

CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

El yogur es un producto lácteo que se obtiene a partir de la fermentación de la leche por microorganismos específicos *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*, los cuales producen el aroma y textura a la bebida (Vicente y Ordoñez, 2001).

El principal ingrediente que requiere el yogur son bacterias benignas, las cuales se alojan dentro de la leche a una temperatura y condiciones ambientales controladas, las cuales varían dependiendo de la textura que se le quiera dar al yogur, ya sea firme, cremoso, pasteurizado, entre otros.

Según (Ojeda, 2010) el yogur es un derivado lácteo de gran aceptación debido a su carácter ácido, además de ser un producto con un alto índice nutricional con la peculiaridad de ser fácilmente digerido y de regenerar la flora bacteriana intestinal.

El yogur tiene una acción preventiva contra las infecciones gastrointestinales. El efecto beneficioso del yogur en el tratamiento de las diarreas infantiles ha sido claramente demostrado por numerosos investigadores. Además del ácido láctico, las bacterias del yogur producen sustancias antimicrobianas y probióticas (M. Mahaut, 2004).

La presencia de bacterias lácticas viables en el yogur permite una mejor asimilación de la lactosa a las personas que son deficitarias en lactasa (M. Mahaut, 2004).

Es por esto que se busca introducir al mercado local yogur fortificado con leche de quinua, que tenga características nutritivas que sea capaz de ofrecer una alternativa alimentaria de excelente calidad y económicamente accesible para el consumidor.

La quinua es un pseudo-cereal por no pertenecer a la familia de las gramíneas y ser una planta de hoja ancha, pero debido a su alto contenido de almidón y el uso similar que se le da, se parece a un cereal, también contiene sustancias antinutricionales que no permiten al organismo humano asimilar ciertos minerales. El grano de quinua se utiliza esencialmente como alimento humano y en menor medida para fines medicinales.

Como subproducto del cultivo de la quinua está el forraje para el ganado y leña. Su diversidad de formas de utilización puede ser tradicional, no tradicional e industrial (Chichester 1982).

En 1996 la quinua fue catalogada por la FAO (2004), como uno de los cultivos promisorios de la humanidad, no sólo por sus grandes propiedades benéficas y por sus múltiples usos, sino también por considerarla como una alternativa para solucionar los graves problemas de desnutrición humana, por tener en su composición una alta cantidad de proteínas, aminoácidos, grasas, carbohidratos, minerales y vitaminas especialmente calcio, fosforo, hierro y vitamina C.

Viendo las características fundamentales de estos dos alimentos mencionados anteriormente se ha decidido unir estos alimentos para elaborar el yogur fortificado con leche de quinua. Producto de excelente calidad nutricional capaz de ofrecer una alternativa alimentaria a toda una población empezando por los niños y las mujeres embarazadas, quienes necesitan gran cantidad de proteínas para el desarrollo de células cerebrales y crecimiento físico. Las personas alérgicas al gluten, también se incluyen en el grupo de aquéllas que buscan productos alternativos con el fin de proteger su salud y mantener una dieta adecuada (Vargas, 2002).

Los alimentos fortificados son productos suplementados en forma significativa en su contenido natural de nutrientes esenciales (proteínas, aminoácidos, vitaminas, minerales, ácidos grasos esenciales). Estos alimentos deben aportar entre el 20% y el 100% de los requerimientos diarios recomendados para adultos y niños mayores de 4 años y deben estar indicados en el rotulo del envase (Argenbio, 2007).

Los nutrientes incorporados deben:

- Ser estables en el alimento en las condiciones habituales de almacenamiento, distribución, expendio y consumo y presentar una adecuada biodisponibilidad.
- No presentar incompatibilidad con ninguno de los componentes del alimento ni con otro nutriente agregado.

- Estar presente en niveles tales que no ocasionen una ingesta excesiva por efecto acumulativo a partir de otras fuentes de la dieta.

