 1998).

### 2.7.18 Beneficios de tomar colágeno

Los beneficios de un tratamiento con colágeno aparecen siempre a largo plazo y solo cabe esperarlos si se integra en el día a día como un hábito más, con rigor y disciplina en las tomas del producto que se haya considerado. (MOLINERO, O., 1998)

Consumir los preparados de colágeno es la opción más inteligente cuando se trata de suplir carencias en la nutrición en los siguientes casos:

- Por ser una persona de edad madura o un anciano.

- Por padecer algún cuadro clínico con implicaciones nutricionales.
- Por sufrir una enfermedad crónica que ocasione trastornos en la absorción de nutrientes, entre ellos las proteínas.

Aunque el colágeno hidrolizado carece de todo peligro, pues apenas se registran reacciones adversas en su consumo, no por ello deja de ser recomendable pedir opinión médica antes de iniciar un tratamiento.

A la hora de hablar de tratamientos a base de colágeno hidrolizado, el repertorio de indicaciones para las que tienen cabida es muy prolijo. No obstante, conviene asimilar que está sujeto a ciertas limitaciones y que en algunos casos (eso sí, excepcionales) puede provocar efectos secundarios que pueden obligar a suspender el tratamiento. . (MOLINERO, O., 1998)

Hagamos un repaso de todos los beneficios que puede comportar:

- **Tonifica la piel:** en condiciones fisiológicamente normales, el colágeno supone el 90 % del peso seco de la piel, estando comprobado que tomarlo mejora el aspecto general de esta, pues regenera su tejido conectivo y estimula la formación del colágeno endógeno, lo que da como resultado una piel flexible y más resistente, disminuyendo sus irregularidades (arrugas, bolsas, líneas de expresión).
- **Supone un freno a la celulitis y la impopular “piel de naranja”:** una adecuada cantidad y calidad de colágeno en la piel impide que la grasa emerja hacia la epidermis, evitando que aparezca ese antiestético aspecto.
- **Mantiene huesos y articulaciones en buenas condiciones:** por un lado, ayuda al mantenimiento de óptimos niveles de densidad ósea contribuyendo a retener las sales de calcio en la matriz, blindando así a los huesos de los riesgos de su rotura. Por otra parte, estabiliza la cápsula de las articulaciones, favoreciendo el engranaje de las mismas en los movimientos cotidianos, y amortigua las

contusiones sufridas por ligamentos y articulaciones, algo especialmente apreciado por los deportistas.

Al debilitarse el espesor del cartílago, la fricción de huesos entre sí es causa de fuertes dolores y deformaciones en las articulaciones, algo a lo que también contribuye la pérdida del líquido sinovial de estas, que quedan privadas de la capacidad lubricante y protectora de aquel. El aporte de colágeno es capaz de robustecer esa estructura deteriorada, confiriéndole suficiente fuerza y resistencia y ralentizando el proceso degenerativo del tejido cartilaginoso.

- Finalmente, dentro de lo que representa el aparato locomotor, puntualizar además que **ayuda a preservar la integridad de los discos intervertebrales y los meniscos**, con la subsiguiente minoración del riesgo de padecer hernias discales y problemas ligados a estos últimos.
- Como consecuencia indirecta del beneficio anterior, conviene resaltar que **reduce la necesidad de consumir analgésicos**, librando al organismo de exigencias metabólicas poco convenientes.
- **Influye en buena medida en la regulación del sistema hormonal:** es algo que sobre todo se aprecia en las mujeres durante su ciclo menstrual, amortiguando los frecuentes cambios de humor que este acarrea. Asimismo, favorece el funcionamiento de la glándula tiroides y frena el estrés metabólico por disminuir la producción de glucocorticoides en las glándulas adrenales.
- **Estimula la digestión:** aligera el tránsito gastrointestinal, logrando que el aparato digestivo se distienda y trabaje con menor estrés, lo que repercute en mejores digestiones y ausencia de acidez gástrica. A su vez, promueve el equilibrio de la flora bacteriana que actúa en la mucosa gastrointestinal, hecho que acentúa el beneficio anterior. Y en último término, debido a su acción coloidal se comporta como un factor de prevención de las patologías del colon y del estreñimiento crónico.

- **Evita la descalcificación de los huesos**, con un papel muy significativo en situaciones críticas como el embarazo o el climaterio. En consecuencia, es un importante recurso para combatir la osteoporosis.
- **Potencia la fortaleza de los tejidos de las uñas y el cuero cabelludo**, dando lugar a una mayor resistencia que evita que uñas y pelo se tornen quebradizos.
- **Aumenta el rendimiento cardiaco y el de la musculatura** estriada en general.
- **Trabaja en la regeneración de los órganos vitales**, con un importante rol en preservar la integridad del sistema inmunológico. El sistema linfático se ve favorecido y con ello, aumenta la eficacia del organismo para eliminar toxinas.
- **Por favorecer el funcionamiento de la musculatura lisa**, incrementa la elasticidad de los vasos sanguíneos y linfáticos, razón por la cual es un factor preventivo de arteriosclerosis y varices, además de que, al evitar el endurecimiento de aquellos, contribuye a controlar los niveles de presión arterial.
- **Es un factor revitalizante**, pues fomenta la producción de energía, algo que resulta particularmente práctico a la hora de la recuperación tras llevar a cabo un ejercicio físico exigente. En paralelo a su influencia en el metabolismo energético global, debe destacarse que, como precursor de aminoácidos esenciales, ejerce un efecto positivo en el metabolismo de la energía dentro de la fibra muscular, una célula especialmente sensible a los factores limitantes de la producción de energía.
- Es una sustancia a la que se le reserva un papel estratégico en las dietas adelgazantes por su **efecto saciante**. Consumiendo colágeno hidrolizado media o una hora antes del almuerzo o la cena se pone en marcha el mecanismo neurológico que regula la sensación de saciedad, lo cual da lugar a una reducción de la cantidad de calorías ingeridas. (MOLINERO, O., 1998)

Y un cajón de sastre entre el que podría hablarse de:

- Mejora la memoria y la capacidad visual.
- Incentiva el equilibrio entre los diferentes tipos de colesterol en beneficio de las HDL sobre las LDL.
- Desempeña un papel auxiliar en prevención de la osteoartritis reumatoide y de lesiones deportivas.
- Su acción antioxidante le otorga cierto poder de controlar los radicales libres en las membranas celulares.
- Supone un factor de refuerzo en los tejidos de dientes y encías. (MOLINERO, O., 1998)

#### **2.7.19 Efectos de la falta de colágeno**

- **Dolor articular**, que se manifiesta en más dos tercios de las personas mayores de 50 años y que normalmente va asociado a un proceso de artrosis, siendo la tasa de incidencia más acentuada en dos colectivos muy precisos: mujeres y deportistas. (TERESA, F., 2015).
- **Pérdida de densidad ósea:** la estructura de los huesos en el recién nacido obedece casi en su totalidad a la presencia del colágeno alojado en una matriz que, desde la más tierna infancia, comienza un lento pero contumaz proceso de calcificación para pasar a perder densidad. Que esta última etapa sea menos intensa depende de que exista una buena matriz de colágeno donde puedan fijarse las sales de calcio que se suplementen en la dieta. (TERESA, F., 2015).
- **Flacidez dérmica:** la capa intermedia de la piel, llamada dermis, es la responsable de mantener la tersura y elasticidad de ese envoltorio natural del organismo, para lo cual requiere la intervención sinérgica del colágeno y otra proteína de similares características y funcionalidad, la elastina, ambas

susceptibles de esa degradación que provoca la aparición de arrugas y bolsas cutáneas. (TERESA, F., 2015).

Puede resultar ilustrativo ver las diferencias en relación a la forma de actuar del colágeno en las distintas parcelas anatómicas en las que despliega su función:

En la piel, por ejemplo, forma una malla tridimensional en asociación con la elastina, constituyendo la denominada sustancia fundamental amorfa del tejido conjuntivo. (TERESA, F., 2015).

En el hueso, aparece mezclado con cristales de hidroxapatita, a los que sirve de soporte para proporcionar a la matriz ósea la estructura rígida que apreciamos. Las fibras se disponen en ultra finas láminas superpuestas en paralelo, a la vez que forman ángulo recto con las de las capas adyacentes. (TERESA, F., 2015).

En los cartílagos que ocupan las articulaciones, su combinación con la elastina da lugar a una textura de gel idónea para amortiguar los efectos de los constantes impactos que recibe la cápsula intraarticular, confirmando al cartílago su genuina resistencia a la compresión. (TERESA, F., 2015).

En el tejido adiposo, por su parte, es parte integrante de la sustancia que conecta los adipocitos donde se almacena la grasa.

En el ojo, es la córnea el órgano diana del colágeno, y a este le debe su transparencia como resultado de la finísima red que forma dentro de ella, disponiéndose las fibras de forma análoga a lo descrito a propósito del hueso. (TERESA, F., 2015).

En los riñones constituye el soporte de los canalículos que configuran el sistema de filtrado de sangre para la producción de orina.

En intestinos, vasos sanguíneos, tráquea y árbol bronquial las fibras de colágeno son responsables de la firmeza de toda esa estructura tubular que representan.

En caso de la médula ósea, adopta la forma de un tejido conjuntivo altamente especializado. (TERESA, F., 2015). Los órganos hematopoyéticos, término que describe a los formadores de células sanguíneas como es el

**CAPÍTULO III**  
**METODOLOGÍA EXPERIMENTAL**

### **3.1 INTRODUCCIÓN**

La parte experimental del presente trabajo se realizó en el Laboratorio Taller de Alimentos, los análisis realizados en el proyecto de investigación se llevo a cabo en el CIANID ubicado en la ciudad de Tarija, provincia Cercado, Zona El Tejar; ambos pertenecientes a la U.A.J.M.S.

### **3.2 EQUIPOS, MATERIALES E INSUMOS ALIMENTARIOS**

#### **3.2.1 Equipos para la elaboración de yogurt Griego fortificado con colágeno**

A continuación, se muestran los equipos utilizados para la elaboración del yogurt griego fortificado con colágeno.

##### **a) Balanza de precisión**

Este equipo fue utilizado para el pesado de los insumos que se utilizaron para la elaboración del trabajo de investigación cuyos datos fueron registrados para realizar el balance de materia y energía. Se muestra sus especificaciones técnicas a continuación:

- **Marca:** Mettler Toledo
- **Modelo:** PB 1502
- **Cap. mínima:** 0.5 g
- **Cap. máxima:** 1510 g
- **Unidades de pesaje:** g y oz.
- **Origen:** Suiza

**Figura 3.1**  
**Balanza de precisión**



**Fuente:** L.T.A. 2018

#### **b) Termostato**

El equipo, provisto de baño maría, utilizado para el proceso de fermentación debido a que permite mantener constante la temperatura necesaria para la fermentación, tiene las siguientes características:

- **Marca:** Memmet
- **Modelo:** 854 schawabach 770-331 w720
- **Tiempo máximo:** 12 horas
- **Temp. máxima:** 100 °C
- **Potencia conectada:** 270-1100 W.

**Figura 3.2**  
**Termostato**



**Fuente:** L.Q.U. 2018

### c) Freezer

El Freezer utilizado para la conservación de los productos en proceso y el producto final tiene las siguientes características:

- **Marca:** Prosoocimo
- **Modelo:** 06554 FSA3
- **Industria:** Brasil
- **Capacidad de congelación** 21,4 kg/24h
- **Volumen:** 494 l

**Figura 3.3**  
**Freezer**



**Fuente:** L.T.A. 2018

### 3.2.2 Materiales para la elaboración de yogurt Griego fortificado con colágeno

- **Material de laboratorio**

En la tabla 3.1 se muestran los materiales utilizados en la parte experimental.

**Tabla 3.1**  
**Material utilizado en el proceso de elaboración**

<b>MATERIAL</b>	<b>UNIDAD DE MEDIDA</b>	<b>CAPACIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>TIPO DE MATERIAL</b>
Vaso precipitado	ml	600	1	Vidrio
Erlenmeyer	ml	250	2	Vidrio
Embudo cónico	----	----	1	Vidrio
Bureta	ml	25	1	Vidrio
Pipeta	ml	10	1	Vidrio
Pinza doble para bureta	----	----	1	Vidrio
Gotero	----	----	1	Vidrio
Soporte universal	----	----	1	Acero inoxidable
Pinza	----	----	1	Acero inoxidable
Jarra graduada	ml	1000	1	Plástico
Cuchara	----	----	3	Acero inoxidable
Cuchillo	----	----	1	Acero inoxidable
Colador	----	----	4	Plástico
Recipiente	----	----	5	Acero inoxidable
Tazón	ml	1000	4	Acero inoxidable

**Fuente:** Elaboración Propia

- **Instrumentos de laboratorio**

**a) pH metro**

El pH metro fue utilizado para la medición de pH de la materia prima, los productos en proceso y el producto final para el control de calidad, tiene las siguientes características:

- **Marca:** HANNA
- **Modelo:** HI2221-02
- **Rango de pH:** -2.0 a 16,0
- **Resolución:** 0.01 pH
- sonda de temperatura
- porta electrodos

**Figura 3.4**  
**pH metro**



**Fuente:** L.T.A. 2018

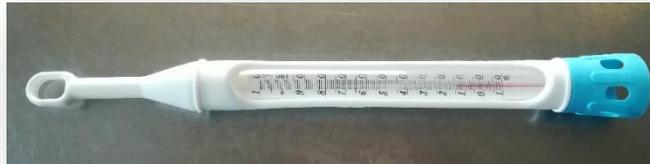
**b) Termómetro**

El termómetro fue usado para medir las temperaturas en las etapas de pasteurización, enfriamiento y fermentación, a continuación, se detallan sus características:

- **Escala mínima:** -10 °C.

- **Escala máxima:** +110 °C
- **División de escala:** Cada 1 °C. (un grado entre líneas de la escala)
- **Carga de líquido termo sensible a la temperatura:** Alcohol rojo
- **Medida de los números:** Ancho 1.7 y alto 2.7 milímetros
- **Color de todos los números:** Negro con fondo de contraste blanco
- **Peso:** 22 gramos

**Figura 3.5**  
**Termómetro**



**Fuente:** L.T.A. 2018

### c) Refractómetro

Permite medir la cantidad de sólidos que posee la leche, como así también otros productos. Su uso permitió medir los sólidos de la leche en la etapa de recepción de la leche.

- Marca: ATAGO
- Modelo: MASTER-M
- Rango de medición: 0 a 80°boome
- Ocular con ajuste de focalización

**Figura 3.6**  
**Refractómetro**



**Fuente:** L.T.A. 2018

#### **d) Cocina**

la cocina se usó para la etapa de pasteurización para generar calor y de esa manera pasteurizar en baño maría la materia prima con los insumos agregados en la etapa de homogenización.

- **Material:** Acero inoxidable
- Características: Dos hornallas, funciona a gas

**Figura 3.7**  
**Cocina**



**Fuente:** L.T.A. 2018

### **3.2.3 Insumos para la elaboración de yogurt Griego fortificado con colágeno**

Los insumos que se usaron en la elaboración del producto se muestran en la tabla 3.2:

**Tabla 3.2**  
**Insumos utilizados en la elaboración del producto**

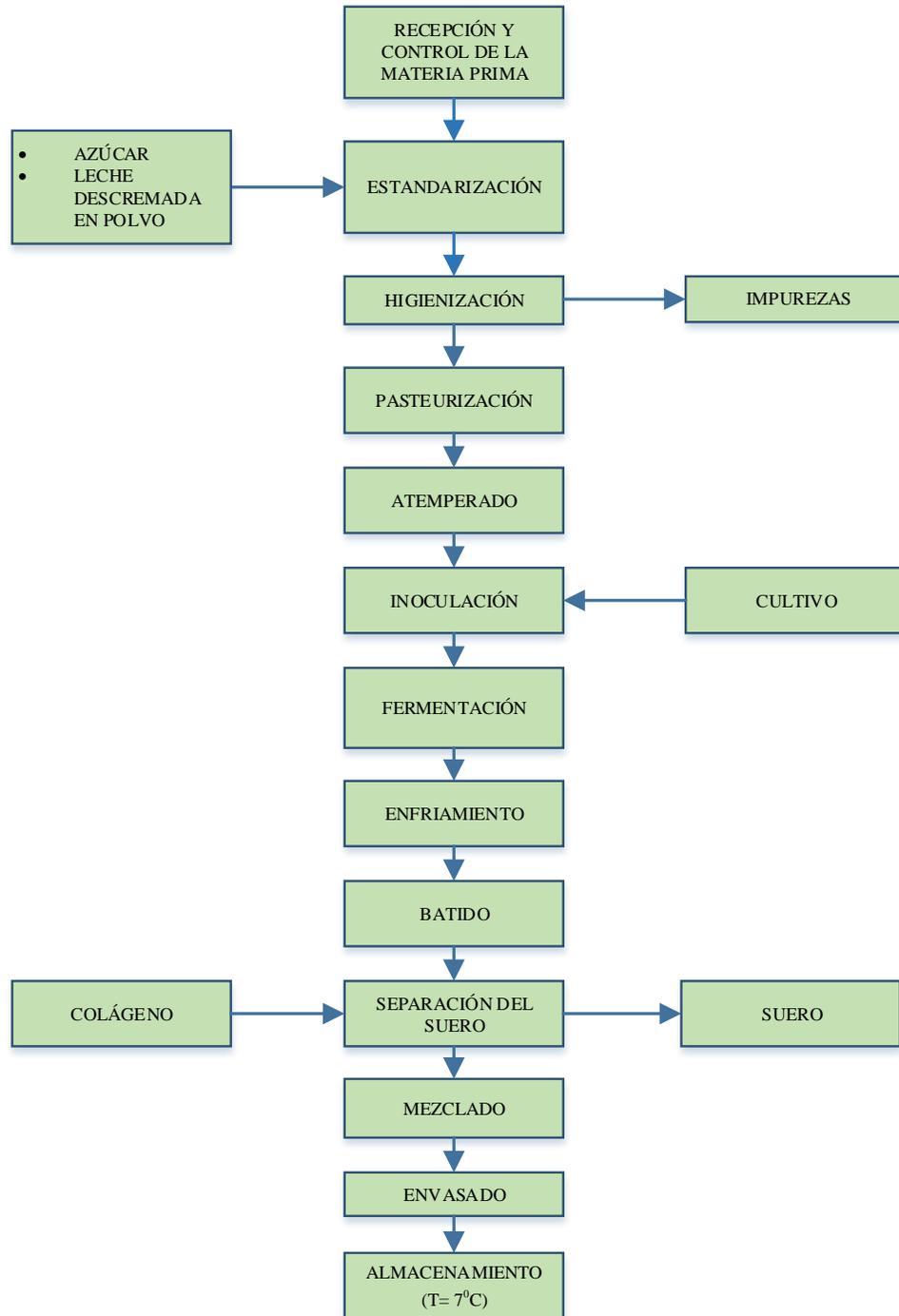
<b>Insumo</b>	<b>Características</b>	<b>Origen</b>
Leche	Líquido	Tarija
Azúcar	Granulado	Bermejo
Leche descremada	Sólido en polvo	Cochabamba
Cultivo lácteo	Liofilizado	Europa
Colágeno	Sólido en polvo	Brasil

**Fuente:** Elaboración Propia

### **3.3 DIAGRAMA DE BLOQUE DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE YOGURT GRIEGO FORTIFICADO CON COLÁGENO**

En la figura 3.8 se muestra el diagrama de bloque del proceso de elaboración del yogurt griego fortificado con colágeno.

**Figura 3.8**  
**Elaboración de yogurt Griego fortificado con colágeno**



**Fuente:** Elaboración Propia

### **3.4 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE YOGURT GRIEGO FORTIFICADO CON COLÁGENO**

**3.4.1 Recepción de leche:** Para determinar si la leche es pura, y apta para la fabricación de yogur es necesario realizar un control de calidad de la leche que involucra un conjunto de pruebas:

- **Prueba de mastitis.** - La prueba de la mastitis se realiza con el reactivo de bromocresol, el resultado es positivo cuando aparece de inmediato un espesamiento de la mezcla con ligera formación de gel y negativo (No Infectado) cuando no hay espesamiento de la mezcla.
- **Determinación de sólidos no grasos.** - Es importante para verificar si la leche es adulterada con agua y también para establecer el rendimiento de la leche. La cantidad de sólidos recomendada es igual o mayor a 9,0 °Brix.
- **Medición de acidez y pH.** – La medición de la acidez y el pH son parámetros que nos permite determinar si la leche esta acta para el proceso debido a que pudo haber sido almacenada un determinado tiempo sin ser pasteurizada.

**3.4.2 Estandarización:** La estandarización se la realiza agregando azúcar y leche descremada en polvo a la materia prima de acuerdo a la cantidad de la misma, el azúcar ayudará en el proceso a la fermentación de la leche, así también en mejorar el sabor del producto final.

La figura 3.9, muestra la etapa de estandarización de la mezcla para la elaboración del yogur griego fortificado con colágeno.

**Figura 3.9**  
**Etapa de estandarización**



**Fuente:** Elaboración Propia

**3.4.3 Higienización:** En la higienización de la leche se utiliza un colador fino para la separación de las partículas en suspensión y de esta forma evitar el ingreso de macro-partículas al proceso procedentes de los insumos.