1.2. JUSTIFICACIÓN

- Mejorar la calidad nutritiva del yogur mediante la fortificación con leche de quinua aprovechando sus propiedades nutricionales de la quinua de una manera diferente, ya que es una materia prima rica en proteínas, presenta mayor cantidad de aminoácidos esenciales en comparación con otros cereales, también contiene ácidos grasos esenciales como el ácido linoleico, omega 3 y omega 6 que ayudan a reducir el colesterol.
- Incentivar el desarrollo agroindustrial fomentando el cultivo de quinua en la zona alta del Departamento de Tarija.
- Introducir al mercado productos elaborados con quinua para mejorar la calidad de vida del consumidor.
- Persuadir al consumo de productos con altos niveles nutricionales, teniendo como fin la aportación de proteínas de gran calidad que son fundamentales para el cerebro, que ayuda el desarrollo de los bebés, niños de edad escolar, mujeres embarazadas y personas en general.

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Observando los diferentes productos a base de cereales que actualmente se ofrecen en el mercado, se identifica claramente que la existencia de productos a base de quinua es poco significativa.

Recientemente, se ha empezado a usar la quinua para la elaboración de productos nutricionales, fomentando su procesamiento y consumo en el mercado. Las empresas dedicadas a la producción de los derivados de este pseudo-cereal, hasta la fecha no han elaborado bebidas fermentadas a base de leche de quinua, por lo que, podría ser una alternativa viable para el consumidor.

1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Será posible elaborar yogur fortificado con leche de quinua, utilizando el proceso de fermentación láctica?

1.5. OBJETIVO GENERAL

Elaborar yogur fortificado con leche de quinua mediante fermentación láctica para introducir al mercado un producto alternativo con alto valor nutricional.

1.6. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinación de las características fisicoquímicas de la materia prima, para conocer sus propiedades nutricionales.
- Determinación de las características fisicoquímicas de la leche de quinua, para comprobar si existen pérdidas en su composición nutricional.
- Determinar la cantidad de leche de quinua a ser agregado en el proceso para obtener un producto con características sensoriales.
- Realizar la evaluación sensorial para determinar los atributos sensoriales y su aceptabilidad del yogur fortificado con leche de quinua.
- Realizar el diseño experimental en el proceso, para determinar las variables de control.
- Determinar la valoración nutricional del producto obtenido, para conocer su composición del yogur fortificado con leche de quinua.
- Determinar el tiempo de vida útil del yogur fortificado con leche de quinua, para su posterior almacenamiento
- Realizar el balance de materia y energía para obtener el rendimiento del producto.

1.7. HIPÓTESIS

La aplicación del proceso de fermentación láctica permitirá obtener un yogur fortificado con leche de quinua de elevado valor nutricional.

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1. ORIGEN DEL YOGUR

Las leches fermentadas se originan en oriente próximo, en los Balcanes y en los países del este Mediterráneo. En el siglo XIX se conocía muy poco de los fundamentos de las distintas fases de producción. Los primeros yogures fueron posiblemente de la fermentación espontánea, tal vez por la acción de bacterias de las bolsas de piel de cabra que eran usadas como recipientes de transporte (Early, 1998).

El yogur persistió por algunos años como alimento propio de algunos países del Asia Central, Sudeste Asiático y Europa Central los años 1900.

La fermentación es el proceso de inoculación de la leche con microorganismos que transforman la lactosa en ácido láctico (Early, 1998). Con el tiempo se perfeccionó la técnica de la fermentación y se multiplicaron la gran variedad de productos lácteos existentes.

2.1.1. DEFINICIÓN DE YOGUR

Es el producto coagulado obtenido por fermentación láctica de la leche o mezcla de esta con derivados lácteos, mediante la acción de bacterias lácticas *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*, pudiendo estar acompañadas de otras bacterias ácido lácticas que por su actividad le confieren las características al producto terminado; estas bacterias deben ser viables y activas desde su inicio y durante toda la vida útil del producto (INEN, 2009).

2.1.2. TIPOS DE YOGUR

Según Balcázar (2011), existen diferentes criterios en la clasificación del yogur, una de ellas es la siguiente:

Según el contenido graso:

- **Tipo I:** Elaborado con leche entera, integral o leche integral.
- **Tipo II:** Elaborado con leche semidescremada o semidesnatada.
- **Tipo III:** Elaborado con leche descremada o desnatada.