La figura 3.10, muestra la etapa de higienización de la mezcla para la elaboración del yogurt Griego fortificado con colágeno.

**Figura 3.10**  
**Etapa de higienización**



**Fuente:** Elaboración Propia

**3.4.4 Pasteurización:** La materia prima pasa a un proceso de pasteurización, la misma debe de alcanzar una temperatura de 85 °C, por 10 min. con la finalidad de eliminar microorganismos patógenos que puedan afectar en la calidad del producto final, así mismo que puedan ser perjudiciales en el desarrollo del proceso.

La figura 3.11, muestra la etapa de pasteurización de la mezcla para la elaboración del yogur griego fortificado con colágeno.

**Figura 3.11**  
**Etapa de pasteurización**



**Fuente:** Elaboración Propia

**3.4.5 Atemperado:** Se realiza un atemperado de la leche homogenizada a una temperatura de 45 °C para dar las condiciones adecuadas al cultivo.

**3.4.6 Inoculación:** Una vez que la leche se encuentra a una temperatura entre 42 a 45°C, se adiciona el cultivo dosificado de forma directa y se procede a agitar hasta tener una mezcla homogénea.

La figura 3.12, muestra la etapa de inoculación de la mezcla para la elaboración del yogur griego fortificado con colágeno.

**Figura 3.12**  
**Etapa de inoculación**



**Fuente:** Elaboración Propia

**3.4.7 Fermentación:** El proceso de fermentación dura 5 horas y se controla midiendo la acidez del yogurt cada cierto tiempo. Durante la fermentación, las bacterias se multiplican rápidamente, duplicando su población, las que van “rompiendo” la lactosa y generando ácido láctico. Esta acidez provoca la coagulación de las proteínas transformando la textura y el sabor de la leche, dando lugar al yogurt.

en esta etapa del proceso la temperatura debe de permanecer a 45°C para garantizar el desarrollo de los cultivos.

**3.4.8 Enfriamiento:** Esta etapa se realiza para evitar que la fermentación continúe deteniendo la actividad de las bacterias y sus enzimas, se debe bajar la temperatura del coágulo desde la temperatura de incubación hasta 5 – 10°C tan rápido como sea posible para controlar la acidez final del producto. luego llevar a refrigeración a 4 °C.

**3.4.9 Batido:** Se realiza el proceso de batido del yogurt para poder dar mayor fluidez y eliminar posteriormente el suero deseado por un menor tiempo.

**3.4.10 Separación de suero:** La filtración se realiza con la ayuda de un colador y una tela (gasa) similar a la que se usa por ejemplo de la elaboración de queso fresco, esta tela cumple la función de separar el suero. Se la llevara a cabo en un tiempo de 4 hrs. a una temperatura de refrigeración. Asi mismo se agrega el colágeno (porcino) (ANEXO E).

La figura 3.13, muestra la etapa de separación del suero de la mezcla para la elaboración del yogurt griego fortificado con colágeno.

**Figura 3.13**  
**Etapa de separación del suero**



**Fuente:** Elaboración Propia

**3.4.11 Mezclado:** Una vez obtenido el producto se debe mezclar bien el yogurt Griego para tener un producto homogéneo.

**3.4.12 Envasado:** El envasado se realiza en envases plásticos (presentación de 250gr.) con tapa previamente esterilizados para no contaminar el producto.

La figura 3.14, muestra la etapa de envasado del producto terminado yogurt griego fortificado con colágeno.

**Figura 3.14**  
**Etapa de envasado**



**Fuente:** Elaboración Propia

**3.4.13 Almacenamiento:** El almacenamiento se realizó en un freezer a una temperatura de 7 °C para conservar sus características.

## **3.5 METODOLOGÍA PARA LA OBTENCIÓN DE RESULTADOS**

Los métodos fisicoquímicos y microbiológicos utilizados para cumplir con los objetivos planteados del presente trabajo fueron:

### **3.5.1 Normas y métodos para determinar las propiedades fisicoquímicas de la materia prima y del producto terminado**

La tabla 3.3, presenta las normas y métodos utilizados para determinar las propiedades fisicoquímicas de la leche natural de vaca.

**Tabla 3.3**  
**Normas y métodos para determinar las propiedades fisicoquímicas de la leche de vaca**

<b>Detalles</b>	<b>Norma y/o método de ensayo</b>	<b>Método de ensayo</b>
Ceniza	NB 39034:10	Gravimétrica
Fibra	Gravimétrico	Digestión acida
Materia grasa	NB 313019:06	Gravimétrica
Hidratos de carbono	Cálculo	Cálculo
Humedad	NB 313010:05	Gravimétrica
Proteína total(Nx6,38)	NB/ISO 8968-1:08	Volumétrica
Valor energético	Cálculo	Cálculo

**Fuente:** CEANID, 2018

La tabla 3.4, presenta las normas y métodos utilizados para determinar las propiedades fisicoquímicas del producto final, Yogurt Griego Fortificado con colágeno.

**Tabla 3.4**  
**Normas y métodos para determinar las propiedades fisicoquímicas del yogurt Griego fortificado con colágeno**

<b>Detalles</b>	<b>Norma y/o método de ensayo</b>	<b>Método de ensayo</b>
Ceniza	NB 39034:10	Gravimétrica
Fibra	Gravimétrico	Digestión acida
Materia grasa	NB 313019:06	Gravimétrica
Hidratos de carbono	Cálculo	Cálculo
Humedad	NB 313010:05	Gravimétrica
Proteína total(Nx6,38)	NB/ISO 8968-1:08	Volumétrica
Valor energético	Cálculo	Cálculo

**Fuente:** CEANID, 2018

### 3.5.2 Normas y métodos para determinar el análisis microbiológico de la materia prima y del producto terminado

La tabla 3.5, muestra las normas y métodos utilizados para determinar las propiedades microbiológicas de las materias primas y del producto final.

**Tabla 3.5**  
**Normas y métodos para determinar el análisis microbiológico de la materia prima y el producto**

Detalles	Norma	Método de ensayo
Bacterias aerobias mesofilas	NB 32003:05	Recuento en placa
Coliformes totales	NB 32005:02	Recuento en placa
Mohos y levaduras	NB 32006:03	Recuento en placa

**Fuente:** CEANID, 2018

### 3.6 EVALUACIÓN SENSORIAL

El análisis sensorial puede ser definido como el método experimental mediante el cual los jueces perciben y califican, caracterizando las propiedades sensoriales adecuadamente presentadas (Ramírez, E, 2014).

La evaluación sensorial de los alimentos, llamada así también, constituye en la actualidad una de las herramientas más importantes para lograr el mejor desenvolvimiento de las actividades de la industria alimentaria.

Según (Barda, 2000), dentro de los tipos de análisis sensorial se encuentran tres grandes grupos: descriptivo, discriminativo y consumidor.

#### a) Análisis descriptivo

Consiste en la descripción de las propiedades sensoriales (parte cualitativa) y su medición (parte cuantitativa).

#### b) Análisis discriminativo

Es utilizado para comprobar si hay diferencia entre productos, y la consulta al panel es cuanto difiere de un control o producto típico, pero no sus propiedades o atributos

### **3.6.1 Evaluación sensorial para determinar muestra patrón**

Se realizó una evaluación sensorial de las muestras de yogur griego de mayor comercio en el mercado local con 25 jueces no entrenados, con la finalidad de determinar la muestra patrón (Anexo C), mediante un test de prueba de preferencia (Anexo B), esta prueba se realizó en el Laboratorio Taller de Alimentos (LTA).

### **3.6.2 Evaluación sensorial para determinar las propiedades organolépticas de yogurt Griego fortificado con colágeno**

Se realizó una evaluación sensorial de las muestras de yogur griego fortificado con colágeno para identificar el agrado o desagrado mediante el test de preferencia (Anexo B) con 25 jueces no entrenados, esta prueba se realizó en el Laboratorio Taller de Alimentos (LTA), donde se evaluaron los atributos de sabor, acidez, aroma, color, apariencia y consistencia (Anexo C).

### **3.6.3 Evaluación sensorial para comparar el producto final con la muestra patrón**

Se realizó una evaluación sensorial para comparar el producto final con la muestra patrón mediante el test de preferencia (ANEXO B) con 25 jueces no entrenados, esta prueba se realizó en el Laboratorio Taller de Alimentos (LTA). donde se evaluaron los atributos de sabor, acidez, aroma, color, apariencia y consistencia (Anexo C).

### **3.6.4 Determinación del análisis del producto final**

El análisis del producto final se realizó en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID). (ANEXO A).

## **3.7 CARACTERIZACIÓN DE LAS VARIABLES DEL PROCESO**

Para realizar la caracterización de las variables del proceso de elaboración de yogur griego fortificado con colágeno se tiene que tomar en cuenta lo siguiente:

### **3.7.1. Diseño experimental**

El diseño experimental es una técnica estadística que permite identificar y cuantificar las causas de un efecto dentro de un estudio experimental. En un diseño experimental

se manipulan deliberadamente una o más variables, vinculadas a las causas, para medir el efecto que tienen en otra variable de interés. El diseño experimental prescribe una serie de pautas relativas qué variables hay que manipular, de qué manera, cuántas veces hay que repetir el experimento y en qué orden para poder establecer con un grado de confianza predefinido la necesidad de una presunta relación de causa-efecto. (U.S.C.G.,2011).

### **3.7.2 Diseño experimental en la etapa de separación del suero**

Para la realización del diseño experimental se tomó en cuenta la etapa de separación del suero de yogurt griego, tomando en cuenta tres factores (leche en polvo descremada, colágeno y cantidad de suero separado). (U.S.C.G.,2011).

El diseño experimental a utilizar en la etapa de separación del suero es el diseño factorial de  $2^k$  como se muestra en la ecuación 3.1:

$$2^k \quad \text{(ecuación 3.1)}$$

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

Se tomó en cuenta 3 factores los cuales se muestran a continuación:

Leche descremada en polvo (A) = 2 niveles

Colágeno (B) = 2 niveles

Suero (C) = 2 niveles

Por lo tanto, la ecuación 3.1 será de la siguiente manera:

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

Los niveles de variación en el proceso de separación del suero se detallan en la tabla 3.6.

**Tabla 3.6**  
**Niveles de variación de las variables en el yogurt**

<b>Factores</b>	<b>Nivel inferior (1)</b>	<b>Nivel superior (2)</b>
Leche descremada en polvo	8	10
Colágeno	10	15
Suero	50	55

**Fuente:** Elaboración propia

En la Tabla 3.7 se muestra el diseño experimental para la elaboración del yogurt Griego fortificado con colágeno.

**Tabla 3.7**  
**Diseño experimental para la elaboración del yogurt Griego**

<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>REPLICA I</b>	<b>REPLICA II</b>
<b>1</b>	A <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub>
<b>2</b>	A <sub>2</sub>			A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub>
<b>3</b>	A <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>		A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub>
<b>4</b>	A <sub>2</sub>			A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub>
<b>5</b>	A <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub>
<b>6</b>	A <sub>2</sub>			A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub>
<b>7</b>	A <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>		A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub>
<b>8</b>	A <sub>2</sub>			A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub>

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 3.8, se muestra la matriz experimental para la elaboración de yogurt Griego fortificado con colágeno.

**Tabla 3.8**  
**Matriz experimental para la elaboración del yogurt Griego**

CORRIDAS	COMBINACIÓN DE TRATAMIENTOS	FACTORES			INTERACCIÓN	RESPUESTAS
		A	B	C	ABC	Y <sub>i</sub>
1	1	-	-	-	-	Y <sub>1</sub>
2	a	+	-	-	+	Y <sub>2</sub>
3	b	-	+	-	+	Y <sub>3</sub>
4	ab	+	+	-	-	Y <sub>4</sub>
5	c	-	-	+	+	Y <sub>5</sub>
6	ac	+	-	+	-	Y <sub>6</sub>
7	bc	-	+	+	-	Y <sub>7</sub>
8	abc	+	+	+	+	Y <sub>8</sub>

**Fuente:** Elaboración propia

Dónde: Y<sub>i</sub> = Proteínas

**CAPÍTULO IV**  
**ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS**  
**RESULTADOS**

#### 4.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE LA MATERIA PRIMA

La tabla 4.1, muestra los resultados de los análisis fisicoquímico y microbiológico de la leche de vaca, realizados en el Centro de Análisis de Investigación y Desarrollo (CEANID).

**Tabla 4.1**  
**Composición fisicoquímica y microbiológica de la leche de vaca**

Parámetros	Unidad de medida	Resultado	Límites permisibles	
			Mínimo	Máximo
Ceniza	%	0.63	Sin Referencia	
Fibra	%	n.d.	Sin Referencia	
Materia grasa	%	3.60	Sin Referencia	
Hidratos de carbono	%	4.46	Sin Referencia	
Humedad	%	88.02	Sin Referencia	
Proteína total(Nx6,38)	%	3.29	Sin Referencia	
Valor energético	Kcal/100g	63.40	Sin Referencia	
Bacterias aerobias mesofilas	UFC/ml	$9.5 \times 10^6$	Sin Referencia	
Coliformes totales	UFC/ml	$1.4 \times 10^4$	Sin Referencia	
Mohos y levaduras	UFC/ml	$1.0 \times 10^3$	Sin Referencia	

**Fuente:** CEANID, 2018

La tabla 4.1, indica los resultados obtenidos de las propiedades fisicoquímicas de la leche, la cual tiene una composición de: ceniza de 0,63%, fibra n.d, materia grasa 3,6%, hidratos de carbono 4.46%, humedad 88.02%, proteína total 3,29%, valor energético 63.4 kcal/100g. Referente a los análisis microbiológicos, se tiene: Bacterias aerobias mesofilas  $9.5 \times 10^6$  UFC/ml, coliformes totales  $1.4 \times 10^4$  UFC/ml y mohos y levaduras  $1.0 \times 10^3$  UFC/ml.

La tabla 4.2, muestra los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos realizados en el colágeno hidrolizado.

**Tabla 4.2**  
**Composición fisicoquímica y microbiológico del colágeno hidrolizado**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Resultado</b>
Ceniza	%	2,0
Fibra	%	0,0
Materia grasa	%	0,0
Hidratos de carbono	%	0,0
Humedad	%	10,0
Proteína total(Nx6,38)	%	90,0
Valor energético	Kcal/100g	360,0
Recuento total de bacterias	----	< 1000 CFU/g
E-coli	----	Ausente en 10g
Salmonella	----	Ausente en 25g

**Fuente:** PEPTAN, 2016

La tabla 4.1, indica los resultados obtenidos de las propiedades fisicoquímicas del colágeno hidrolizado, la cual tiene una composición de: ceniza de 2.0%, fibra 0%, materia grasa 0%, hidratos de carbono 0%, humedad 10%, proteína total 90%, valor energético 360 kcal/100g. Referente a los análisis microbiológicos, se tiene: Recuento total de bacterias < 1000 CFU/g, E-coli ausente en 10g y salmonella ausente en 25g.

#### **4.2 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA DETERMINAR LA MUESTRA PATRÓN DE YOGURT GRIEGO**

Para determinar la muestra patrón del yogurt griego, se seleccionaron tres muestras de yogurt Griego para seleccionar la muestra patrón, que se comercializan en el mercado local (GRECO, PIL ANDINA, DELIZIA).

El cuadro 4.1, detalla la variación en las muestras de yogurt griego que se encuentran en el mercado local:

**Cuadro 4.1**  
**Muestras de yogurt Griego**

<b>Muestras</b>	<b>Marca</b>	<b>Origen</b>
YGP1	GRECO	TARIJA
YGP2	DELIZIA	COCHABAMBA
YGP3	PIL ANDINA	COCHABAMBA

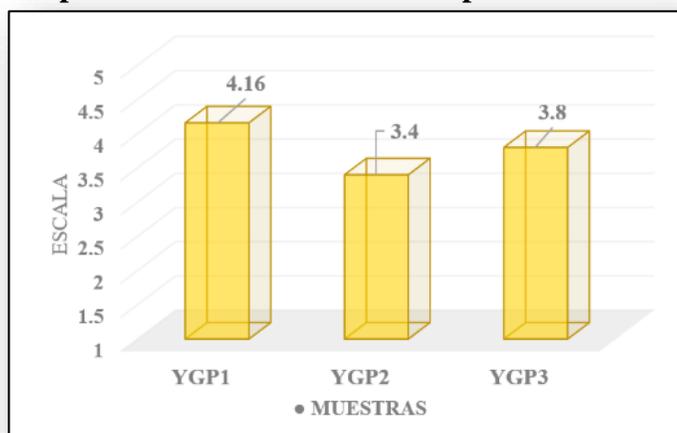
**Fuente:** Elaboración Propia

Posteriormente las tres muestras fueron evaluadas en base a un test de preferencia (Anexo B) por 25 jueces no entrenados para la estimación de los atributos sabor, aroma, acidez, consistencia, apariencia y color.

#### 4.2.1 Evaluación Sensorial del Atributo Sabor Para la Muestra Patrón

Los resultados promedios obtenidos de la evaluación sensorial para el atributo sabor en escala se muestra en la figura 4.1, datos recopilados del (Anexo C, tabla C.2).

**Figura 4.1**  
**Valores promedios del atributo sabor para la muestra patrón**



**Fuente:** Elaboración Propia

Como se observa en la figura 4.1, la muestra de mayor agrado por los jueces es la muestra YGP1 (4,16); en comparación con la muestra YGP3 (3,8) y la muestras YGP2 (3,4) la cual tiene un menor puntaje en la escala hedónica.

#### 4.2.1.1 Análisis estadístico del atributo sabor para la muestra patrón

La tabla 4.3, muestra el análisis de varianza del atributo sabor para la muestra patrón (Anexo C, tabla C.3).

**TABLA 4.3**  
**Análisis de varianza (ANVA) para el atributo sabor**

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado $F_{cal}$	Fisher tabulado $F_{tab}$
Total	52,59	74	0,00	0,00	0,000
Muestras (A)	7,23	2	3,61	6,68	3,186
Jueces (B)	19,25	24	0,80	1,48	1,754
Error	26,11	48	0,54	0,00	0,000

**Fuente:** Elaboración Propia

Como se puede observar en la tabla 4.3  $F_{cal} > F_{tab}$  ( $6,680 > 3,186$ ) para las muestras, por lo cual existe evidencia estadística de variación entre los valores promedios de las muestras YGP1, YGP2 y YGP3 para un nivel de significancia de 0,95 por lo cual se debe recurrir a la prueba de Duncan.

#### 4.2.1.2 Prueba de duncan para el atributo sabor

En la tabla 4.4 se muestran los resultados del análisis estadístico de la prueba de Duncan extraído del Anexo C, tabla C.6.

**TABLA 4.4**  
**Análisis de los tratamientos**

Tratamientos	Análisis de los valores	Efectos
YGP1-YGP3	$0.3600 < 0.42645$	Si hay diferencia significativa
YGP1-YGP2	$0.7600 > 0.44865$	No hay diferencia significativa
YGP3-YGP2	$0.4000 < 0.42645$	Si hay diferencia significativa

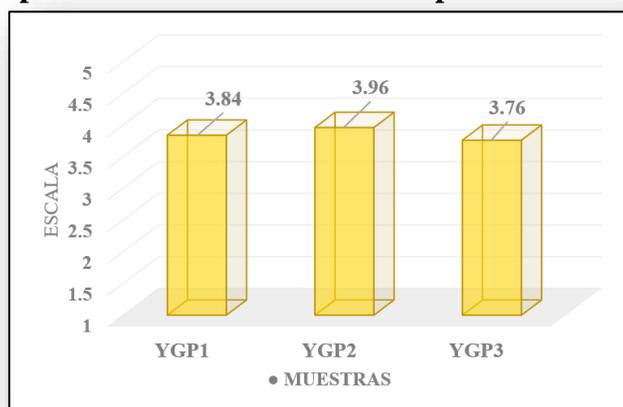
**Fuente:** Elaboración Propia

En la tabla 4.4 se observa que existe evidencia significativa entre los tratamientos (YGP1-YGP3, YGP3-YGP2) que son significativas en comparación con las muestras (YGP1-YGP2) que no son significativos para un límite de confianza del 95% pero analizando las muestra con mayor puntaje en la escala, se ha tomado la muestra YGP1 como la mejor en cuanto al atributo sabor.

#### 4.2.2 Evaluación sensorial del atributo aroma para la muestra patrón

El resultado promedio obtenido de la evaluación sensorial para el atributo aroma en escala se muestra en la figura 4.2, datos recopilados del (Anexo C, tabla C.7).

**Figura 4.2**  
**Valores promedios del atributo aroma para la muestra patrón**



**Fuente:** Elaboración Propia

Como se observa en la figura 4.2, la muestra de mayor agrado por los jueces es la muestra YGP2 (3,96); en comparación con la muestra YGP1 (3,84) y la muestras YGP3 (3,76) la cual tiene un menor puntaje en la escala.

##### 4.2.2.1 Análisis estadístico del atributo aroma para la muestra patrón

La tabla 4.5, muestra el análisis de varianza del atributo aroma para la muestra patrón (Anexo C, tabla C.8).

**TABLA 4.5**  
**Análisis de varianza (ANVA) para el atributo aroma**

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado $F_{cal}$	Fisher tabulado $F_{tab}$
Total	29,39	74	0,00	0,00	0,000
Muestras (A)	0,51	2	0,25	0,61	3,186
Jueces (B)	9,39	24	0,39	0,95	1,754
Error	19,49	48	0,41	0,00	0,000

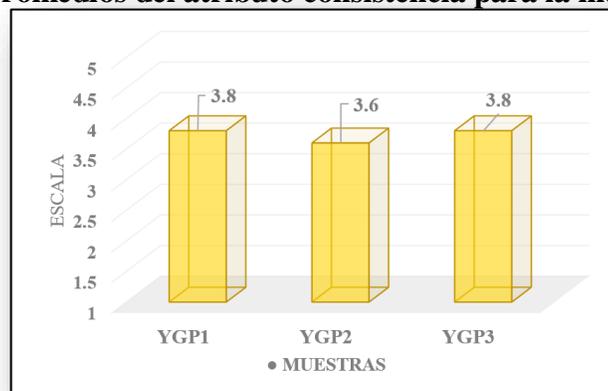
**Fuente:** Elaboración Propia

Como se puede observar en la tabla 4.5  $F_{cal} < F_{tab}$  ( $0,610 < 3,186$ ) para las muestras, por lo cual no existe evidencia estadística de variación entre los valores promedios de las muestras YGP1, YGP2, YGP3 para un nivel de significancia de 0.95 por lo cual cualquiera de las muestras puede ser elegida en cuanto al atributo aroma.

#### 4.2.3 Evaluación sensorial del atributo consistencia para la muestra patrón

Los resultados promedios obtenidos de la evaluación sensorial para el atributo consistencia en escala se muestra en la figura 4.3, datos recopilados del (Anexo C, tabla C.9).

**Figura 4.3**  
**Valores promedios del atributo consistencia para la muestra patrón**



**Fuente:** Elaboración Propia

Como se observa en la figura 4.3, la muestra de mayor agrado por los jueces es la muestra YGP1, YGP3 (3,80); en comparación con la muestra YGP2 (3,60) la cual tiene un menor puntaje en la escala.

#### 4.2.3.1 Análisis estadístico del atributo consistencia para la muestra patrón

La tabla 4.6, muestra el análisis de varianza del atributo consistencia para la muestra patrón (Anexo C, tabla C.10).

**TABLA 4.6**  
**Análisis de varianza (ANVA) para el atributo consistencia**

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado $F_{cal}$	Fisher tabulado $F_{tab}$
Total	50,67	74	0,00	0,00	0,000
Muestras (A)	0,67	2	0,33	0,48	3,186
Jueces (B)	16,67	24	0,69	1,00	1,754
Error	33,33	48	0,69	0,00	0,000

**Fuente:** Elaboración Propia

Como se puede observar en la tabla 4.6  $F_{cal} < F_{tab}$  ( $0,48 < 3,186$ ) para las muestras, por lo cual no existe evidencia estadística de variación entre los valores promedios de las muestras YGP1, YGP2, YGP3 para un nivel de significancia de 0.95 por lo cual cualquiera de las muestras puede ser elegida en cuanto al atributo consistencia.

#### 4.2.4 Evaluación sensorial del atributo acidez para la muestra patrón

Los resultados promedios obtenidos de la evaluación sensorial para el atributo Acidez en escala se muestra en la Figura 4.4, datos recopilados del (Anexo C, tabla C.11).

**Figura 4.4**  
**Valores promedios del atributo acidez para la muestra patrón**



**Fuente:** Elaboración Propia

Como se observa en la figura 4.4, la muestra de mayor agrado por los jueces es la muestra YGP3 (3,88); en comparación con la muestra YGP1 (3,68) y la muestras YGP2 (3.08) la cual tiene un menor puntaje en la escala.

#### 4.2.4.1 Análisis estadístico del atributo acidez para la muestra patrón

La tabla 4.7, muestra el análisis de varianza del atributo acidez para la muestra patrón (Anexo C, tabla C.12).

**TABLA 4.7**  
**Análisis de varianza (ANVA) para el atributo acidez**

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado F <sub>cal</sub>	Fisher tabulado F <sub>tab</sub>
Total	68,59	74	0,00	0,00	0,000
Muestras (A)	8,67	2	4,33	4,76	3,186
Jueces (B)	15,92	24	0,66	0,72	1,754
Error	44,00	48	0,91	0,00	0,000

**Fuente:** Elaboración Propia

Como se puede observar en la tabla 4.7  $F_{cal} > F_{tab}$  ( $4.76 > 3.186$ ) para las muestras, por lo cual existe evidencia estadística de variación entre los valores promedios de las

muestras YGP1, YGP2 y YGP3 para un nivel de significancia de 0.95 por lo cual se debe recurrir a la prueba de Duncan.

#### 4.2.4.2 Prueba de duncan para el atributo acidez

En la tabla 4.8 se muestran los resultados del análisis estadístico de la prueba de Duncan extraído del Anexo C, tabla C.15.

**TABLA 4.8**  
**Análisis de los tratamientos**

Tratamientos	Análisis de los valores	Efectos
YGP3-YGP1	0.20<0.54017	No hay diferencia significativa
YGP3-YGP2	0.80>0.56829	Si hay diferencia significativa
YGP1-YGP2	0.60>0.54017	Si hay diferencia significativa

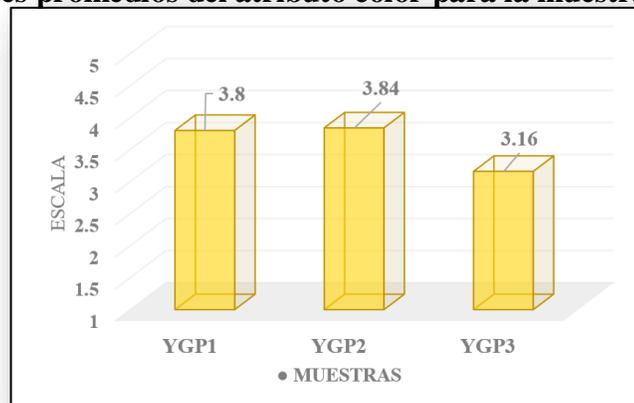
**Fuente:** Elaboración Propia

En la tabla 4.8 se observa que existe evidencia significativa entre los tratamientos (YGP3-YGP2, YGP1-YGP2) que son significativas en comparación con las muestras (YGP3-YGP1) que no son significativas para un límite de confianza del 95% por lo cual se toman las muestras YGP1, YGP3 como las mejores en cuanto al atributo acidez.

#### 4.2.5 Evaluación sensorial del atributo color para la muestra patrón

Los resultados promedios obtenidos de la evaluación sensorial para el atributo Color en escala se muestra en la Figura 4.5, datos recopilados del (Anexo C, tabla C.16).

**Figura 4.5**  
**Valores promedios del atributo color para la muestra patrón**



**Fuente:** Elaboración Propia

Como se observa en la figura 4.5, la muestra de mayor agrado por los jueces es la muestra YGP2 (3,84); en comparación con la muestra YGP1 (3,80) y la muestras YGP3 (3,16) la cual tiene un menor puntaje en la escala.

#### 4.2.5.1 Análisis estadístico del atributo color para la muestra patrón

La tabla 4.9, muestra el análisis de varianza del atributo color para la muestra patrón (Anexo C, tabla C.17).

**TABLA 4.9**  
**Análisis de varianza (ANVA) para el atributo color**

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado $F_{cal}$	Fisher tabulado $F_{tab}$
Total	52,00	74	0,00	0,00	0,000
Muestras (A)	7,28	2	3,64	5,60	3,186
Jueces (B)	13,33	24	0,55	0,85	1,754
Error	31,39	48	0,65	0,00	0,000

**Fuente:** Elaboración Propia

Como se puede observar en la tabla 4.9  $F_{cal} > F_{tab}$  ( $5,60 > 3,186$ ) para las muestras, por lo cual existe evidencia estadística de variación entre los valores promedios de las muestras YGP1, YGP2 y YGP3 para un nivel de significancia de 0.95 por lo cual se debe recurrir a la prueba de Duncan.

#### 4.2.5.2 Prueba de duncan para el atributo color

En la tabla 4.10 se muestran los resultados del análisis estadístico de la prueba de Duncan extraído del Anexo C, tabla C.20.

**TABLA 4.10**  
**Análisis de los tratamientos**

Tratamientos	Análisis de los valores	Efectos
YGP2-YGP1	0,04<0,45488	No hay diferencia significativa
YGP2-YGP3	0,68>0,47856	Si hay diferencia significativa
YGP1-YGP3	0,64>0,45488	Si hay diferencia significativa

**Fuente:** Elaboración Propia

En la tabla 4.10 se observa que existe evidencia significativa entre los tratamientos (YGP2-YGP3; YGP1-YGP3) que son significativas en comparación con las muestras (YGP2-YGP1) que no son significativos para un límite de confianza del 95% por lo cual se toman las muestras YGP1, YGP2 como las mejores en cuanto al atributo color.

#### 4.2.6 Evaluación sensorial del atributo apariencia para la muestra patrón

Los resultados promedios obtenidos de la evaluación sensorial para el atributo Apariencia en escala se muestra en la Figura 4.6, datos recopilados del (Anexo C, tabla C.21).

**Figura 4.6**  
**Valores promedios del atributo apariencia para la muestra patrón**



**Fuente:** Elaboración Propia

Como se observa en la figura 4.6, la muestra de mayor agrado por los jueces es la muestra YGP1 (3,76); en comparación con la muestra YGP2 (3,72) y la muestras YGP3 (3,32) la cual tiene un menor puntaje en la escala.

#### 4.2.6.1 Análisis estadístico del atributo apariencia para la muestra patrón

La tabla 4.11, muestra el análisis de varianza del atributo apariencia para la muestra patrón (Anexo C, tabla C.22).

**TABLA 4.11**  
**Análisis de varianza (ANVA) para el atributo apariencia**

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado F <sub>cal</sub>	Fisher tabulado F <sub>tab</sub>
Total	52,00	74	0,00	0,00	0,000
Muestras (A)	2,96	2	1,48	2,05	3,186
Jueces (B)	14,67	24	0,61	0,85	1,754
Error	34,37	48	0,72	0,00	0,000

**Fuente:** Elaboración Propia

Como se puede observar en la tabla 4.11  $F_{cal} < F_{tab}$  ( $2,05 < 3,186$ ) para las muestras, por lo cual no existe evidencia estadística de variación entre los valores promedios de las muestras YGP1, YGP2, YGP3 para un nivel de significancia de 0.95 por lo cual cualquiera de las muestras puede ser elegida en cuanto al atributo apariencia.

#### 4.3 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA DETERMINAR LA CONSISTENCIA DEL YOGURT GRIEGO FORTIFICADO CON COLÁGENO

Para determinar la muestra preliminar del yogurt, se elaboró tres muestras de yogurt griego fortificado con colágeno variando en la etapa separación de suero la cantidad de suero a extraer para obtener el producto final.

El cuadro 4.2, detalla la variación del suero extraído en las muestras de yogurt griego fortificado con colágeno:

**Cuadro 4.2**  
**Variación de suero extraído en la etapa de separación del suero**

Muestras	Suero (%)
YGC1	60
YGC2	55
YGC3	50

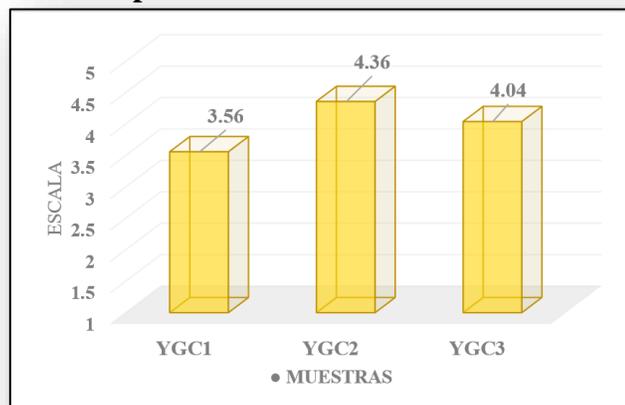
**Fuente:** Elaboración Propia

Posteriormente las tres muestras fueron evaluadas en base a un test de preferencia (Anexo B) por 25 jueces no entrenados para la estimación del atributo consistencia.

#### 4.3.1 Evaluación sensorial del atributo consistencia para la determinación de las propiedades organolépticas.

Los resultados promedios obtenidos de la evaluación sensorial para el atributo consistencia en escala se muestra en la Figura 4.7, datos recopilados del (Anexo C, tabla C.23).

**Figura 4.7**  
**Valores promedios para la determinación del atributo consistencia**



**Fuente:** Elaboración Propia

Como se observa en la figura 4.7, la muestra de mayor agrado por los jueces es la muestra YGC2 (4,36); en comparación con la muestra YGC3 (4,04) y la muestras YGC1 (3,56) la cual tiene un menor puntaje en la escala.

#### 4.3.1.1 Análisis estadístico del atributo consistencia para la determinación de las propiedades organolépticas

La tabla 4.12, muestra el análisis de varianza del atributo Consistencia para la muestra preliminar (Anexo C, tabla C.24).

**TABLA 4.12**  
**Análisis de varianza (ANVA) para el atributo consistencia**

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado F <sub>cal</sub>	Fisher tabulado F <sub>tab</sub>
Total	56,99	74	0,000	0,000	0,000
Muestras (A)	8,11	2	4,055	4,721	3,186
Jueces (B)	7,65	24	0,319	0,371	1,754
Error	41,23	48	0,859	0,000	0,000

**Fuente:** Elaboración Propia

Como se puede observar en la tabla 4.12  $F_{cal} > F_{tab}$  ( $4,721 > 3,186$ ) para las muestras, por lo cual existe evidencia estadística de variación entre los valores promedios de las muestras YGC1, YGC2 y YGC3 para un nivel de significancia de 0.95 por lo cual se debe recurrir a la prueba de Duncan.

#### 4.3.1.2 Prueba de duncan para el atributo consistencia

En la tabla 4.13 se muestran los resultados del análisis estadístico de la prueba de Duncan extraído del Anexo C, tabla C.27.

**TABLA 4.13**  
**Análisis de los tratamientos**

Tratamientos	Análisis de los valores	Efectos
YGC2-YGC3	$0,32 < 0,51174$	Si hay diferencia significativa
YGC2-YGC1	$0,80 > 0,53838$	No hay diferencia significativa
YGC3-YGC1	$0,48 < 0,51174$	Si hay diferencia significativa

**Fuente:** Elaboración Propia

En la tabla 4.13 se observa que existe evidencia significativa entre los tratamientos (YGC2-YGC3, YGC3-YGC1) que son significativas en comparación con las muestras (YGC2-YGC1) que no son significativos para un límite de confianza del 95% pero analizando las muestra con mayor puntaje en la escala, se ha tomado la muestra YGC2 como la mejor en cuanto al atributo consistencia.

#### **4.4 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA DETERMINAR LA ETAPA DE ADICIÓN DEL COLÁGENO**

Para determinar la muestra preliminar del yogurt fortificado, se elaboró tres muestras de yogurt griego fortificado con colágeno variando en tres etapas la adición del colágeno.

El cuadro 4.3, detalla las etapas donde fue añadido el colágeno para obtener el producto final yogurt griego fortificado con colágeno:

**Cuadro 4.3**  
**Variación de la adición del colágeno en diferentes etapas**

<b>Muestras</b>	<b>Etapa</b>
YGX1	Estandarización
YGX2	Atemperado
YGX3	Separación del Suero

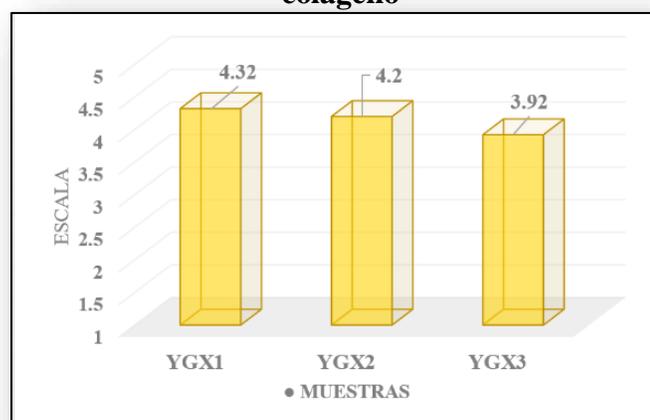
**Fuente:** Elaboración Propia

Posteriormente las tres muestras fueron evaluadas en base a un test de preferencia (Anexo B) por 25 jueces no entrenados para la estimación del atributo consistencia.

##### **4.4.1 Evaluación sensorial del atributo sabor para determinar la etapa de adición del colágeno.**

Los resultados promedios obtenidos de la evaluación sensorial para el atributo sabor en escala se muestra en la Figura 4.8, datos recopilados del (Anexo C, tabla C.28).

**Figura 4.8**  
**Valores promedios del atributo sabor para determinar la etapa de adición del colágeno**



**Fuente:** Elaboración Propia

Como se observa en la figura 4.8, la muestra de mayor agrado por los jueces es la muestra YGX1 (4,32); en comparación con la muestra YGX2 (4,20) y la muestras YGX3 (3,92) la cual tiene un menor puntaje en la escala.

#### 4.4.1.1 Análisis estadístico del atributo sabor para determinar la etapa de adición del colágeno

La tabla 4.14, muestra el análisis de varianza del atributo sabor para la muestra preliminar (Anexo C, tabla C.29).

**TABLA 4.14**  
**Análisis de varianza (ANVA) para el atributo sabor**

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado Fcal	Fisher tabulado Ftab
Total	51,39	74	0,000	0,000	0,000
Muestras (A)	2,11	2	1,055	1,556	3,186
Jueces (B)	16,72	24	0,696	1,026	1,754
Error	32,56	48	0,678	0,000	0,000

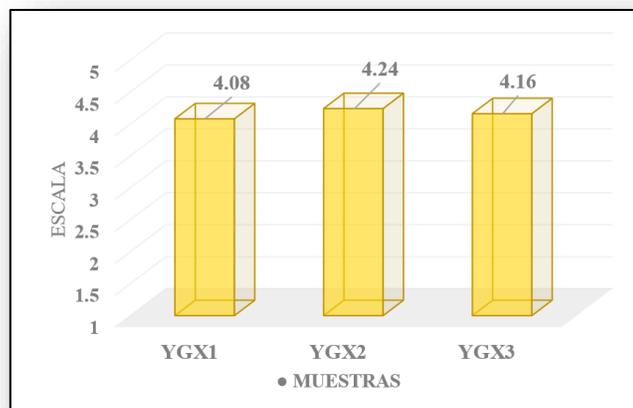
**Fuente:** Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.14  $F_{cal} < F_{tab}$  ( $1,556 < 3,186$ ) para las muestras, por lo cual no existe evidencia estadística de variación entre los valores promedios de las muestras YGX1, YGX2, YGX3 para un nivel de significancia de 0.95 por lo cual cualquiera de las muestras puede ser elegida en cuanto al atributo sabor.

#### 4.4.2 Evaluación sensorial del atributo consistencia para determinar la etapa de adición del colágeno.

Los resultados promedios obtenidos de la evaluación sensorial para el atributo consistencia en escala se muestra en la Figura 4.9, datos recopilados del (Anexo C, tabla C.30).

**Figura 4.9**  
**Valores promedios del atributo consistencia para determinar la etapa de adición del colágeno**



**Fuente:** Elaboración Propia

Como se observa en la figura 4.9, la muestra de mayor agrado por los jueces es la muestra YGX2 (4,24); en comparación con la muestra YGX3 (4,16) y la muestras YGX1 (4,08) la cual tiene un menor puntaje en la escala.

##### 4.4.2.1 Análisis estadístico del atributo consistencia para determinar la etapa de adición del colágeno

La tabla 4.15, muestra el análisis de varianza del atributo consistencia para la muestra preliminar (Anexo C, tabla C.31).

**TABLA 4.15**  
**Análisis de varianza (ANVA) para el atributo consistencia**

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado $F_{cal}$	Fisher tabulado $F_{tab}$
Total	46,08	74	0,000	0,000	0,000
Muestras (A)	0,32	2	0,160	0,307	3,186
Jueces (B)	20,75	24	0,864	1,658	1,754
Error	25,01	48	0,521	0,000	0,000

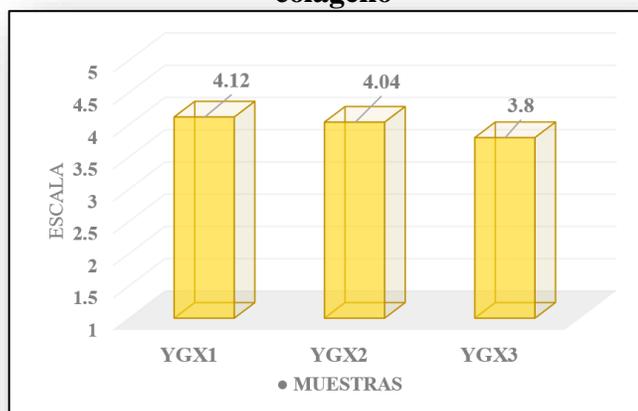
**Fuente:** Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.15  $F_{cal} < F_{tab}$  ( $0,307 < 3,186$ ) para las muestras, por lo cual no existe evidencia estadística de variación entre los valores promedios de las muestras YGX1, YGX2, YGX3 para un nivel de significancia de 0.95 por lo cual cualquiera de las muestras puede ser elegida en cuanto al atributo consistencia.