De acuerdo a los ingredientes utilizados:

- **Natural:** No contiene adición de fruta, azúcar o edulcorantes.
- **Con fruta:** En su preparación se le adiciona pulpa o zumo de fruta naturales.
- **Azucarado:** Se le adiciona azúcares comestibles como sacarosa o glucosa.
- **Edulcorado:** Contiene adición de edulcorantes, tales como sorbitol, sacarina.
- **Con otros ingredientes:** Se utiliza otros ingredientes como hortalizas, miel, chocolate, cacao, frutos secos, coco, café, cereales, especias, y otros ingredientes naturales.
- **Saborizado o aromatizado:** Se utilizan saborizantes o aromatizantes.

De acuerdo al proceso de elaboración:

- **Yogur batido:** Es el producto en el que la inoculación de la leche pasteurizada, se realiza en tanques de incubación produciéndose en ellos la coagulación, luego se bate y posteriormente se envasa.
- **Yogur coagulado o afluado:** Es el producto en que la leche pasteurizada, es envasada inmediatamente después de la inoculación produciéndose la coagulación en el envase.
- **Yogur bebible o fluido:** La incubación y el enfriamiento se realizan de igual forma que el yogur batido, pero antes del envasado es sometido a un proceso para romper el coágulo y obtener una forma líquida.
- **Yogur concentrado**
- **Yogur deslactosado**

2.1.3. VALOR NUTRICIONAL DEL YOGUR

Según Ortega (2010), tanto el yogur como la leche tienen proteínas, hidratos de carbono, grasa, vitaminas y minerales, sobre todo calcio. En cuanto a las vitaminas hidrosolubles, los niveles son comparables o superiores a los de la leche. Las vitaminas liposolubles (A, D, E y K), están presentes en el yogur en niveles dependientes del contenido en grasa.

La tabla 2.1, detalla el contenido nutricional de yogur por 100 g.

Tabla 2.1
Contenido nutricional del yogur

Aporte por ración	Valor
Energía [Kcal]	61,40
Proteína [g]	3,96
Hidratos carbono [g]	5,50
Grasa total [g]	2,60
Agua [g]	87,90
Minerales	
Calcio [mg]	142,00
Hierro [mg]	0,09
Magnesio [mg]	14,30
Zinc [mg]	0,59
Vitaminas	
Vit. B1 Tiamina [mg]	0,04
Vit. B2 Riboflavina [mg]	0,18
Eq. niacina [mg]	0,44
Vit. B6 Piridoxina [mg]	0,05
Vit. B12 Cianocobalamina [µg]	0,20
Vit. C Ac. ascórbico [mg]	0,70
Vit. A Eq. Retinol [µg]	9,80

Fuente: Dietas.net, 2014

2.1.4. FERMENTACIÓN

La fermentación es una de las biotecnologías aplicadas más antiguas, se ha utilizado para conservar alimentos durante más de seis mil años. Es una técnica de conservación de alimentos barata, fácil y adecuada donde otros métodos son inaccesibles, algunos productos que implican algún tipo de fermentación en su procesamiento son el pan, cerveza, vino, yogures, etc. (Gutiérrez, 2005).

La fermentación es un proceso metabólico en el que se produce diferentes cambios químicos en un sustrato orgánico (en este caso la leche), produciendo la descomposición de sustancias complejas en otras más simples como lo es la oxidación de carbohidratos, por la acción de catalizadores biológicos denominados enzimas que son producidas por diferentes especies de microorganismos vivos, el proceso además implica la generación de energía en forma de ATP (Gutiérrez, 2005).