#### 4.4.3 Evaluación sensorial del atributo acidez para determinar la etapa de adición del colágeno.

Los resultados promedios obtenidos de la evaluación sensorial para el atributo acidez en escala se muestra en la Figura 4.10, datos recopilados del (Anexo C, tabla C.32).

**Figura 4.10**  
**Valores promedios del atributo acidez para determinar la etapa de adición del colágeno**



**Fuente:** Elaboración Propia

Como se observa en la figura 4.10, la muestra de mayor agrado por los jueces es la muestra YGX1 (4,12); en comparación con la muestra YGX2 (4,04) y la muestra YGX3 (3,80) la cual tiene un menor puntaje en la escala.

#### 4.4.3.1 Análisis estadístico del atributo acidez para determinar la etapa de adición del colágeno

La tabla 4.16, muestra el análisis de varianza del atributo acidez para la muestra preliminar (Anexo C, tabla C.33).

**TABLA 4.16**  
**Análisis de varianza (ANVA) para el atributo acidez**

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado $F_{cal}$	Fisher tabulado $F_{tab}$
Total	42,98	74	0,000	0,000	0,000
Muestras (A)	1,39	2	0,695	1,620	3,186
Jueces (B)	20,99	24	0,874	2,037	1,754
Error	20,60	48	0,429	0,000	0,000

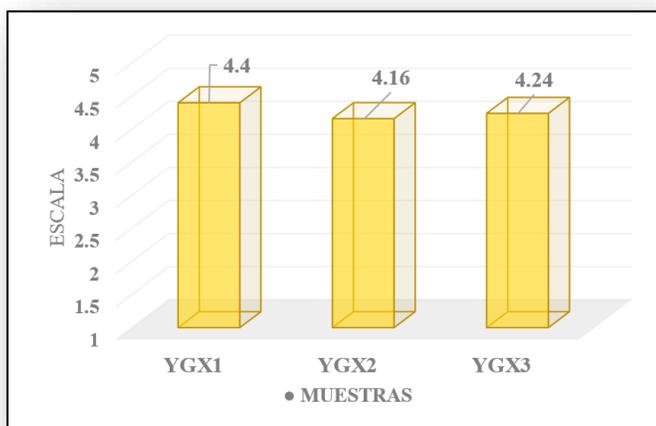
**Fuente:** Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.16  $F_{cal} < F_{tab}$  ( $1,620 < 3,186$ ) para las muestras, por lo cual no existe evidencia estadística de variación entre los valores promedios de las muestras YGX1, YGX2, YG3 para un nivel de significancia de 0.95 por lo cual cualquiera de las muestras puede ser elegida en cuanto al atributo acidez.

#### 4.4.4 Evaluación sensorial del atributo color para determinar la etapa de adición del colágeno.

Los resultados promedios obtenidos de la evaluación sensorial para el atributo color en escala se muestra en la Figura 4.11, datos recopilados del (Anexo C, tabla C.34).

**Figura 4.11**  
**Valores promedios del atributo color para determinar la etapa de adición del colágeno**



**Fuente:** Elaboración Propia

Como se observa en la figura 4.11, la muestra de mayor agrado por los jueces es la muestra YGX1 (4.4); en comparación con la muestra YGX3 (4.24) y la muestra YGX2 (4.16) la cual tiene un menor puntaje en la escala.

#### 4.4.4.1 Análisis estadístico del atributo color para determinar la etapa de adición del colágeno

La tabla 4.17, muestra el análisis de varianza del atributo color para la muestra preliminar (Anexo C, tabla C.35).

**TABLA 4.17**  
**Análisis de varianza (ANVA) para el atributo color**

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado Fcal	Fisher tabulado Ftab
Total	36,66	74	0,000	0,000	0,000
Muestras (A)	0,75	2	0,375	1,086	3,186
Jueces (B)	19,33	24	0,805	2,333	1,754
Error	16,58	48	0,345	0,000	0,000

**Fuente:** Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.17  $F_{cal} < F_{tab}$  ( $1,086 < 3,186$ ) para las muestras, por lo cual no existe evidencia estadística de variación entre los valores promedios de las muestras YGX1, YGX2, YGX3 para un nivel de significancia de 0.95 por lo cual cualquiera de las muestras puede ser elegida en cuanto al atributo color.

En el cuadro 4.4 se muestra los análisis fisicoquímicos del yogurt griego fortificado con colágeno en cuanto al porcentaje de proteínas de las tres muestras en las cuales el colágeno fue adicionado en diferentes etapas:

**Cuadro 4.4**  
**Porcentaje de proteínas**

<b>Muestras</b>	<b>Proteínas (%)</b>	<b>Etapa</b>
YGX1	7,19	Estandarización
YGX2	8,24	Atemperado
YGX3	9,40	Separación del Suero

**Fuente:** CEANID 2018

De acuerdo a los resultados obtenidos de la evaluación sensorial y el análisis fisicoquímico se concluye que la muestra ganadora es la muestra YGX3, debido a que es la muestra de mayor contenido proteico y también no sufre exposición a altas temperaturas como sucedería si se adiciona en la etapa de estandarización.

#### **4.5 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS DE YOGURT GRIEGO FORTIFICADO CON COLÁGENO**

En base a la dosificación de la muestra preliminar se procedió a elaborar ocho muestras de yogurt griego fortificado con colágeno para determinar las propiedades organolépticas mediante un test de preferencia donde se evaluaron los atributos de sabor, aroma, consistencia, acidez, color y apariencia.

En el cuadro 4.5, se puede observar la variación en la composición de las ocho muestras de yogurt griego fortificado con colágeno a ser evaluadas.

**Cuadro 4.5**  
**Variación en la composición de las muestras para determinar las propiedades organolépticas del yogurt Griego fortificado con colágeno**

<b>Muestras</b>	<b>Leche descremada en polvo (%)</b>	<b>Suero (%)</b>	<b>Colágeno (%)</b>
<b>YG1</b>	8	50	10
<b>YG2</b>	10	50	10
<b>YG3</b>	8	55	10
<b>YG4</b>	10	55	10
<b>YG5</b>	8	50	15
<b>YG6</b>	10	50	15
<b>YG7</b>	8	55	15
<b>YG8</b>	10	55	15

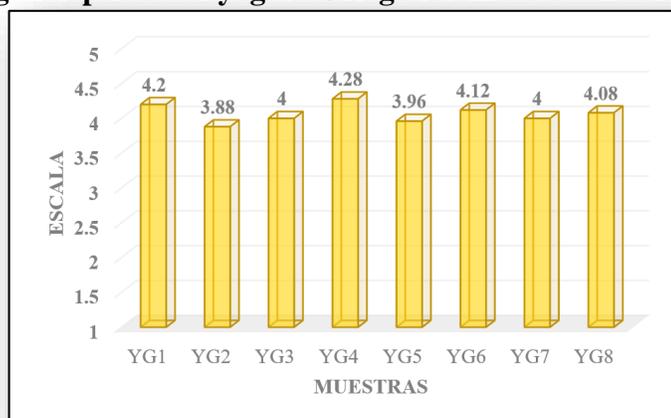
**Fuente:** Elaboración propia

Posteriormente se realizó una evaluación sensorial de las muestras, las cuales fueron evaluadas por 25 jueces no entrenados para los atributos sabor, aroma, consistencia, acidez, color y apariencia en una escala.

#### **4.5.1 Evaluación sensorial del atributo sabor para determinar las propiedades organolépticas de yogurt Griego fortificado con colágeno**

Los resultados promedios obtenidos de la evaluación sensorial para el atributo sabor en escala se muestra en la Figura 4.12, datos recopilados del (Anexo C, tabla C.36).

**Figura 4.12**  
**Valores promedios del atributo sabor para determinar las propiedades organolépticas del yogurt Griego fortificado con colágeno**



**Fuente:** Elaboración Propia

Como se observa en la figura 4.12, las cuatro muestras de mayor agrado por los jueces son las muestras YG4 (4,28); YG1 (4,2); YG6 (4,12); YG8 (4,08) en comparación con las muestras YG3, YG7 (4,0); YG5 (3,96) y la muestra YG2 (3,88) las cuales tienen menor puntaje en la respectiva escala.

#### **4.5.1.1 Análisis estadístico del yogurt Griego fortificado con colágeno para el atributo sabor**

La tabla 4.18, muestra el análisis de varianza del atributo sabor del yogurt griego fortificado con colágeno, en base a los resultados (Anexo C, tabla C.37).

**TABLA 4.18**  
**Análisis de varianza (ANVA) para el atributo sabor**

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado Fcal	Fisher tabulado Ftab
Total	136,155	199	0,00	0,00	0,000
Muestras (A)	3,035	7	0,43	0,65	2,071
Jueces (B)	21,28	24	0,89	1,35	1,589
Error	111,84	168	0,66	0,00	0,000

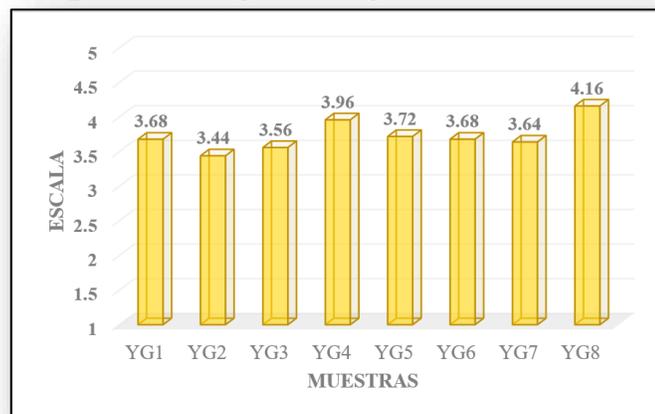
**Fuente:** Elaboración Propia

Como se puede observar en la tabla 4.18  $F_{cal} < F_{tab}$  ( $0,65 < 2,071$ ) para las muestras, por lo cual no existe evidencia estadística de variación entre los valores promedios de las muestras YG1, YG2, YG3, YG3, YG4, YG5, YG6, YG7, YG8 para un nivel de significancia de 0.95 por lo cual cualquiera de las muestras puede ser elegida en cuanto al atributo sabor.

#### 4.5.2 Evaluación sensorial del atributo aroma para determinar las propiedades organolépticas de yogurt Griego fortificado con colágeno

El resultado promedio obtenido de la evaluación sensorial para el atributo aroma en escala se muestra en la Figura 4.13, datos recopilados del (Anexo C, tabla C.38).

**Figura 4.13**  
**Valores promedios del atributo aroma para determinar las propiedades organolépticas del yogurt Griego fortificado con colágeno**



**Fuente:** Elaboración Propia

Como se observa en la figura 4.13, las cinco muestras de mayor agrado por los jueces son las muestras YG8 (4,16); YG4 (3,96); YG5 (3,72); YG1 (3,68); YG6 (3,68) en comparación con las muestras YG7 (3,64); YG3 (3,56) y la muestra YG2 (3,44) las cuales tienen menor puntaje en la respectiva escala.

##### 4.5.2.1 Análisis estadístico del yogurt Griego fortificado con colágeno para el atributo aroma

La tabla 4.19, muestra el análisis de varianza del atributo aroma del yogurt griego fortificado con colágeno, en base a los resultados (Anexo C, tabla C.39).

**TABLA 4.19**  
**Análisis de varianza (ANVA) para el atributo aroma**

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado F <sub>cal</sub>	Fisher tabulado F <sub>tab</sub>
Total	123,42	199	0,00	0,000	0,000
Muestras (A)	9,10	7	1,30	2,407	2,071
Jueces (B)	23,17	24	0,96	1,777	1,589
Error	91,15	168	0,54	0,000	0,000

**Fuente:** Elaboración Propia

Como se puede observar en la tabla 4.19  $F_{cal} > F_{tab}$  ( $2,407 > 2,071$ ) para las muestras, por lo cual existe evidencia estadística de variación entre los valores promedios de las muestras YG1, YG2, YG3, YG4, YG5, YG6, YG7, YG8 para un nivel de significancia de 0.95 por lo cual se debe recurrir a la prueba de Duncan.

#### **4.5.2.2 Prueba de duncan para el atributo aroma**

En la tabla 4.20 se muestran los resultados del análisis estadístico de la prueba de Duncan extraído del Anexo C, tabla C.42.

**TABLA 4.20**  
**Análisis de los tratamientos**

<b>Tratamientos</b>	<b>Análisis de los valores</b>	<b>Efectos</b>
YG8-YG4	0,20<0,4464	No hay diferencia significativa
YG8-YG5	0,44 <0,4704	No hay diferencia significativa
YG8-YG1	0,48<0,4864	No hay diferencia significativa
YG8- YG6	0,48<0,4976	No hay diferencia significativa
YG8- YG7	0,52>0,5072	Si hay diferencia significativa
YG8- YG3	0,60>0,5136	Si hay diferencia significativa
YG8- YG2	0,72>0,5200	Si hay diferencia significativa
YG4- YG5	0,24<0,4464	No hay diferencia significativa
YG4- YG1	0,28<0,4704	No hay diferencia significativa
YG4- YG6	0,28<0,4864	No hay diferencia significativa
YG4- YG7	0,32<0,4976	No hay diferencia significativa
YG4- YG3	0,40<0,5072	No hay diferencia significativa
YG4- YG2	0,52>0,5136	Si hay diferencia significativa
YG5-YG1	0,04<0,5200	No hay diferencia significativa
YG5-YG6	0,04<0,4464	No hay diferencia significativa
YG5-YG7	0,08<0,4704	No hay diferencia significativa
YG5-YG3	0,16<0,4864	No hay diferencia significativa
YG5-YG2	0,28<0,4976	No hay diferencia significativa
YG1-YG6	0,00<0,5072	No hay diferencia significativa
YG1-YG7	0,04<0,5136	No hay diferencia significativa
YG1-YG3	0,12<0,5200	No hay diferencia significativa
YG1-YG2	0,24<0,4464	No hay diferencia significativa
YG6-YG7	0,04<0,4704	No hay diferencia significativa
YG6-YG3	0,12<0,4864	No hay diferencia significativa
YG6-YG2	0,24<0,4976	No hay diferencia significativa
YG7-YG3	0,08<0,5072	No hay diferencia significativa
YG7-YG2	0,20<0,5136	No hay diferencia significativa
YG3-YG2	0,12<0,5200	No hay diferencia significativa

**Fuente:** Elaboración Propia

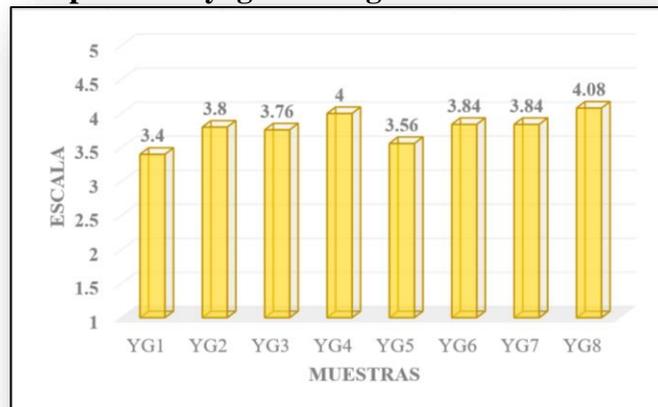
En la tabla 4.20 se observa que existe evidencia significativa entre los tratamientos (YG8- YG7, YG8- YG3, YG8- YG2, YG4- YG2) que son significativas en comparación con las muestras (YG8-YG4, YG8-YG5, YG8-YG1, YG8- YG6, YG4- YG5, YG4- YG1, YG4- YG6, YG4- YG7, YG4- YG3, YG5-YG1, YG5-YG6, YG5- YG7, YG5-YG3, YG5-YG2, YG1-YG6, YG1-YG7, YG1-YG3, YG1-YG2, YG6-

YG7, YG6-YG3, YG6-YG2, YG7-YG3, YG7-YG2, YG3-YG2) que no son significativos para un límite de confianza del 95% pero analizando las muestra con mayor puntaje en la escala, se ha tomado la muestra YG8 como la mejor en cuanto al atributo aroma.

#### 4.5.3 Evaluación sensorial del atributo consistencia para determinar las propiedades organolépticas del yogurt Griego fortificado con colágeno

Los resultados promedios obtenidos de la evaluación sensorial para el atributo consistencia en escala se muestra en la Figura 4.14, datos recopilados del (Anexo C, tabla C.43).

**Figura 4.14**  
**Valores promedios del atributo consistencia para determinar las propiedades organolépticas del yogurt Griego fortificado con colágeno**



**Fuente:** Elaboración Propia

Como se observa en la figura 4.14, las cuatro muestras de mayor agrado por los jueces son las muestras YG8 (4,08); YG4 (4,00); YG6, YG7 (3,84) en comparación con las muestras YG2 (3,80); YG3 (3,76); YG5 (3,56) y la muestra YG1 (3,40) las cuales tienen menor puntaje en la respectiva escala.

##### 4.5.3.1 Análisis estadístico del yogurt Griego fortificado con colágeno para el atributo consistencia

La tabla 4.21, muestra el análisis de varianza del atributo consistencia del yogurt griego fortificado con colágeno, en base a los resultados (Anexo C, tabla C.44).

**TABLA 4.21**  
**Análisis de varianza (ANVA) para el atributo consistencia**

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado F <sub>cal</sub>	Fisher tabulado F <sub>tab</sub>
Total	113,75	199	0,00	0,000	0,000
Muestras (A)	8,47	7	1,21	2,469	2,071
Jueces (B)	21,88	24	0,91	1,857	1,589
Error	83,40	168	0,49	0,000	0,000

**Fuente:** Elaboración Propia

Como se puede observar en la tabla 4.21  $F_{cal} > F_{tab}$  ( $2,469 > 2,071$ ) para las muestras, por lo cual existe evidencia estadística de variación entre los valores promedios de las muestras YG1, YG2, YG3, YG3, YG4, YG5, YG6, YG7, YG8 para un nivel de significancia de 0.95 por lo cual se debe recurrir a la prueba de Duncan.

#### **4.5.3.2 Prueba de duncan para el atributo consistencia**

En la tabla 4.22 se muestran los resultados del análisis estadístico de la prueba de Duncan extraído del Anexo C, tabla C.47.

**TABLA 4.22**  
**Análisis de los tratamientos**

<b>Tratamientos</b>	<b>Análisis de los valores</b>	<b>Efectos</b>
YG8-YG4	0,08<0,3906	No hay diferencia significativa
YG8-YG6	0,24<0,4116	No hay diferencia significativa
YG8-YG7	0,24<0,4256	No hay diferencia significativa
YG8- YG2	0,28<0,4354	No hay diferencia significativa
YG8- YG3	0,32<0,4438	No hay diferencia significativa
YG8- YG5	0,52>0,4494	Si hay diferencia significativa
YG8- YG1	0,68>0,4550	Si hay diferencia significativa
YG4- YG6	0,16<0,3906	No hay diferencia significativa
YG4- YG7	0,16<0,4116	No hay diferencia significativa
YG4- YG2	0,20<0,4256	No hay diferencia significativa
YG4- YG3	0,24<0,4354	No hay diferencia significativa
YG4- YG5	0,44<0,4438	No hay diferencia significativa
YG4- YG1	0,60>0,4494	Si hay diferencia significativa
YG6-YG7	0,00<0,4550	No hay diferencia significativa
YG6-YG2	0,04<0,3906	No hay diferencia significativa
YG6-YG3	0,08<0,4116	No hay diferencia significativa
YG6-YG5	0,28<0,4256	No hay diferencia significativa
YG6-YG1	0,44>0,4354	Si hay diferencia significativa
YG7-YG2	0,04<0,4438	No hay diferencia significativa
YG7-YG3	0,08<0,4494	No hay diferencia significativa
YG7-YG5	0,28<0,4550	No hay diferencia significativa
YG7-YG1	0,44>0,3906	Si hay diferencia significativa
YG2-YG3	0,04<0,4116	No hay diferencia significativa
YG2-YG5	0,24<0,4256	No hay diferencia significativa
YG2-YG1	0,40<0,4354	No hay diferencia significativa
YG3-YG5	0,20<0,4438	No hay diferencia significativa
YG3-YG1	0,36<0,4494	No hay diferencia significativa
YG5-YG1	0,16<0,4550	No hay diferencia significativa

**Fuente:** Elaboración Propia

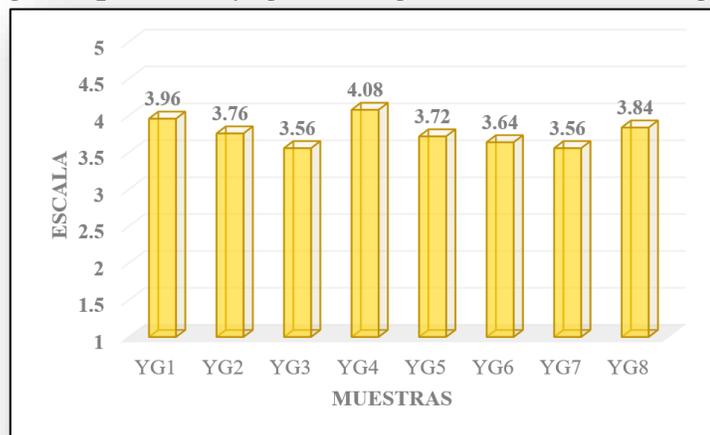
En la tabla 4.22 se observa que existe evidencia significativa entre los tratamientos (YG8-YG5, YG8-YG1, YG4-YG1, YG6-YG1, YG7-YG1) que son significativas en comparación con las muestras (YG8-YG4, YG8-YG6, YG8-YG7, YG8- YG2, YG8-YG3, YG4- YG6, YG4- YG7, YG4- YG2, YG4- YG3, YG4- YG5, YG6-YG7, YG6-YG2, YG6-YG3, YG6-YG5, YG7-YG2, YG7-YG3, YG7-YG5, YG2-YG3, YG2-

YG5, YG2-YG1, YG3-YG5, YG3-YG1, YG5-YG1) que no son significativos para un límite de confianza del 95% pero analizando las muestra con mayor puntaje en la escala, se ha tomado la muestra YG8 como la mejor en cuanto al atributo consistencia.

#### 4.5.4 evaluación sensorial del atributo acidez para determinar las propiedades organolépticas de yogurt Griego fortificado con colágeno

Los resultados promedios obtenidos de la evaluación sensorial para el atributo acidez en escala se muestra en la Figura 4.15, datos recopilados del (Anexo C, tabla C.48).

**Figura 4.15**  
Valores promedios del atributo acidez para determinar las propiedades organolépticas del yogurt Griego fortificado con colágeno



**Fuente:** Elaboración Propia

Como se observa en la figura 4.15, las cuatro muestras de mayor agrado por los jueces son las muestras YG4 (4.08); YG1 (3.96); YG8 (3.84); YG2 (3.76) en comparación con las muestras YG5 (3.72); YG6 (3.64); y las muestras YG3, YG7 (3.56) las cuales tienen menor puntaje en la respectiva escala.

##### 4.5.4.1 Análisis estadístico del yogurt Griego fortificado con colágeno para el atributo acidez

La tabla 4.23, muestra el análisis de varianza del atributo acidez del yogurt griego fortificado con colágeno, en base a los resultados (Anexo C, tabla C.49).

**TABLA 4.23**  
**Análisis de varianza (ANVA) para el atributo acidez**

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado $F_{cal}$	Fisher tabulado $F_{tab}$
Total	139,95	199	0,00	0,000	0,000
Muestras (A)	6,11	7	0,87	1,338	2,071
Jueces (B)	24,83	24	1,03	1,584	1,589
Error	109,01	168	0,65	0,000	0,000

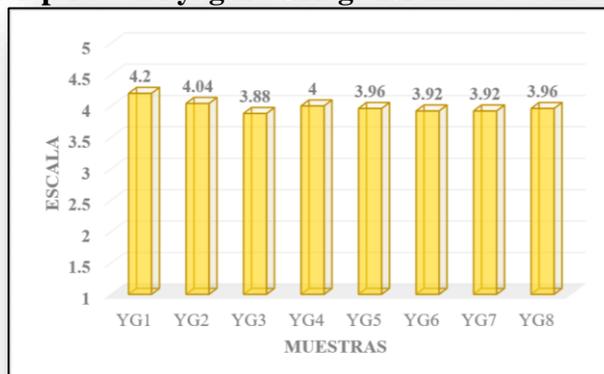
**Fuente:** Elaboración Propia

Como se puede observar en la tabla 4.23  $F_{cal} < F_{tab}$  ( $1,338 < 2,071$ ) para las muestras, por lo cual no existe evidencia estadística de variación entre los valores promedios de las muestras YG1, YG2, YG3, YG3, YG4, YG5, YG6, YG7, YG8 para un nivel de significancia de 0.95 por lo cual cualquiera de las muestras puede ser elegida en cuanto al atributo acidez.

#### 4.5.5 Evaluación sensorial del atributo color para determinar las propiedades organolépticas del yogurt Griego fortificado con colágeno

Los resultados promedios obtenidos de la evaluación sensorial para el atributo color en escala se muestra en la Figura 4.16, datos recopilados del (Anexo C, tabla C.50).

**Figura 4.16**  
**Valores promedios del atributo color para determinar las propiedades organolépticas del yogurt Griego fortificado con colágeno**



**Fuente:** Elaboración Propia

Como se observa en la figura 4.16, las cinco muestras de mayor agrado por los jueces son las muestras YG1 (4,20); YG2 (4,04); YG4 (4,00); YG5, YG8 (3,96) en comparación con las muestras YG6, YG7 (3,92) y las muestra YG3 (3,88) las cuales tienen menor puntaje en la respectiva escala.

#### 4.5.5.1 Análisis estadístico del yogurt Griego fortificado con colágeno para el atributo color

La tabla 4.24, muestra el análisis de varianza del atributo color del yogurt griego fortificado con colágeno, en base a los resultados (Anexo C, tabla C.51).

**TABLA 4.24**  
**Análisis de varianza (ANVA) para el atributo color**

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado F <sub>cal</sub>	Fisher tabulado F <sub>tab</sub>
Total	80,95	199	0,00	0,000	0,000
Muestras (A)	1,75	7	0,25	0,694	2,071
Jueces (B)	19,33	24	0,80	2,222	1,589
Error	59,87	168	0,36	0,000	0,000

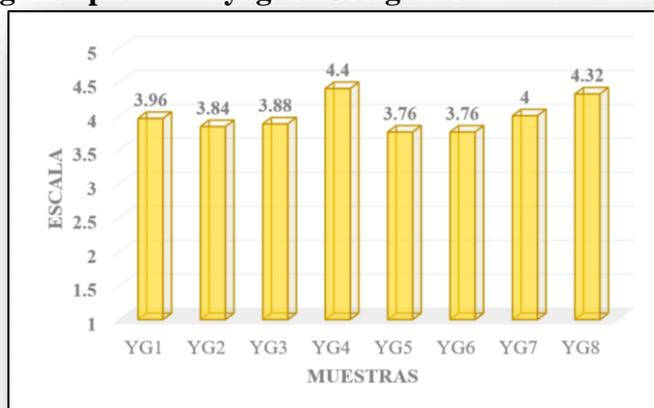
**Fuente:** Elaboración Propia

Como se puede observar en la tabla 4.24  $F_{cal} < F_{tab}$  ( $0,694 < 2,071$ ) para las muestras, por lo cual no existe evidencia estadística de variación entre los valores promedios de las muestras YG1, YG2, YG3, YG3, YG4, YG5, YG6, YG7, YG8 para un nivel de significancia de 0.95 por lo cual cualquiera de las muestras puede ser elegida en cuanto al atributo color.

#### 4.5.6 Evaluación sensorial del atributo apariencia para determinar las propiedades organolépticas de yogurt Griego fortificado con colágeno

Los resultados promedios obtenidos de la evaluación sensorial para el atributo apariencia en escala se muestra en la Figura 4.17, datos recopilados del (Anexo C, tabla C.52).

**Figura 4.17**  
**Valores promedios del atributo apariencia para determinar las propiedades organolépticas del yogurt Griego fortificado con colágeno**



**Fuente:** Elaboración Propia

Como se observa en la figura 4.17, las cuatro muestras de mayor agrado por los jueces son las muestras YG4 (4,40); YG8 (4,32); YG7 (4,00); YG1 (3,96) en comparación con las muestras YG3 (3,88); YG2 (3,84) y las muestra YG5, YG6 (3,76) las cuales tienen menor puntaje en la respectiva escala.

#### 4.5.6.1 Análisis estadístico del yogurt Griego fortificado con colágeno para el atributo apariencia

La tabla 4.25, muestra el análisis de varianza del atributo color del yogurt griego fortificado con colágeno, en base a los resultados (Anexo C, tabla C.53).

**TABLA 4.25**  
**Análisis de varianza (ANVA) para el atributo apariencia**

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado Fcal	Fisher tabulado Ftab
Total	95,98	199	0,00	0,000	0,000
Muestras (A)	10,46	7	1,49	3,820	2,071
Jueces (B)	21,98	24	0,91	2,333	1,589
Error	63,54	168	0,39	0,000	0,000

**Fuente:** Elaboración Propia

Como se puede observar en la tabla C.53  $F_{cal} > F_{tab}$  ( $3,820 > 2,071$ ) para las muestras, por lo cual existe evidencia estadística de variación entre los valores promedios de las muestras YG1, YG2, YG3, YG3, YG4, YG5, YG6, YG7, YG8 para un nivel de significancia de 0.95 por lo cual se debe recurrir a la prueba de Duncan.

#### **4.5.6.2 Prueba de duncan para el atributo apariencia**

En la tabla 4.26 se muestran los resultados del análisis estadístico de la prueba de Duncan extraído del Anexo C, tabla C.56.

**TABLA 4.26**  
**Análisis de los tratamientos**

<b>Tratamientos</b>	<b>Análisis de los valores</b>	<b>Efectos</b>
YG4-YG8	0,08<0,3348	No hay diferencia significativa
YG4-YG7	0,40>0,3528	Si hay diferencia significativa
YG4-YG1	0,44>0,3648	Si hay diferencia significativa
YG4-YG3	0,52>0,3732	Si hay diferencia significativa
YG4-YG2	0,56>0,3804	Si hay diferencia significativa
YG4-YG5	0,64>0,3852	Si hay diferencia significativa
YG4-YG6	0,64>0,3900	Si hay diferencia significativa
YG8- YG7	0,32<0,3348	No hay diferencia significativa
YG8- YG1	0,36>0,3528	Si hay diferencia significativa
YG8- YG3	0,44>0,3648	Si hay diferencia significativa
YG8- YG2	0,48>0,3732	Si hay diferencia significativa
YG8- YG5	0,56>0,3804	Si hay diferencia significativa
YG8- YG6	0,56>0,3852	Si hay diferencia significativa
YG7-YG1	0,04<0,3900	No hay diferencia significativa
YG7-YG3	0,12<0,3348	No hay diferencia significativa
YG7-YG2	0,16<0,3528	No hay diferencia significativa
YG7-YG5	0,24<0,3648	No hay diferencia significativa
YG7-YG6	0,24<0,3732	No hay diferencia significativa
YG1-YG3	0,08<0,3804	No hay diferencia significativa
YG1-YG2	0,12<0,3852	No hay diferencia significativa
YG1-YG5	0,20<0,3900	No hay diferencia significativa
YG1-YG6	0,20<0,3348	No hay diferencia significativa
YG3-YG2	0,04<0,3528	No hay diferencia significativa
YG3-YG5	0,12<0,3648	No hay diferencia significativa
YG3-YG6	0,12<0,3732	No hay diferencia significativa
YG2-YG5	0,08<0,3804	No hay diferencia significativa
YG2-YG6	0,08<0,3852	No hay diferencia significativa
YG5-YG6	0,00<0,3900	No hay diferencia significativa

**Fuente:** Elaboración Propia

En la tabla C.56 se observa que existe evidencia significativa entre los tratamientos (YG4-YG7, YG4-YG1, YG4-YG3, YG4-YG2, YG4-YG5, YG4-YG6, YG8- YG1, YG8- YG3, YG8- YG2, YG8- YG5, YG8- YG6) que son significativas en comparación con las muestras (YG4-YG8, YG8- YG7, YG7-YG1, YG7-YG3, YG7-YG2, YG7-YG5, YG7-YG6, YG1-YG3, YG1-YG2, YG1-YG5, YG1-YG6, YG3-

YG2, YG3-YG5, YG3-YG6, YG2-YG5, YG2-YG6, YG5-YG6) que no son significativos para un límite de confianza del 95% pero analizando las muestra con mayor puntaje en la escala, se ha tomado la muestra YG4 como la mejor en cuanto al atributo apariencia.

#### **4.6 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA DETERMINAR LA MUESTRA FINAL DE YOGURT GRIEGO FORTIFICADO CON COLÁGENO**

En base a la dosificación de la muestra preliminar se procedió a elaborar ocho muestras de yogurt griego fortificado con colágeno para determinar las propiedades organolépticas donde se evaluaron los atributos de sabor, aroma, consistencia, acidez, color y apariencia, de las cuales se determinaron dos muestras de mayor preferencia por lo cual se determinó la muestra de mayor aceptación mediante un test de preferencia.

En el cuadro 4.6, se puede observar la variación en la composición de las dos muestras de yogurt griego fortificado con colágeno a ser evaluadas.

**Cuadro 4.6**  
**Variación en la composición para determinar la muestra final del yogurt Griego fortificado con colágeno**

<b>Muestras</b>	<b>Leche descremada en polvo (%)</b>	<b>Suero (%)</b>	<b>Colágeno (%)</b>
<b>YG4</b>	10	55	10
<b>YG8</b>	10	55	15

**Fuente:** Elaboración Propia

Posteriormente se realizó una evaluación sensorial de las muestras, las cuales fueron evaluadas por 25 jueces no entrenados para los atributos sabor, aroma, consistencia, acidez, color y apariencia en una escala.

##### **4.6.1 Evaluación sensorial del atributo sabor para determinar la muestra final de yogurt Griego fortificado con colágeno**

Los resultados promedios obtenidos de la evaluación sensorial para el atributo sabor en escala se muestra en la Figura 4.18, datos recopilados del (Anexo C, tabla C.57).

**Figura 4.18**  
**Valores promedios del atributo sabor para determinar la muestra final del yogurt Griego fortificado con colágeno**



**Fuente:** Elaboración Propia

Como se observa en la figura 4.18, la muestra de mayor agrado por los jueces es la muestra YG4 (4.44), en comparación con la muestra YG8 (4.32), la cual tiene menor puntaje en la respectiva escala.

#### **4.6.1.1 Análisis estadístico del yogurt Griego fortificado con colágeno para el atributo sabor**

La tabla 4.27, muestra el análisis de varianza del atributo sabor del yogurt griego fortificado con colágeno, en base a los resultados (Anexo C, tabla C.58).

**TABLA 4.27**  
**Análisis de varianza (ANVA) para el atributo sabor**

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado Fcal	Fisher tabulado Ftab
Total	23,78	49	0,00	0,00	0,000
Muestras (A)	0,18	1	0,18	0,42	4,260
Jueces (B)	13,28	24	0,55	1,28	1,984
Error	10,32	24	0,43	0,00	0,000

**Fuente:** Elaboración Propia

Como se puede observar en la tabla 4.27  $F_{cal} < F_{tab}$  ( $0,42 < 4,260$ ) para las muestras, por lo cual no existe evidencia estadística de variación entre los valores promedios de las muestras YG4, YG8 para un nivel de significancia de 0.95 por lo cual cualquiera de las muestras puede ser elegida en cuanto al atributo sabor.

#### 4.6.2 Evaluación sensorial del atributo aroma para determinar la muestra final de yogurt Griego fortificado con colágeno

El resultado promedio obtenido de la evaluación sensorial para el atributo aroma en escala se muestra en la Figura 4.19, datos recopilados del (Anexo C, tabla C.59).

**Figura 4.19**  
**Valores promedios del atributo aroma para determinar la muestra final del yogurt Griego fortificado con colágeno**



**Fuente:** Elaboración Propia

Como se observa en la figura 4.19, la muestra de mayor agrado por los jueces es la muestra YG8 (4,08), en comparación con la muestra YG4 (4,00), la cual tiene menor puntaje en la respectiva escala.

##### 4.6.2.1 Análisis estadístico del yogurt Griego fortificado con colágeno para el atributo aroma

La tabla 4.28, muestra el análisis de varianza del atributo aroma del yogurt griego fortificado con colágeno, en base a los resultados (Anexo C, tabla C.60).

**TABLA 4.28**  
**Análisis de varianza (ANVA) para el atributo aroma**

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado $F_{cal}$	Fisher tabulado $F_{tab}$
Total	29,92	49	0,00	0,000	0,000
Muestras (A)	0,08	1	0,08	0,216	4,260
Jueces (B)	20,92	24	0,87	2,351	1,984
Error	8,92	24	0,37	0,000	0,000

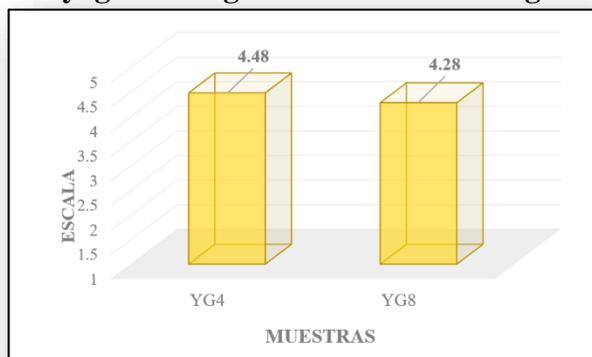
**Fuente:** Elaboración Propia

Como se puede observar en la tabla 4.28  $F_{cal} < F_{tab}$  ( $0,216 < 4,260$ ) para las muestras, por lo cual no existe evidencia estadística de variación entre los valores promedios de las muestras YG4, YG8 para un nivel de significancia de 0.95 por lo cual cualquiera de las muestras puede ser elegida en cuanto al atributo aroma.

#### 4.6.3 Evaluación sensorial del atributo consistencia para determinar la muestra final de yogurt Griego fortificado con colágeno

Los resultados promedios obtenidos de la evaluación sensorial para el atributo consistencia en escala se muestra en la Figura 4.20, datos recopilados del (Anexo C, tabla C.61).

**Figura 4.20**  
**Valores promedios del atributo consistencia para determinar la muestra final del yogurt Griego fortificado con colágeno**



**Fuente:** Elaboración Propia

Como se observa en la figura 4.20, la muestra de mayor agrado por los jueces es la muestra YG4 (4,48), en comparación con la muestra YG8 (4,28), la cual tiene menor puntaje en la respectiva escala.

#### 4.6.3.1 Análisis estadístico del yogurt Griego fortificado con colágeno para el atributo consistencia

La tabla 4.29, muestra el análisis de varianza del atributo consistencia del yogurt griego fortificado con colágeno, en base a los resultados (Anexo C, tabla C.62).

**TABLA 4.29**  
**Análisis de varianza (ANVA) para el atributo consistencia**

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado F <sub>cal</sub>	Fisher tabulado F <sub>tab</sub>
Total	19,78	49	0,00	0,000	0,000
Muestras (A)	0,50	1	0,50	2,000	4,260
Jueces (B)	13,28	24	0,55	2,200	1,984
Error	6,00	24	0,25	0,000	0,000

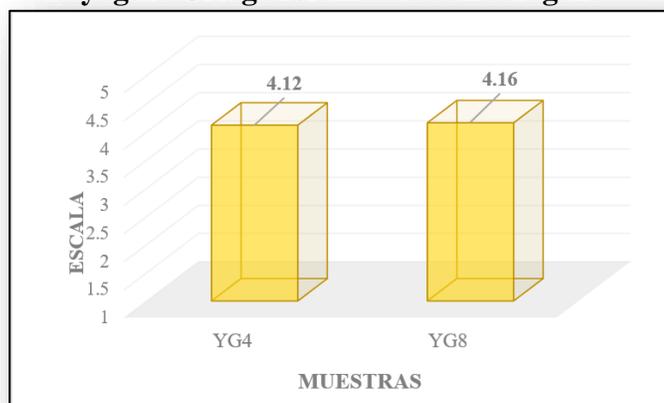
**Fuente:** Elaboración Propia

Como se puede observar en la tabla 4.29  $F_{cal} < F_{tab}$  ( $2,000 < 4,260$ ) para las muestras, por lo cual no existe evidencia estadística de variación entre los valores promedios de las muestras YG4, YG8 para un nivel de significancia de 0.95 por lo cual cualquiera de las muestras puede ser elegida en cuanto al atributo consistencia.

#### 4.6.4 Evaluación sensorial del atributo acidez para determinar la muestra final de yogurt Griego fortificado con colágeno

Los resultados promedios obtenidos de la evaluación sensorial para el atributo acidez en escala se muestra en la Figura 4.21, datos recopilados del (Anexo C, tabla C.63).

**Figura 4.21**  
**Valores promedios del atributo acidez para determinar la muestra final del yogurt Griego fortificado con colágeno**



**Fuente:** Elaboración Propia

Como se observa en la figura 4.21, la muestra de mayor agrado por los jueces es la muestra YG8 (4,16), en comparación con la muestra YG4 (4,12), la cual tiene menor puntaje en la respectiva escala.

#### 4.6.4.1 Análisis estadístico del yogurt Griego fortificado con colágeno para el atributo acidez

La tabla 4.30, muestra el análisis de varianza del atributo acidez del yogurt griego fortificado con colágeno, en base a los resultados (Anexo C, tabla C.64).

**TABLA 4.30**  
**Análisis de varianza (ANVA) para el atributo acidez**

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado Fcal	Fisher tabulado Ftab
Total	24,02	49	0,000	0,000	0,000
Muestras (A)	0,02	1	0,020	0,050	4,260
Jueces (B)	14,52	24	0,605	1,531	1,984
Error	9,48	24	0,395	0,000	0,000

**Fuente:** Elaboración Propia

Como se puede observar en la tabla 4.30  $F_{cal} < F_{tab}$  ( $0,05 < 4,260$ ) para las muestras, por lo cual no existe evidencia estadística de variación entre los valores promedios de las muestras YG4, YG8 para un nivel de significancia de 0.95 por lo cual cualquiera de las muestras puede ser elegida en cuanto al atributo acidez.