La fermentación tiene por objeto modificar la composición fisicoquímica, los aspectos nutricionales y organolépticos. También mejora el contenido nutritivo de los alimentos por la biosíntesis de las vitaminas, aminoácidos esenciales, las proteínas y las fibras se vuelven más digeribles, la fermentación proporciona más micronutrientes y degrada factores antinutritivos, proporciona calorías al convertir sustratos inadecuados para el consumo humano en alimentos inocuos. Los métodos de fermentación mejoran la inocuidad de los alimentos al reducir los compuestos tóxicos como las aflatoxinas, los cianógenos y producir factores antimicrobianos como ácido láctico, bacteriocinas, bióxido de carbón, agua oxigenada y etanol, que facilitan la inhibición o eliminación de los patógenos de los alimentos (Gutiérrez, 2005).

La fermentación, además de sus virtudes nutritivas, de inocuidad y conservación, enriquece la dieta a través de la producción de una variedad de sabores, texturas y aromas. Prolonga la duración de los alimentos a la vez que reduce el consumo de energía necesario para prepararlos. La producción de alimentos fermentados también es importante para sumar valor a las materias primas agrícolas y así proporcionar ingresos y crear empleos (Gutiérrez, 2005).

2.1.5. TIPOS DE FERMENTACIÓN

Existen varios tipos de fermentación dependiendo del tipo de microorganismos que lleve a cabo este proceso y de los productos que se obtiene: Las más usadas son la fermentación láctica, alcohólica y otras que se producen de forma natural (Gutiérrez, 2005).

- **Fermentación láctica:** La fermentación ácido láctica es aquella que se lleva a cabo por las bacterias ácido lácticas, cuya actividad se desarrolla en ausencia de oxígeno y se manifiesta en la transformación de los azúcares presentes, en ácido láctico, etanol, dióxido de carbono y otros.

La fermentación ácido láctica es la responsable de productos lácteos acidificados como el yogur, quesos, cuajada, crema ácida, etc.

Durante la fermentación, la producción de ácido láctico se debe principalmente a *Streptococcus thermophilus* y el sabor característico del yogur es producido por *Lactobacillus bulgaricus*, ambos cultivos pueden producir polímeros extracelulares que contribuyen a la viscosidad del yogur.

El ácido láctico es un compuesto incoloro de fórmula $\text{CH}_3\text{CHOHCOOH}$. Se da bajo, formas ópticamente activas, dextrógiras y levógiras, frecuentemente denominadas ácido D-Láctico y ácido L-Láctico. En su estado natural es una mezcla ópticamente inactiva compuesta por partes iguales donde ambas formas D y L, conocida como mezcla racémica.

El ácido láctico es un líquido viscoso y no volátil, su masa molecular es de 90,08 y tiene excelentes propiedades conservantes (Gutiérrez, 2005).

2.1.6. NUTRIENTES PARA LAS BACTERIAS LÁCTICAS

Según Gutiérrez (2005), las bacterias lácticas, durante el proceso de fermentación, requiere, de ciertos nutrientes para desarrollar sus funciones, los más importantes son:

- Los carbohidratos; quienes, proporcionan energía para que los microorganismos puedan desarrollar sus actividades.

- Los requerimientos de aminoácidos para las bacterias lácticas durante la fermentación son satisfechos por ellas mismas, quienes al hidrolizar las proteínas del medio pueden proporcionarse todos los aminoácidos necesarios.
- También las bacterias necesitan de vitaminas y minerales.

2.1.7. DEFECTOS DEL SABOR

Según (Black, 1990), señala que los defectos del sabor del yogur son corrientes, de la misma manera que lo son para cualquier producto lácteo.

La falla más corriente puede ser la ausencia del sabor y aromas típicos. Dando por supuesto que el cultivo madre contenga el equilibrio deseado de cocos y bacilos, la formación insuficiente del sabor en el producto final suele ser resultado de la producción inadecuada de ácido. La formación óptima del sabor no se alcanza si no hasta que la acidez llegue alrededor de 0.85 %, pero la maduración por encima del 0.95 % da un producto demasiado ácido. Los compuestos aromáticos se forman en una escala considerablemente amplia de acidez. La ausencia del sabor y aroma típicos del yogur puede ser también resultado del empleo de cepas de *Lactobacillus bulgaricus* que produzcan cantidades excesivamente pequeñas de sustancias aromáticas y de sabor (Black, 1990).