#### 4.6.5 Evaluación sensorial del atributo color para determinar la muestra final de yogurt Griego fortificado con colágeno

Los resultados promedios obtenidos de la evaluación sensorial para el atributo color en escala se muestra en la Figura 4.22, datos recopilados del (Anexo C, tabla C.65).

**Figura 4.22**  
**Valores promedios del atributo color para determinar la muestra final del yogurt Griego fortificado con colágeno**



**Fuente:** Elaboración Propia

Como se observa en la figura 4.22, ambas muestras tienen el mismo nivel de aceptación por los jueces YG4, YG8 (4,36), en la respectiva escala.

##### 4.6.5.1 Análisis estadístico del yogurt Griego fortificado con colágeno para el atributo color

La tabla 4.31, muestra el análisis de varianza del atributo color del yogurt griego fortificado con colágeno, en base a los resultados (Anexo C, tabla C.66).

**TABLA 4.31**  
**Análisis de varianza (ANVA) para el atributo color**

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado Fcal	Fisher tabulado Ftab
Total	15,52	49	0,000	0,000	0,000
Muestras (A)	0,00	1	0,000	0,000	4,260
Jueces (B)	10,52	24	0,438	2,106	1,984
Error	5,00	24	0,208	0,000	0,000

**Fuente:** Elaboración Propia

Como se puede observar en la tabla 4.31  $F_{cal} < F_{tab}$  ( $0,00 < 4,260$ ) para las muestras, por lo cual no existe evidencia estadística de variación entre los valores promedios de las muestras YG4, YG8 para un nivel de significancia de 0.95 por lo cual cualquiera de las muestras puede ser elegida en cuanto al atributo color.

#### **4.6.6 Evaluación sensorial del atributo apariencia para determinar la muestra final de yogurt Griego fortificado con colágeno**

Los resultados promedios obtenidos de la evaluación sensorial para el atributo apariencia en escala se muestra en la Figura 4.23, datos recopilados del (Anexo C, tabla C.67).

**Figura 4.23**  
**Valores promedios del atributo apariencia para determinar la muestra final del yogurt Griego fortificado con colágeno**



**Fuente:** Elaboración Propia

Como se observa en la figura 4.23, la muestra de mayor agrado por los jueces es la muestra YG4 (4,48), en comparación con la muestra YG8 (4,40), la cual tiene menor puntaje en la respectiva escala.

#### 4.6.6.1 Análisis estadístico del yogurt Griego fortificado con colágeno para el atributo apariencia

La tabla 4.32, muestra el análisis de varianza del atributo apariencia del yogurt griego fortificado con colágeno, en base a los resultados (Anexo C, tabla C.68).

**TABLA 4.32**  
**Análisis de varianza (ANVA) para el atributo apariencia**

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado $F_{cal}$	Fisher tabulado $F_{tab}$
Total	14,32	49	0,000	0,000	0,000
Muestras (A)	0,08	1	0,080	0,325	4,260
Jueces (B)	8,32	24	0,346	1,406	1,984
Error	5,92	24	0,246	0,000	0,000

**Fuente:** Elaboración Propia

Como se puede observar en la tabla 4.32  $F_{cal} < F_{tab}$  ( $0,325 < 4,260$ ) para las muestras, por lo cual no existe evidencia estadística de variación entre los valores promedios de las muestras YG4, YG8 para un nivel de significancia de 0.95 por lo cual cualquiera de las muestras puede ser elegida en cuanto al atributo apariencia.

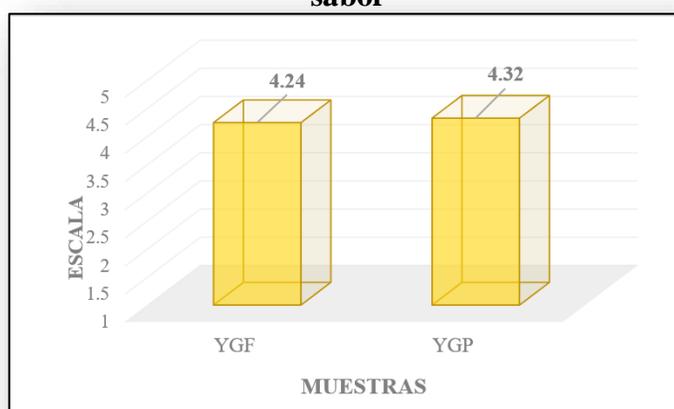
#### 4.7 EVALUACIÓN SENSORIAL DE LA MUESTRA FINAL DE YOGURT GRIEGO FORTIFICADO CON COLÁGENO CON LA MUESTRA PATRÓN

Para determinar la aceptación de la muestra final en relación a la muestra patrón se realizó una evolución sensorial entre ambas muestras y no se encontró diferencias significativas entre las muestras para los atributos sabor, aroma, consistencia, acidez, color y apariencia en una escala.

### 4.7.1 Evaluación sensorial de la muestra final y la muestra patrón para el atributo sabor

Los resultados promedios obtenidos de la evaluación sensorial para el atributo sabor en escala se muestra en la Figura 4.24, datos recopilados del (Anexo C, tabla C.69).

**Figura 4.24**  
**Valores promedios de la muestra final y la muestra patrón para el atributo sabor**



**Fuente:** Elaboración Propia

Como se observa en la figura 4.24, la muestra de mayor agrado por los jueces es la muestra YGP (4,32), en comparación con la muestra YGF (4,24), la cual tiene menor puntaje en la respectiva escala.

#### 4.7.1.1 Análisis estadístico de la muestra final y la muestra patrón para el atributo sabor

La tabla 4.33, muestra el análisis de varianza del atributo sabor del yogurt griego fortificado con colágeno y la muestra patrón, en base a los resultados (Anexo C, tabla C.70).

**TABLA 4.33**  
**Análisis de varianza (ANVA) para el atributo sabor**

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado $F_{cal}$	Fisher tabulado $F_{tab}$
Total	22,08	49	0,00	0,00	0,000
Muestras (A)	0,08	1	0,08	0,17	4,260
Jueces (B)	11,08	24	0,46	1,02	1,984
Error	10,92	24	0,45	0,00	0,000

**Fuente:** Elaboración Propia

Como se puede observar en la tabla 4.33  $F_{cal} < F_{tab}$  ( $0,17 < 4,260$ ) para las muestras, por lo cual no existe evidencia estadística de variación entre los valores promedios de las muestras YGF, YGP para un nivel de significancia de 0.95 por lo cual cualquiera de las muestras puede ser elegida en cuanto al atributo sabor.

#### 4.7.2 Evaluación sensorial de la muestra final y la muestra patrón para el atributo aroma

El resultado promedio obtenido de la evaluación sensorial para el atributo aroma en escala se muestra en la Figura 4.25, datos recopilados del (Anexo C, tabla C.71).

**Figura 4.25**  
**Valores promedios de la muestra final y la muestra patrón para el atributo aroma**



**Fuente:** Elaboración Propia

Como se observa en la figura 4.25, la muestra de mayor agrado por los jueces es la muestra YGF (4,28), en comparación con la muestra YGP (4,16), la cual tiene menor puntaje en la respectiva escala.

#### 4.7.2.1 Análisis estadístico de la muestra final y la muestra patrón para el atributo aroma

La tabla 4.34, muestra el análisis de varianza del atributo aroma del yogurt griego fortificado con colágeno y la muestra patrón, en base a los resultados (Anexo C, tabla C.72).

**TABLA 4.34**  
**Análisis de varianza (ANVA) para el atributo aroma**

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado $F_{cal}$	Fisher tabulado $F_{tab}$
Total	22,58	49	0,00	0,000	0,000
Muestras (A)	0,18	1	0,18	0,418	4,260
Jueces (B)	12,08	24	0,50	1,162	1,984
Error	10,32	24	0,43	0,000	0,000

**Fuente:** Elaboración Propia

Como se puede observar en la tabla 4.34  $F_{cal} < F_{tab}$  ( $0,418 < 4,260$ ) para las muestras, por lo cual no existe evidencia estadística de variación entre los valores promedios de las muestras YGF, YGP para un nivel de significancia de 0.95 por lo cual cualquiera de las muestras puede ser elegida en cuanto al atributo aroma.

#### 4.7.3 Evaluación sensorial de la muestra final y la muestra patrón para el atributo consistencia

Los resultados promedios obtenidos de la evaluación sensorial para el atributo consistencia en escala se muestra en la Figura 4.26, datos recopilados del (Anexo C, tabla C.73).

**Figura 4.26**  
**Valores promedios de la muestra final y la muestra patrón para el atributo consistencia**



**Fuente:** Elaboración Propia

Como se observa en la figura 4.26, la muestra de mayor agrado por los jueces es la muestra YGF (4,36), en comparación con la muestra YGP (4,20), la cual tiene menor puntaje en la respectiva escala.

#### 4.7.3.1 Análisis estadístico de la muestra final y la muestra patrón para el atributo consistencia

La tabla 4.35, muestra el análisis de varianza del atributo consistencia del yogurt griego fortificado con colágeno y la muestra patrón, en base a los resultados (Anexo C, tabla C.74).

**TABLA 4.35**  
**Análisis de varianza (ANVA) para el atributo consistencia**

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado Fcal	Fisher tabulado Ftab
Total	22,08	49	0,00	0,000	0,000
Muestras (A)	0,32	1	0,32	0,888	4,260
Jueces (B)	13,08	24	0,54	1,500	1,984
Error	8,68	24	0,36	0,000	0,000

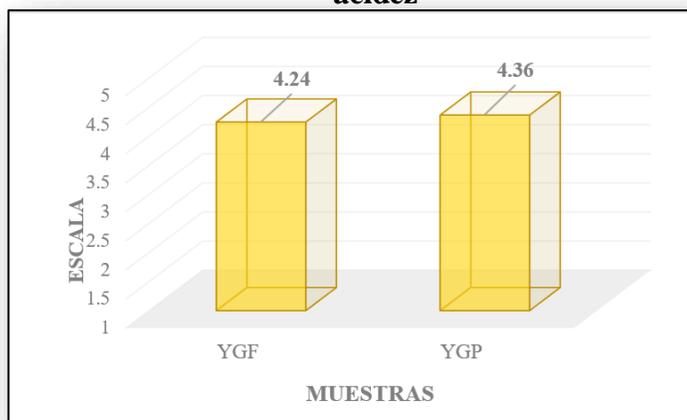
**Fuente:** Elaboración Propia

Como se puede observar en la tabla 4.35  $F_{cal} < F_{tab}$  ( $0,888 < 4,260$ ) para las muestras, por lo cual no existe evidencia estadística de variación entre los valores promedios de las muestras YGF, YGP para un nivel de significancia de 0.95 por lo cual cualquiera de las muestras puede ser elegida en cuanto al atributo consistencia.

#### 4.7.4 Evaluación sensorial de la muestra final y la muestra patrón para el atributo acidez

Los resultados promedios obtenidos de la evaluación sensorial para el atributo acidez en escala se muestra en la Figura 4.27, datos recopilados del (Anexo C, tabla C.75).

**Figura 4.27**  
**Valores promedios de la muestra final y la muestra patrón para el atributo acidez**



**Fuente:** Elaboración Propia

Como se observa en la figura 4.27, la muestra de mayor agrado por los jueces es la muestra YGP (4,36), en comparación con la muestra YGF (4,24), la cual tiene menor puntaje en la respectiva escala.

##### 4.7.4.1 Análisis estadístico de la muestra final y la muestra patrón para el atributo acidez

La tabla 4.36, muestra el análisis de varianza del atributo acidez del yogurt griego fortificado con colágeno y la muestra patrón, en base a los resultados (Anexo C, tabla C.76).

**TABLA 4.36**  
**Análisis de varianza (ANVA) para el atributo acidez**

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado F <sub>cal</sub>	Fisher tabulado F <sub>tab</sub>
Total	20,50	49	0,00	0,000	0,000
Muestras (A)	0,18	1	0,18	0,383	4,260
Jueces (B)	9,00	24	0,37	0,787	1,984
Error	11,32	24	0,47	0,000	0,000

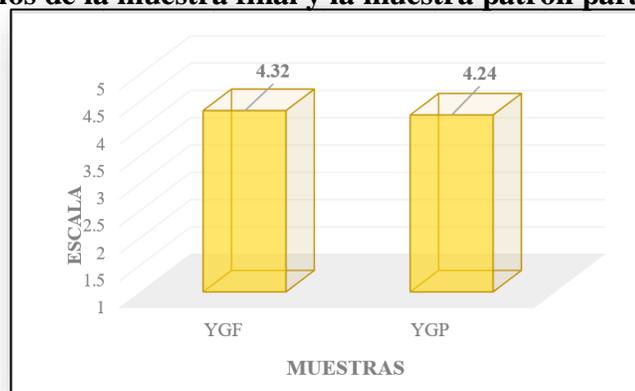
**Fuente:** Elaboración Propia

Como se puede observar en la tabla 4.36  $F_{cal} < F_{tab}$  ( $0,383 < 4,260$ ) para las muestras, por lo cual no existe evidencia estadística de variación entre los valores promedios de las muestras YGF, YGP para un nivel de significancia de 0.95 por lo cual cualquiera de las muestras puede ser elegida en cuanto al atributo acidez.

#### 4.7.5 Evaluación sensorial de la muestra final y la muestra patrón para el atributo color

Los resultados promedios obtenidos de la evaluación sensorial para el atributo color en escala se muestra en la Figura 4.28, datos recopilados del (Anexo C, tabla C.77).

**Figura 4.28**  
**Valores promedios de la muestra final y la muestra patrón para el atributo color**



**Fuente:** Elaboración Propia

Como se observa en la figura 4.28, la muestra de mayor agrado por los jueces es la muestra YGF (4,32), en comparación con la muestra YGP (4,24), la cual tiene menor puntaje en la respectiva escala.

#### 4.7.5.1 Análisis estadístico de la muestra final y la muestra patrón para el atributo color

La tabla 4.37, muestra el análisis de varianza del atributo color del yogurt griego fortificado con colágeno y la muestra patrón, en base a los resultados (Anexo C, tabla C.78).

**TABLA 4.37**  
**Análisis de varianza (ANVA) para el atributo color**

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado F <sub>cal</sub>	Fisher tabulado F <sub>tab</sub>
Total	22,08	49	0,00	0,000	0,000
Muestras (A)	0,08	1	0,08	0,163	4,260
Jueces (B)	10,08	24	0,42	0,857	1,984
Error	11,92	24	0,49	0,000	0,000

**Fuente:** Elaboración Propia

Como se puede observar en la tabla 4.37  $F_{cal} < F_{tab}$  ( $0,163 < 4,260$ ) para las muestras, por lo cual no existe evidencia estadística de variación entre los valores promedios de las muestras YGF, YGP para un nivel de significancia de 0.95 por lo cual cualquiera de las muestras puede ser elegida en cuanto al atributo color.

#### 4.7.6 Evaluación sensorial de la muestra final y la muestra patrón para el atributo apariencia

Los resultados promedios obtenidos de la evaluación sensorial para el atributo apariencia en escala se muestra en la Figura 4.29, datos recopilados del (Anexo C, tabla C.79).

**Figura 4.29**  
**Valores promedios de la muestra final y la muestra patrón para el atributo**  
**apariencia**



**Fuente:** Elaboración Propia

Como se observa en la figura 4.29, la muestra de mayor agrado por los jueces es la muestra YGP (4,36), en comparación con la muestra YGF (4,16), la cual tiene menor puntaje en la respectiva escala.

#### **4.7.6.1 Análisis estadístico de la muestra final y la muestra patrón para el atributo apariencia**

La tabla 4.38, muestra el análisis de varianza del atributo apariencia del yogurt griego fortificado con colágeno y la muestra patrón, en base a los resultados (Anexo C, tabla C.80).

**TABLA 4.38**  
**Análisis de varianza (ANVA) para el atributo apariencia**

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado Fcal	Fisher tabulado Ftab
Total	25,62	49	0,00	0,000	0,000
Muestras (A)	0,50	1	0,50	1,190	4,260
Jueces (B)	15,12	24	0,63	1,500	1,984
Error	10,00	24	0,42	0,000	0,000

**Fuente:** Elaboración Propia

Como se puede observar en la tabla 4.38  $F_{cal} < F_{tab}$  ( $1,190 < 4,260$ ) para las muestras, por lo cual no existe evidencia estadística de variación entre los valores promedios de las muestras YGF, YGP para un nivel de significancia de 0.95 por lo cual cualquiera de las muestras puede ser elegida en cuanto al atributo apariencia.

#### 4.8 DISEÑO EXPERIMENTAL PARA DETERMINAR LAS VARIABLES EN LA ETAPA DE SEPARACIÓN DEL SUERO DEL YOGURT GRIEGO FORTIFICADO CON COLÁGENO

Para determinar las variables (leche descremada en polvo, colágeno y la cantidad de suero a extraer), en la etapa de separación del suero, se procedió a realizar el diseño factorial (tabla 3.7) con los niveles de variación (tabla 3.6), donde la variable respuesta fue el contenido de proteínas (porcentaje de proteína). Los resultados se muestran en la tabla 4.39

**Tabla 4.39**  
**Resultados de contenido proteico del yogurt Griego fortificado con colágeno**

Tratamientos	Variables			Réplica		Total Yi
	L. desc. en polvo (%)	Suero (%)	Colágeno (%)	I	II	
<b>1</b>	8	50	10	6,58	8,14	14,72
<b>a</b>	10	50	10	6,40	7,67	14,07
<b>b</b>	8	55	10	6,51	8,61	15,12
<b>ab</b>	10	55	10	6,64	8,61	15,25
<b>c</b>	8	50	15	7,41	8,00	15,41
<b>ac</b>	10	50	15	6,64	7,01	13,65
<b>bc</b>	8	55	15	7,21	7,14	14,35
<b>abc</b>	10	55	15	8,03	8,03	16,06

**Fuente:** Elaboración propia

La tabla 4.40, muestran los resultados obtenidos del análisis de varianza (Anexo D) de los valores de la variable respuesta (porcentaje de proteínas) para un diseño factorial  $2^3$ , en base a los resultados de la tabla 4.39.

**Tabla 4.40**  
**Análisis de varianza para las variables del proceso de separación del suero**

<b>Fuente de varianza (FV)</b>	<b>Suma de cuadrados (SC)</b>	<b>Grados de libertad (GL)</b>	<b>Cuadrados medios (CM)</b>	<b>Fcal</b>	<b>Ftab</b>
<b>Total</b>	8,570	15	0,000	0,000	0,000
<b>Factor A</b>	0,020	1	0,020	0,588	5,318
<b>Factor B</b>	0,540	1	0,540	1,588	5,318
<b>Factor C</b>	0,006	1	0,006	0,017	5,318
<b>Interacción AB</b>	1,130	1	1,130	3,323	5,318
<b>Interacción AC</b>	0,013	1	0,013	0,038	5,318
<b>Interacción BC</b>	0,003	1	0,003	0,009	5,318
<b>Interacción ABC</b>	0,450	1	0,450	1,406	5,318
<b>Error experimental</b>	6,410	7	0,340	0,000	0,000

**Fuente:** Elaboración Propia

Como se puede observar en la tabla 4.40, los factores: cantidad de leche descremada en polvo (A), cantidad de colágeno (B), cantidad de suero extraído (C) y las interacciones: (AB) leche descremada en polvo – colágeno, (AC) leche descremada en polvo – suero, (BC) colágeno – suero, (ABC) leche descremada en polvo – colágeno – suero, no son significativos en el proceso de separación del suero para una  $p < 0.01$ .

En base al análisis estadístico realizado por el diseño  $2^3$ , se puede decir que ningún factor tomado en cuenta incide directamente en la etapa de separación del suero del yogurt griego fortificado con colágeno.

#### **4.9 CONTROL DE ACIDEZ EN LA ETAPA DE FERMENTACIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE YOGURT GRIEGO FORTIFICADO CON COLÁGENO**

Una vez definida las variables en la etapa de separación del suero (leche descremada en polvo, colágeno y suero) se procedió a controlar la acidez ( $^{\circ}$ Dornic) en intervalos de 25 minutos manteniendo una temperatura constante hasta alcanzar una acidez de 65  $^{\circ}$ Dornic, con la finalidad de establecer el tiempo de fermentación más adecuado del

proceso de elaboración de yogurt griego fortificado con colágeno en base a una muestra del producto final (YGF) analizada.

La tabla 4.41, muestra los resultados obtenidos de los valores de acidez realizados cada 25 minutos durante la etapa de fermentación del yogurt griego fortificado con colágeno con la finalidad de determinar el tiempo de corte del yogurt a una acidez de 65 °Dornic.

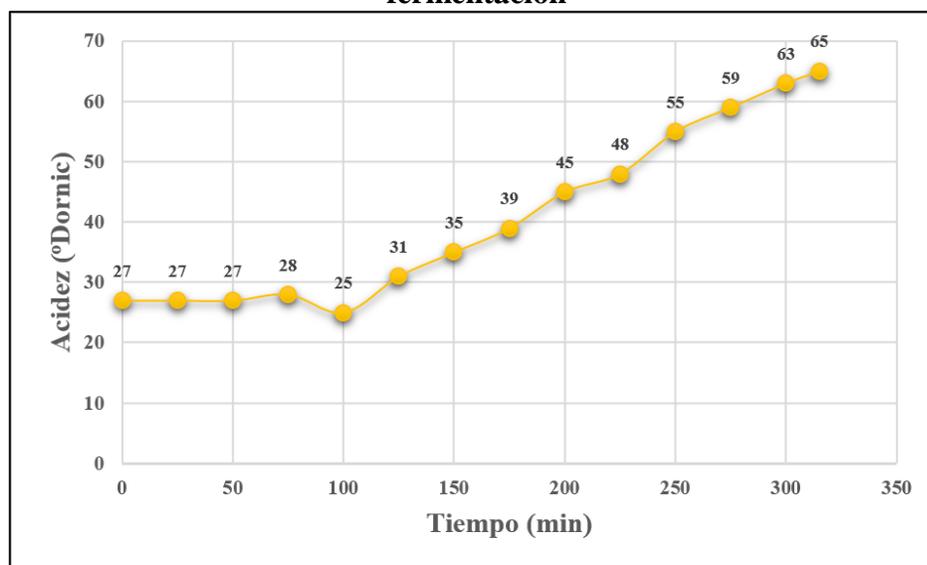
**Tabla 4.41**  
**Variación de la acidez del yogurt Griego fortificado con colágeno en la etapa de fermentación**

<b>Medición de acidez para la curva de fermentación</b>						
<b>Parámetro</b>	<b>Nº</b>	<b>Hora</b>	<b>Cantidad de muestra</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Resultado</b>	<b>Unidad de medida</b>
<b>Acidez (°Dornic)</b>	1	00:00	9	ml	<b>27</b>	°Dornic
	2	00:25	9	ml	<b>27</b>	°Dornic
	3	00:50	9	ml	<b>27</b>	°Dornic
	4	01:15	9	ml	<b>28</b>	°Dornic
	5	01:40	9	ml	<b>25</b>	°Dornic
	6	02:05	9	ml	<b>31</b>	°Dornic
	7	02:30	9	ml	<b>35</b>	°Dornic
	8	02:55	9	ml	<b>39</b>	°Dornic
	9	03:20	9	ml	<b>45</b>	°Dornic
	10	03:45	9	ml	<b>48</b>	°Dornic
	11	04:10	9	ml	<b>55</b>	°Dornic
	12	04:35	9	ml	<b>59</b>	°Dornic
	13	05:00	9	ml	<b>63</b>	°Dornic
	14	05:15	9	ml	<b>65</b>	°Dornic

**Fuente:** Elaboración Propia

La figura 4.30, detalla de forma gráfica, los valores obtenidos de acidez (tabla 4.41) realizados cada 25 minutos durante la etapa de fermentación del yogurt griego fortificado con colágeno, con la finalidad de determinar el tiempo de corte del yogurt a una acidez de 65 °Dornic.

**Figura 4.30**  
**Variación de la acidez del yogurt Griego fortificado con colágeno en la etapa de fermentación**



**Fuente:** Elaboración propia

Como se puede observar en la figura 4.30, la muestra analizada en los primeros 100 minutos no hay una variación considerable de la acidez del yogurt Griego pero en los siguientes 215 minutos aumenta de manera uniforme hasta alcanzar una acidez de 65 °Dornic en un tiempo final de 5 horas y 15 minutos de fermentación. es decir, a medida que pasa el tiempo aumenta su acidez.

#### **4.10 CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO TERMINADO DEL YOGURT GRIEGO FORTIFICADO CON COLÁGENO**

Para la caracterización del producto terminado, se tomó en cuenta los siguientes aspectos:

##### **4.10.1 Análisis fisicoquímico del producto terminado**

La tabla 4.42, muestra los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico realizado al yogurt griego fortificado con colágeno (Anexo A), llevados a cabo en el Centro de Análisis de Investigación y Desarrollo (CEANID).

**Tabla 4.42**  
**Resultados del análisis fisicoquímico del producto terminado**

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Resultado</b>
Cenizas	%	0,66
Fibra	%	0,00
Materia grasa	%	6,96
Hidratos de carbono	%	16,30
Humedad	%	67,13
Proteína total	%	8,95
Valor energético	Kcal/100 g	163,64

**Fuente:** CEANID, 2018

La tabla 4.42, indica los resultados obtenidos de las propiedades fisicoquímicas de la leche, la cual tiene una composición de: cenizas 0,66 %, fibra n.d., materia grasa 6.96%, hidratos de carbono 16.30%, humedad 67.13%, proteína total 8.95% y valor energético 163.64 Kcal/100 g.

#### **4.10.2 Análisis microbiológico del producto terminado**

La tabla 4.43, muestra los resultados obtenidos del análisis microbiológico realizado al yogurt griego fortificado con colágeno (Anexo A), llevados a cabo en el Centro de Análisis de Investigación y Desarrollo (CEANID).

**Tabla 4.43**  
**Análisis microbiológico del producto terminado yogurt Griego fortificado con colágeno**

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Resultado</b>
Bacterias aerobias mesofilas	UFC/g	$2.1 \times 10^4$
Coliformes totales	UFC/g	$<1.10 \times 10^1 (*)$
Mohos y levaduras	UFC/g	$<1.10 \times 10^1 (*)$
(*) no se observa desarrollo de colonias		

**Fuente:** CEANID, 2018

#### 4.10.3 Control de pH Y acidez del yogurt Griego fortificado con colágeno durante el almacenamiento

Se procedió a realizar el control de pH y acidez del yogurt griego fortificado con colágeno durante su almacenamiento en condiciones de refrigeración (4 °C); con la finalidad de verificar si el producto mantiene las condiciones de pH y acidez (°Dornic) inicial. Así también sus características fisicoquímicas, como ser: color, aroma y sabor.

La tabla 4.44 muestra los valores de la variación de pH y acidez en función del tiempo de almacenamiento del yogurt griego fortificado con colágeno.

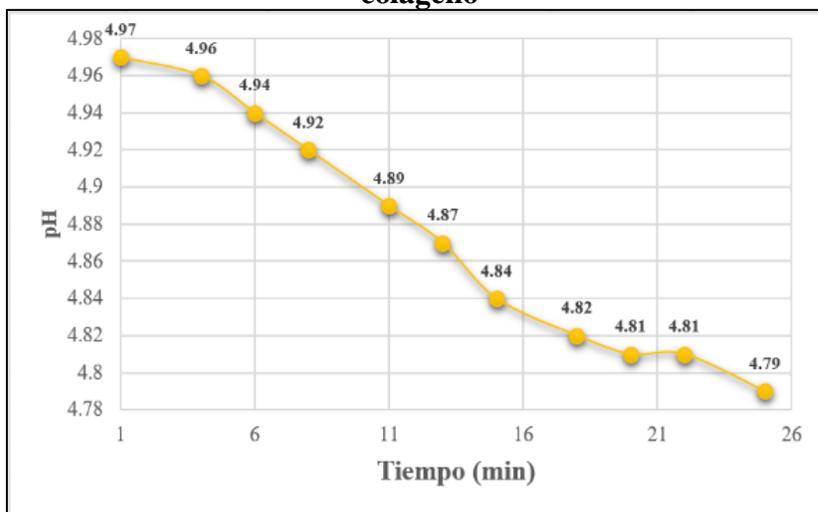
**Tabla 4.44**  
**Valores de pH y acidez del yogurt Griego fortificado con colágeno en la etapa de almacenamiento**

<b>Medición de acidez para la determinación de vida útil</b>						
<b>N°</b>	<b>Tiempo (días)</b>	<b>Fecha</b>	<b>Cantidad de muestra</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Resultado</b>	
					<b>°Dornic</b>	<b>pH</b>
1	<b>1</b>	06-07-18	9	ml	<b>72</b>	4.97
2	<b>4</b>	09-07-18	9	ml	<b>72</b>	4.96
3	<b>6</b>	11-07-18	9	ml	<b>73</b>	4.94
4	<b>8</b>	13-07-18	9	ml	<b>74</b>	4.92
5	<b>11</b>	16-07-18	9	ml	<b>76</b>	4.89
6	<b>13</b>	18-07-18	9	ml	<b>77</b>	4.87
7	<b>15</b>	20-07-18	9	ml	<b>78</b>	4.84
8	<b>18</b>	23-07-18	9	ml	<b>79</b>	4.82
9	<b>20</b>	25-07-18	9	ml	<b>79</b>	4.81
10	<b>22</b>	27-07-18	9	ml	<b>81</b>	4.81
11	<b>25</b>	30-07-18	9	ml	<b>84</b>	4.79

**Fuente:** Elaboración Propia

La figura 4.31, muestra los valores de pH en función del tiempo (días) de almacenamiento para el yogurt griego fortificado con colágeno.

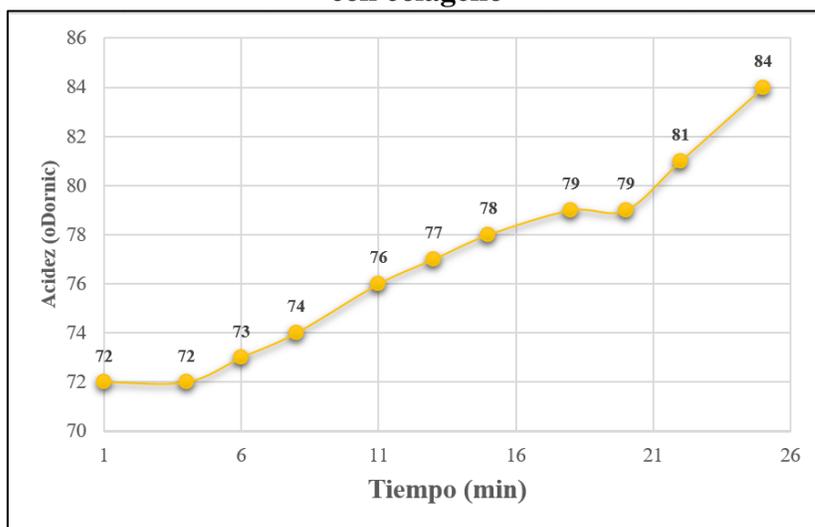
**Figura 4.31**  
**Control del pH en la etapa de almacenamiento del yogurt Griego fortificado con colágeno**



**Fuente:** Elaboración propia

La figura 4.32, muestra los valores de acidez en función del tiempo (días) de almacenamiento para el yogurt griego fortificado con colágeno.

**Figura 4.32**  
**Control de la acidez en la etapa de almacenamiento del yogurt Griego fortificado con colágeno**



**Fuente:** Elaboración propia

Como se puede observar en la figura 4.31, el valor del pH en el yogurt griego fortificado con colágeno durante el almacenamiento comienza a variar desde el 4<sup>to</sup> día (pH = 4,96) hasta el día 25 (pH = 4,79).

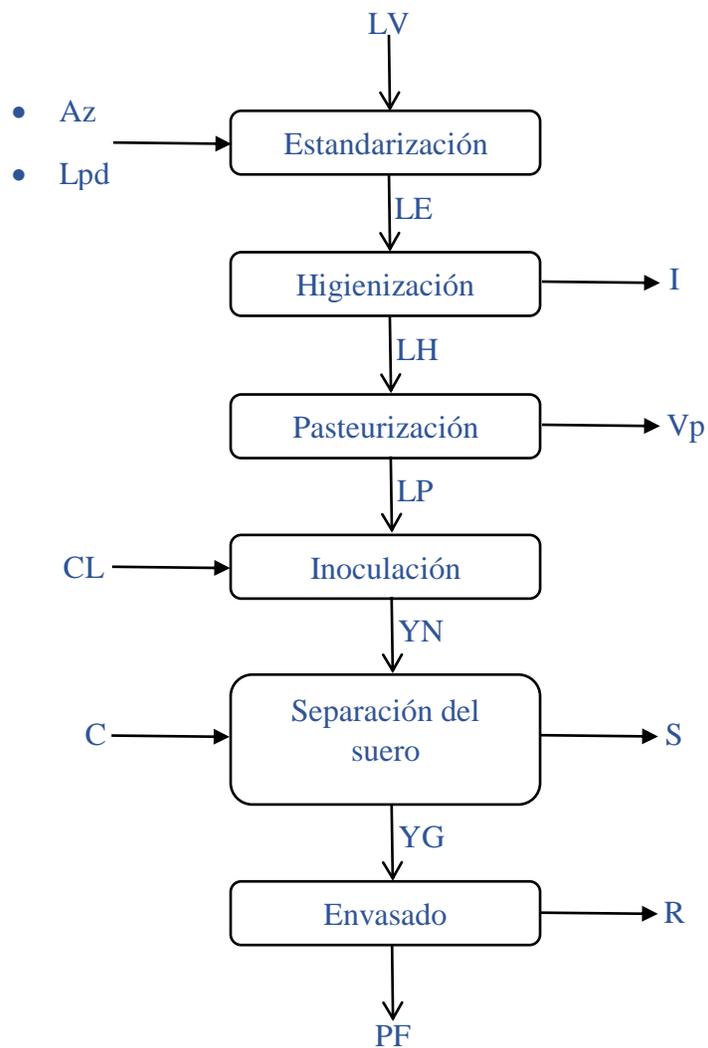
Así también en la figura 4.32, se puede observar que el valor de la acidez aumenta a partir del sexto día (73 °Dornic) hasta llegar al día 25 (84 °Dornic) durante el tiempo que se realizó el control.

En cuanto a las propiedades organolépticas del yogurt griego fortificado con colágeno se pudo observar que a partir del 10<sup>mo</sup> día se percibe un ligero cambio en la acidez y a partir de las dos semanas un ligero cambio de aroma.

#### **4.11 BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN DEL YOGURT GRIEGO FORTIFICADO CON COLÁGENO**

El balance de materia se realizó tomando en cuenta el diagrama de bloques para el proceso de elaboración del yogurt Griego fortificado con colágeno presentado en la figura 4.33, en una base de cálculo de 1.7 litros de leche de vaca.

**Figura 4.33**  
**Proceso de elaboración del yogurt Griego fortificado con colágeno**



**Fuente:** Elaboración Propia

**Donde:**

LV = Leche de Vaca Cruda (g)

Az = Azúcar (g)

Lpd = Leche en polvo (g)

LE = Leche Estandarizada (g)

I = Impurezas (g)

LH = Leche Higienizada (g)

LP = Leche pasteurizada (g)

Vp = Agua evaporada (g)

CL = Cultivo Lácteo (g)

YN = Yogur Natural (g)

C = Colágeno

S = Suero (g)

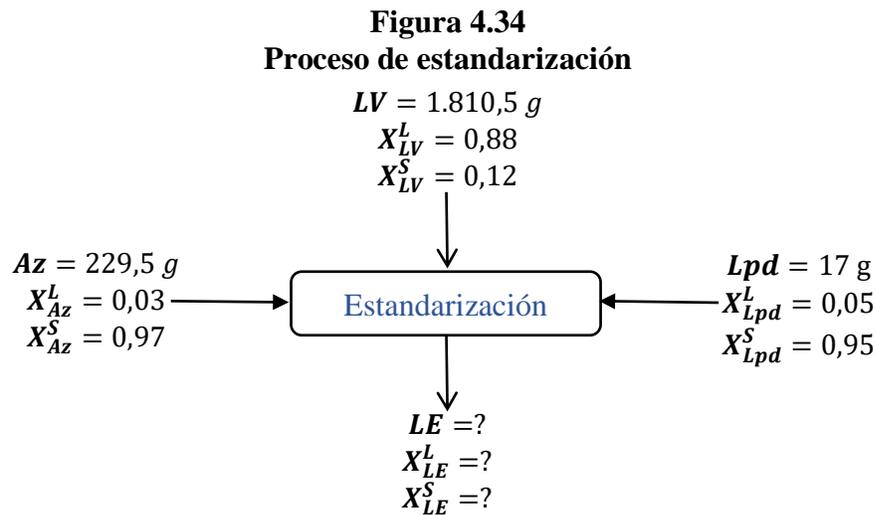
YG = Yogur Griego (g)

R = Residuos (%)

PF = Producto Final (g)

#### 4.11.1 Balance de materia en la etapa de estandarización

La figura 4.34, muestra la etapa de estandarización para la obtención de yogurt griego fortificado con colágeno y realizar el balance de materia.



**Donde:**

L = Agua

S = Sólidos

#### ➤ Balance general de materia en la etapa de estandarización

$$LV + Az + Lpd = LE$$

(Ecuación: 4.1)

$$LE = 1.810,5g + 229,5 g + 17 g$$

$$LE = 2.057 \text{ g de leche estandarizada}$$

➤ **Balance parcial de materia de sólidos en la etapa de estandarización**

$$LV * X_{LV}^S + AZ * X_{AZ}^S + Lpd * X_{Lpd}^S = LE * X_{LE}^S \quad (\text{Ecuación: 4.2})$$

$$X_{LE}^S = \frac{LV * X_{LV}^S + AZ * X_{AZ}^S + Lpd * X_{Lpd}^S}{LE} \quad (\text{Ecuación: 4.3})$$

$$X_{LE}^S = \frac{1.810,5 g * (0,12) + 229,5 g * (0,97) + 17 g * (0,95)}{2.057 g}$$

$$X_{LE}^S = 0,22 \text{ de sólidos en la etapa de estandarización}$$

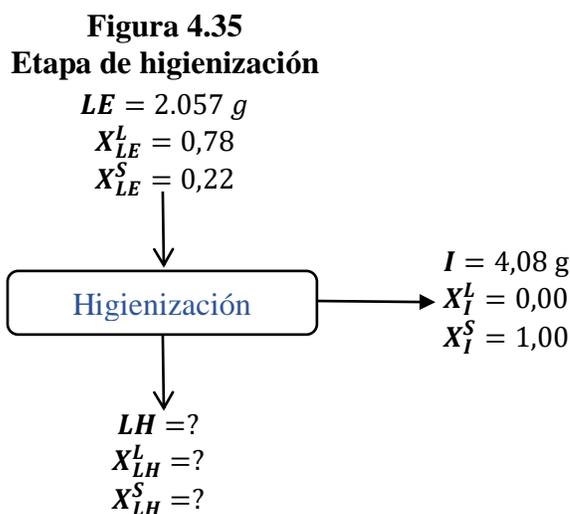
$$X_{LE}^L = 1 - X_{LE}^S \quad (\text{Ecuación: 4.4})$$

$$X_{LE}^L = 1 - 0,22$$

$$X_{LE}^L = 0,78 \text{ de humedad en la etapa de estandarización}$$

#### 4.11.2 Balance de materia en la etapa de higienización

La figura 4.35, muestra la etapa de higienización para la obtención de yogurt griego fortificado con colágeno y realizar el balance de materia.



➤ **Balance general de materia en la etapa de higienización**

$$LE = I + LH \quad (\text{Ecuación: 4.5})$$

$$LH = LE - I \quad (\text{Ecuación: 4.6})$$

$$LH = 2.057 \text{ g} - 4,08 \text{ g}$$

$$LH = 2.052,92 \text{ g de leche higienizada}$$

➤ **Balance parcial de materia líquida en la etapa de higienización**

$$LE * X_{LE}^L = I * X_I^L + LH * X_{LH}^L \quad (\text{Ecuación: 4.7})$$

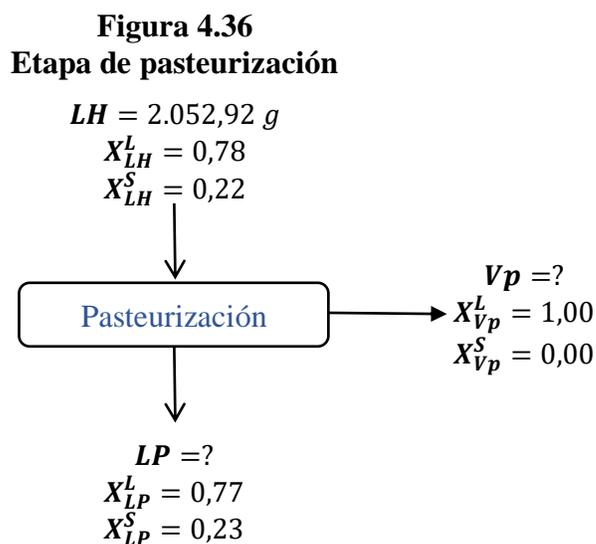
$$X_{LH}^L = \frac{LE * X_{LE}^L}{LH} \quad (\text{Ecuación: 4.8})$$

$$X_{LH}^L = \frac{2.057 \text{ g} * (0,78)}{2.052,92 \text{ g}}$$

$$X_{LH}^L = 0,78 \text{ de líquido en la etapa de higienización}$$

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

La figura 4.36, muestra la etapa de pasteurización para la obtención de yogurt griego fortificado con colágeno y realizar el balance de materia.