Los sabores poco puros y los amargos del yogur son resultado, a veces, de haber utilizado leche de poca calidad o un iniciador contaminado. Ciertas cepas de *Lactobacillus bulgaricus* puede dar sabor amargo (Cotecsu, 1984).

Según (Cabrera, 2001) el sabor es el factor más importante de la calidad desde el punto de vista de la aceptación del consumidor. Los defectos causados por el material saborizante pueden considerarse como:

- **Mucho sabor**, debido a dosis excesiva de material saborizante o al empleo de aromas de poca calidad. En ambos casos puede impartir el yogur un gusto picante o amargo.

- **Poco sabor**, debido a la falta de material saborizante o alguna sustancia que interfiere el sabor.
- **Sabor áspero (agrio)**, defecto debido al empleo de sustancias aromatizantes de poca calidad, aunque puede ser debido en algunos casos a exceso de sabor y a la fracción terpénica de algunos aromas.
- **Sabor no natural**, cuando el sabor no es característico del tipo de yogur, puede ser debido al empleo de algunos aromas sintéticos, como el de vainilla o a imitaciones poco perfectas.

2.1.8. DEFECTOS DE LA TEXTURA

La textura se refiere al grano o a la más fina estructura del producto y depende del tamaño, forma y disposición de las pequeñas partículas. La textura ideal debe ser suave y las partículas sólidas lo suficientemente pequeñas para no ser detectadas en la boca, mientras que la textura mantecosa se manifiesta por grumos de grasa en el paladar y los dientes después de haber consumido los productos lácteos. Este defecto es debido al exceso de materia grasa por una incorrecta homogeneización, especialmente por falta de agitación durante la adición, poco contenido de suero o una acidez alta. La textura arenosa la causa la cristalización de la lactosa defecto que puede controlarse reduciendo los sólidos de suero, constituyendo parte del azúcar por dextrosa, manteniendo temperaturas de almacenaje bajas y uniformes, y controlando la acidez (Cabrera, 2001).

2.1.9. BENEFICIOS DEL CONSUMO DEL YOGUR

Los beneficios del yogur son muchos por lo que consumirlo tres o cuatro veces por semana resulta beneficioso para el organismo (Miranda, 2008).

- **Evita la diarrea**

Se estima que al año existen más de 800 millones de personas de todo el mundo con diarrea debido a una mala higiene, alimentos mal elaborados, entre otras causas. Este malestar hace que muchos acudan al pediatra, sean hospitalizados y en algunos casos ha causado la muerte por ser muy severa y no ser tratada a tiempo. Otras

investigaciones han demostrado que algunas de las bacterias presentes en el yogur tienen la capacidad de reducir el riesgo de padecer diarrea.

- **Ayuda a regular la microflora intestinal**

Las bacterias saludables del yogur ayudan al proceso correcto de la digestión, a la absorción de ciertos alimentos, a estimular el sistema inmune y ayuda especialmente a combatir la proliferación de bacterias patógenas. La microflora intestinal en algunas ocasiones se ve alterada por diversos factores como cambios en la dieta, estrés, consumo de alcohol y tratamientos con antibióticos.

- **Disminuye el colesterol**

El consumo de yogur no sólo ayuda a mejorar los males digestivos, también logra mantener el colesterol en buenas condiciones. Un estudio realizado por la Asociación América del Corazón ha comprobado que consumir dos dosis de este lácteo todos los días por las mañanas, disminuye el colesterol en la sangre.

- **Protege el organismo**

Entre las enfermedades digestivas más frecuentes en la población se encuentra la úlcera y gastritis. Este tipo de afección se encuentra relacionada a la presencia de una bacteria llamada *Helicobacter pylori* que hace que el organismo no trabaje correctamente. Pero con los lactobacilos del yogur es posible proteger la mucosa gástrica, así que lo ideal es tomar una taza de este lácteo por día para aliviar los síntomas.