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

$$LH = Vp + LP \quad (\text{Ecuación: 4.9})$$

➤ **Balance parcial de materia de sólidos en la etapa de pasteurización**

$$LH * X_{LH}^S = Vp * X_{Vp}^S + LP * X_{LP}^S \quad (\text{Ecuación: 4.10})$$

$$LP = \frac{LH * X_{LH}^S}{X_{LP}^S} \quad (\text{Ecuación: 4.11})$$

$$LP = \frac{2.052,92 \text{ g} * (0,22)}{(0,23)}$$

$$LP = 1.963,66 \text{ g de leche pasteurizada}$$

Entonces:

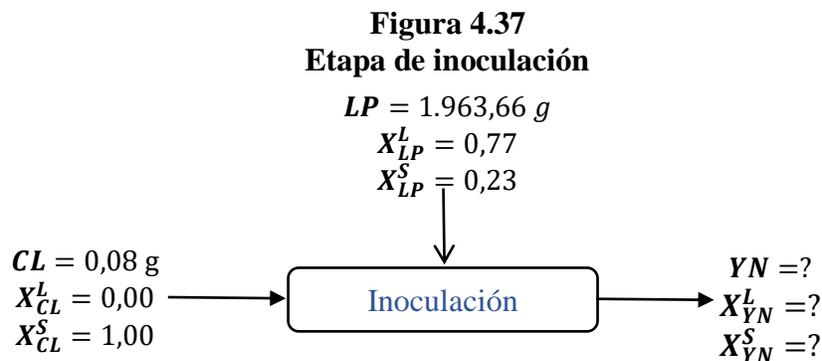
$$Vp = LH - LP \quad (\text{Ecuación: 4.12})$$

$$Vp = 2.052,92 \text{ g} - 1.963,66 \text{ g}$$

$$Vp = 89,26 \text{ g de vapor de agua}$$

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

La figura 4.37, muestra la etapa de inoculación para la obtención de yogurt griego fortificado con colágeno y realizar el balance de materia



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

$$LP + CL = YN \quad (\text{Ecuación: 4.13})$$

$$YN = 1.963,66 \text{ g} + 0,08 \text{ g}$$

$$YN = 1.963,74 \text{ g de yogur natural}$$

➤ **Balance parcial de materia de sólidos en la etapa de inoculación**

$$LP * X_{LP}^S + CL * X_{CL}^S = YN * X_{YN}^S \quad (\text{Ecuación: 4.14})$$

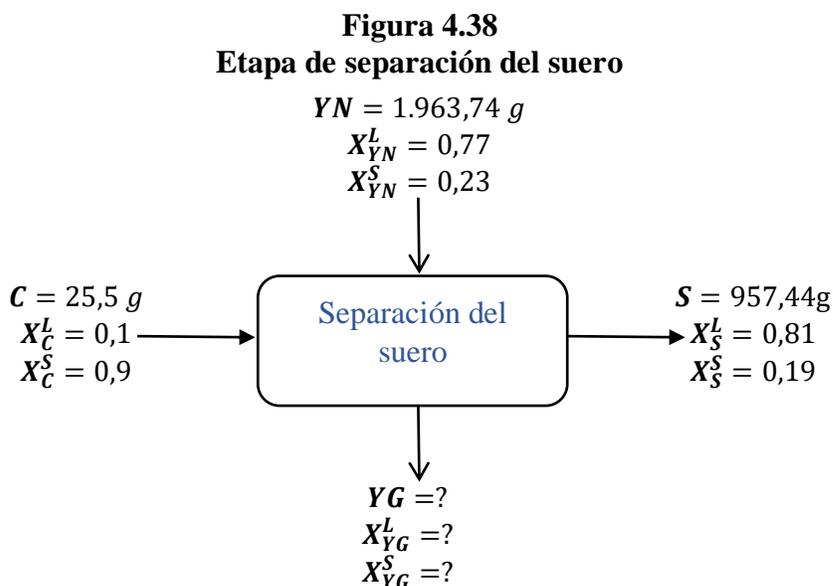
$$X_{YN}^S = \frac{LP * X_{LP}^S + CL * X_{CL}^S}{YN} \quad (\text{Ecuación: 4.15})$$

$$X_{YN}^S = \frac{1.963,66 \text{ g} * (0,23) + 0,08 \text{ g} * (1)}{1.963,74 \text{ g}}$$

$$X_{YN}^S = 0,23 \text{ de sólidos en la etapa de inoculación}$$

#### 4.11.5 Balance de materia en la etapa de separación del suero

En la figura 4.38, se muestra la etapa de separación del suero, para realizar el balance de materia.



➤ **Balance general de materia en la etapa de separación del suero**

$$YN + C = YG + S \quad (\text{Ecuación: 4.16})$$

$$YG = 1.963,74 \text{ g} + 25,5 \text{ g} - 957,44 \text{ g}$$

**$YG = 1031,8 \text{ g}$  de yogurt griego fortificado con colágeno**

➤ **Balance parcial de materia en sólidos en la etapa de separación del suero**

$$YN * X_{YN}^S + C * X_C^S = YG * X_{YG}^S + S * X_S^S \quad (\text{Ecuación: 4.17})$$

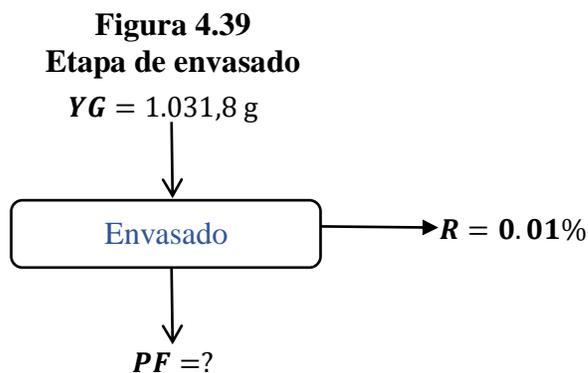
$$X_{YG}^S = \frac{YN * X_{YN}^S + C * X_C^S - S * X_S^S}{YG} \quad (\text{Ecuación: 4.18})$$

$$X_{YG}^S = \frac{(1.963,74 * 0,23) + (25,5 * 0,9) - (957,44 * 0,19)}{1.031,8 \text{ g}}$$

**$X_{YG}^S = 0,28$  de sólidos presentes en el producto final**

#### 4.11.6 Balance de materia en la etapa de envasado

En la figura 4.39, se muestra la etapa de envasado, para realizar el balance de materia.



➤ **Balance general de materia en la etapa de envasado**

$$R = YG * 0,01 \quad (\text{Ecuación: 4.19})$$

$$R = 1.031,8 \text{ g} * 0,01$$

**$R = 10,318 \text{ g}$  de residuo**

Entonces:

$$R + PF = YG \quad (\text{Ecuación: 4.20})$$

$$PF = YG - R \quad (\text{Ecuación: 4.21})$$

$$PF = 1.031,8 - 10,318$$

$$PF = 1.021,482 \text{ g de yogurt griego fortificado con colágeno}$$

#### 4.12 RENDIMIENTO DEL PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DEL YOGURT GRIEGO FORTIFICADO CON COLÁGENO

$$R = \frac{\text{Yogur fortificado}}{\text{Leche de vaca}} * 100\% \quad (\text{Ecuación: 4.22})$$

$$R = \frac{1.031,8 \text{ g}}{1.810,5 \text{ g}} * 100\%$$

$$R = 56,99 \%$$

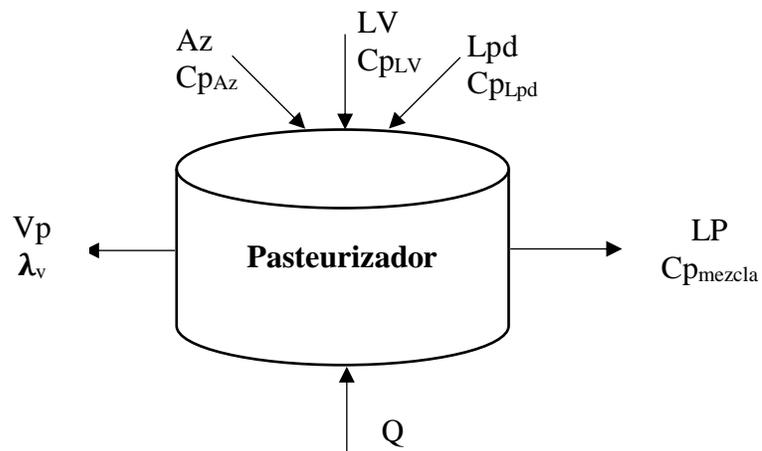
El rendimiento del proceso para la obtención del yogurt griego fortificado con colágeno es de 56,99 %.

#### 4.13 BALANCE DE ENERGÍA PARA EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE YOGURT GRIEGO FORTIFICADO CON COLÁGENO

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

#### 4.13.1 Balance de energía en el proceso de pasteurización

**Figura 4.40**  
**Balance de energía en la etapa de pasteurización**



**Donde:**

LV = Leche de vaca (1,8105 Kg)

Az = Azúcar (0,2295 Kg)

Ldp = Leche descremada en polvo (0,017 Kg)

Vp = Masa de Agua Evaporada (0,089 Kg)

Q = Cantidad de calor requerido (Kcal)

T<sub>i</sub> = Temperatura inicial (°C)

T<sub>f</sub> = Temperatura final (°C)

λ<sub>v</sub> = Calor latente de vaporización (537,5 Kcal/Kg)

Cp = Capacidad calorífica (Kcal/Kg °C)

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

$$Q = m * cp * \Delta T \quad (\text{Ecuación: 4.23})$$

$$Q_1 = Q_{olla} + Q_{LQc} + (m_v * \lambda_v) \quad (\text{Ecuación: 4.24})$$

Según (Torrejón, 2015), para calcular la capacidad calorífica ( $C_p$ ) se utiliza la siguiente ecuación:

$$C_p = \frac{P}{100} + 0,2 \left( \frac{100 - P}{100} \right) \left[ \frac{kcal}{kg \text{ } ^\circ C} \right] \quad (\text{Ecuación: 4.25})$$

Dónde: P = Contenido de agua en %

Para calcular la cantidad de energía necesaria para la olla, se utilizó la ecuación 4.23:

Donde  $c_{p_{olla}} = 0,122 \text{ Kcal/kg } ^\circ C$  (Kurt, 2007), reemplazando:

$$Q_{olla} = 1,095 \text{ kg} * 0,122 \frac{\text{Kcal}}{\text{kg } ^\circ C} * (85 - 15) ^\circ C$$

$$Q_{olla} = 9,351 \text{ Kcal requeridas para calentar la olla}$$

Según Lewis (1996), para calcular la capacidad calorífica ( $C_p$ ) de una mezcla se utiliza la siguiente ecuación:

$$C_{p_{mezcla}} = C_{p_{LV}} * X_{LV} + C_{p_{Az}} * X_{Az} + C_{p_{Lpd}} * X_{Lpd} \quad (\text{Ecuación: 4.26})$$

- Calculando el calor específico de la leche de vaca, reemplazando la ecuación 4,25:

P = 88,02 % (CEANID, 2018)

$$C_{p_{LV}} = \frac{88,02}{100} + 0,2 \left( \frac{100 - 88,02}{100} \right)$$

$$C_{p_{LV}} = 0,904 \frac{kcal}{kg \text{ } ^\circ C}$$

- Calculando el calor específico del azúcar, reemplazando la ecuación 4.25:

P = 3 % (Torrejón, 2015)

$$C_{p_{Az}} = \frac{3}{100} + 0,2 \left( \frac{100 - 3}{100} \right)$$

$$Cp_{Az} = 0,224 \frac{kcal}{kg \text{ } ^\circ C}$$

- Calculando el calor específico de la leche descremada en polvo, reemplazando la ecuación 4.25:

P = 10 % (PIL ANDINA, 2015)

$$Cp_{Lp} = \frac{10}{100} + 0,2 \left( \frac{100 - 10}{100} \right)$$

$$Cp_{Lp} = 0,280 \frac{kcal}{kg \text{ } ^\circ C}$$

Según Barderas (1994), para calcular las fracciones ( $X_n$ ) de cada componente de la mezcla, se utiliza la siguiente ecuación (4.27):

$$X_n = \frac{m_n}{m_{mezcla}} \quad (\text{Ecuación: 4.27})$$

Calculando las fracciones de cada componente, se tiene:

- Fracción de masa de la leche de vaca

$$X_{LV} = \frac{1.810,05 \text{ g}}{2.057 \text{ g}}$$

$$X_{LV} = 0,880$$

- Fracción de masa del azúcar

$$X_{LV} = \frac{229.5 \text{ g}}{2.057 \text{ g}}$$

$$X_{LV} = 0,112$$

- Fracción de masa de la leche de vaca

$$X_{LV} = \frac{17 \text{ g}}{2.057 \text{ g}}$$

$$X_{LV} = \mathbf{0,008}$$

Una vez calculados los calores específicos y fracciones de todos los componentes en la mezcla se pueden calcular el  $C_{p_{mezcla}}$  utilizando la ecuación 4.26, se tiene:

$$C_{p_{mezcla}} = 0,904 * 0,880 + 0,224 * 0,112 + 0,280 * 0,008$$

$$C_{p_{mezcla}} = 0,823 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg } ^\circ\text{C}}$$

Remplazando los valores encontrados en la ecuación 4.23, se tiene:

$$Q_{mezcla} = 2,057 \text{ Kg} * 0,823 \frac{\text{kcal}}{\text{kg } ^\circ\text{C}} * (89 - 21) ^\circ\text{C}$$

$$Q_{mezcla} = \mathbf{115.118 \text{ kcal}}$$

De acuerdo a la ecuación 4.28, se determinó la cantidad total de calor requerido para la pasteurización de la mezcla a 89 °C, utilizando las pérdidas de la leche por efecto de incrementar la temperatura (21 a 89 °C).

$$Q_2 = Q_{olla} + Q_{mezcla} + (m_v * \lambda_v) \quad (\text{Ecuación: 4.28})$$

$$Q_2 = 9,351 \text{ Kcal} + 115,118 \text{ kcal} + \left(0,089 \text{ Kg} * 537,500 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}\right)$$

$$Q_2 = \mathbf{175,5105 \text{ Kcal}}$$

La cantidad total de calor necesario para la pasteurización de la mezcla de (21 °C a 89 °C) es de **175,5105 Kcal**.

#### **4.13.2 Cantidad de energía eléctrica requerida para la etapa de fermentación**

Según (Barderas, 1994) calculamos la cantidad de energía requerida para calentar el agua (20 °C a 45 °C) en la etapa de fermentación.

$$E = P * t \quad (\text{Ecuación: 4.29})$$

$$E = 960 \text{ watts} * 5,20 \text{ h}$$

$$E = 4.992 \text{ watts} * h$$

$$E = 4.992 \text{ Kcal}$$

La energía requerida para la etapa de fermentación es de **4.992 Kcal**

**CAPÍTULO V**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 5.1 CONCLUSIONES

- De acuerdo al análisis fisicoquímico de la leche de vaca, se pudo constatar que tiene una composición de: ceniza de 0,63%, fibra n.d., materia grasa 3,6%, hidratos de carbono 4.46%, humedad 88.02%, proteína total 3,29%. Referente a los análisis microbiológicos, se tiene: bacterias aerobias mesófilas  $9.5 \times 10^6$  UFC/ml, Coliformes totales  $1.4 \times 10^4$  UFC/ml y mohos y levaduras  $1.0 \times 10^3$  UFC/ml.
- Para determinar la muestra patrón se presentó tres muestras que fueron evaluadas por 25 jueces, donde la muestra YGP1 es la que tiene mayor puntaje en los atributos: sabor (4.16), consistencia (3.8), apariencia (3.76) mientras que la muestra YGP2 tiene mayor puntaje en los atributos: aroma (3.96), color (3.84) y la muestra YGP3 tiene mayor puntaje en el atributo acidez (3.88).
- En la determinación de la muestra preliminar del “Yogurt griego fortificado con colágeno” para determinar la consistencia se presentaron tres muestras, donde se determinó que la muestra YGC2 es la que tiene mayor puntaje para el atributo consistencia (4.36).
- Se evaluó tres muestras de “Yogurt griego fortificado con colágeno” para determinar la etapa en la que se adicionaría el colágeno. Luego de realizar esta evaluación sensorial donde se determinó que cualquiera de las muestras puede ser considerada como muestra ganadora debido a que no existe evidencia significativa entre las muestras, para determinar la etapa de adición del colágeno (YGX1, en la etapa de estandarización; YGX2, en la etapa del atemperado; YGX3, en la etapa de separación del suero), y luego de comparar el contenido proteico de acuerdo a análisis fisicoquímicos realizados en el CEANID, (ANEXO A), se determinó que la etapa más adecuada para añadir el colágeno es la etapa de separación del suero debido a que no sufre bruscos cambios de temperatura (pasteurización), y permite que la disolución sea mucho más homogénea que en la etapa post- desuerado.

- La evaluación sensorial de las ocho muestras obtenidas del diseño factorial  $2^3$  del yogurt griego fortificado con colágeno para determinar las propiedades organolépticas, indica que la muestra YG4 es la que tiene mayor puntaje para los atributos: sabor (4.28), acidez (4.08) y apariencia (4.4); mientras que la muestra YG8 tiene mayor puntaje en cuanto los atributos: aroma (4.16) y consistencia (4.18); siendo la muestra YG1 en el atributo color (4.2) Así mismo realizado el análisis estadístico para los tratamientos no existe evidencia estadística significativa entre las muestras de mayor agrado (YG4, YG8)
- Para elegir la muestra final se evaluaron dos muestras con mayor puntaje obtenidas de la evaluación sensorial para determinar las propiedades organolépticas aplicando la dosificación planteada en el diseño factorial  $2^3$  donde luego de realizar los respectivos cálculos y análisis se determinó que se puede considerar ganadora cualquiera de las muestras ya que no existe evidencia significativa. Así mismo realizado el análisis estadístico para los tratamientos no existe evidencia estadística significativa: ya que  $F_{cal} < F_{tab}$ , para un nivel de significancia de 0,05.
- Se realizó una evaluación sensorial entre el producto final y la muestra patrón donde la muestra final YGF tiene mayor puntaje para los atributos: aroma (4.28), consistencia (4.36) y color (4.32) mientras que la muestra YGP tiene mayor puntaje en los atributos: sabor (4.32), acidez (4.36) y apariencia (4.36). Así mismo realizado el análisis estadístico para los tratamientos no existe evidencia estadística significativa: ya que  $F_{cal} < F_{tab}$ , por lo cual se acepta la hipótesis planteada para un nivel de significancia de 0,05. De esta manera se concluye, que el producto terminado tiene buena aceptación organoléptica en cuanto a sus atributos sensoriales evaluados por los jueces.
- En base al análisis estadístico realizado del diseño factorial  $2^3$  en la etapa de separación del suero se pudo observar que los factores: cantidad de leche descremada en polvo (A), colágeno (B), cantidad de suero extraído (C) y las

interacciones: (AB) leche descremada en polvo – colágeno, (AC) leche descremada en polvo – cantidad de suero extraído, (BC) colágeno – cantidad de suero extraído, (ABC) leche descremada en polvo – colágeno – cantidad de suero extraído, no son significativos en el proceso de separación de suero ya que  $F_{cal} < F_{tab}$ , para un nivel de significancia de 0,01. Entonces se puede decir que ningún factor tomado en cuenta incide directamente en la etapa de separación de suero del yogurt griego fortificado con colágeno.

- De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico del producto terminado, tiene una composición de: cenizas 0,66 %, fibra n.d., materia grasa 6.96%, hidratos de carbono 16.30 %, humedad 67.13 %, proteína total 8.95 % y valor energético 163.64 Kcal/100 g. Referente a los análisis microbiológicos, se tiene: bacterias aerobias mesófilas  $2.1 \times 10^4$  UFC/ml, Coliformes totales  $< 1.0 \times 10^1$  UFC/ml y mohos y levaduras  $< 1.0 \times 10^1$  UFC/ml.
- De acuerdo a los valores obtenidos de pH y acidez en la etapa de almacenamiento, se pudo comprobar que el pH del yogurt griego fortificado con colágeno comienza a variar desde el 4to día (pH = 4,96) hasta el 25to día (pH = 4,79), mientras que la acidez (°Dornic) aumentaba con el transcurso de los días de 72 °Dornic a 84 °Dornic en 25 días, notando acidificación en el sabor y aroma, mientras el color no cambia.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- Se sugiere la elaboración de productos (productos lácteos, bebidas nutricionales entre otros) con la adición de colágeno hidrolizado dado a que es un suplemento alimenticio que cumple funciones muy importantes en el cuerpo humano y así mismo permite mejorar la calidad de vida en cuanto problemas articulares además de contener alto valor proteico y no presenta contradicciones médicas.
- Promocionar el producto en el mercado local para conocer la aceptación del yogur griego fortificado con colágeno ya que no se encuentran productos con este suplemento en el mercado local e incluso nacional y cuenta con excelentes beneficios nutricionales por su alto valor proteico principalmente, el mismo puede ser consumido por personas adultas, con problemas articulares, deportistas y población en general.
- Estudiar mediante análisis fisicoquímicos y microbiológicos el efecto de la adición del colágeno en otros tipos de productos lácteos o jugos cítricos para comparar las propiedades fisicoquímicas y organolépticas.
- Por último, se sugiere investigar la utilidad beneficiosa para el suero que se extrae del yogurt para obtener el producto final, dado a que el suero es muy dulce y puede ser empleado para obtener un subproducto útil.