- **Previene el cáncer**

Los beneficios del yogur presentes en las leches fermentadas tienen la capacidad de disminuir el riesgo de padecer varios tipos de cáncer. La regulación de la flora intestinal promovida por estos microorganismos saludables y el estímulo que ejecuta sobre el sistema inmunitario son los mecanismos que logran el efecto antitumoral. Además, los probióticos ayudan a reducir el riesgo de sufrir de cáncer de seno, de vejiga y de colón por esta razón se debe incorporar a la dieta todas las mañanas.

- **Combate el sobrepeso y obesidad**

Gracias a las propiedades del yogur se puede bajar de peso saludablemente. El reemplazo de ciertos alimentos por este lácteo ayuda a combatir la obesidad y a reducir esos kilos demás, sus ingredientes hacen que una persona se sienta llena por lo que el apetito disminuye. Además, el calcio presente en el producto se disuelve en el ácido láctico haciéndolo más absorbible para el aparato digestivo y para su fácil paso posterior por todo el organismo.

- **Disminuye el riesgo de diabetes**

Gracias a las propiedades y beneficios del yogur es posible combatir el riesgo de sufrir de diabetes tipo 2. El consumo habitual de este lácteo resulta un excelente método para combatir esta enfermedad, un proceso que se encuentra asociado con la obesidad y el síndrome metabólico. Se ha comprobado que ingerir 28 gramos de yogur natural al día puede reducir un 18% el riesgo de desarrollar este proceso metabólico crónico.

2.2. 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 (Sazawal, 2013).

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.

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 (Fischer, Kordas, Stoltzfus y Black, 2005).

2.3. LECHE

De acuerdo a la norma general del CODEX ALIMENTARIUS para el uso de términos, 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.

2.3.1. VARIETADES DE LA LECHE

Según (Sevilla, 2000) la leche se clasifica en:

- **Leche fluida o entera.** - Se entiende con este nombre a la leche a granel higienizada, enfriada, y sometida a 5° C, sometida opcionalmente a terminación y/o estandarización de materia grasa, la cual tiene que estar en un porcentaje de 3 % de materia grasa.
- **Leches modificadas (descremadas – comerciales).** - Se pueden producir leches descremadas con tenor graso máximo de 0.30 % y semidescremada cuando sea mayor a 0.30 % y menor al 3.0 %.

La leche parcialmente descremada, que promedia el 1.5 % de grasa, aporta lo mismo que la leche entera, excepto por esta diferencia de contenido graso y por ende de menor cantidad de calorías.

- **Leche en polvo.** - Hay enteras, semidescremada y descremadas. A través de procesos técnicos el líquido se deshidrata y reduce a polvo. Para este proceso, la leche es introducida a gran presión en cámaras calientes que la deshidrata. Así se forma una nube de pequeñas gotas de leche que se deshidratan instantáneamente y que se ha denominado sistema spray.
- **Leche condensada.** - Esta variedad del producto es utilizado generalmente para repostería y no para la dieta diaria, dado su alto contenido de grasa y bajo contenido de agua. La leche condensada se obtiene a partir de la leche fluida la que se le adiciona sacarosa y glucosa. Su concentración se logra al vacío y con

temperaturas no muy altas. De esta forma se logra la evaporación del agua quedando como resultado un producto viscoso.

Esta variedad del producto tiene un mínimo de 7.0 % de grasa y no más de 30 % de agua.

- **Leche cruda.** - Es la leche entera que no ha sido sometida a la acción del calor.
- **Leche estandarizada.** - Es aquella leche entera cuyo porcentaje de materia grasa ha sido alterado, pudiendo ser mayor o menor que el que se tenía originalmente. El contenido de grasa debe ser ajustado como mínimo a 3.0 %.
- **Leche semidescremada.** - Es la leche que contiene el 1.5% de grasa, la separación se consigue por centrifugación.
- **Leche descremada.** - Es aquella que contiene menos del 0.5 % de grasa. La leche descremada también es conocida con el nombre de suero de leche.
- **Leche baja en grasa.** - Es toda aquella que tiene 0.50 a 2.0 % de grasa.
- **Leche reconstituida.** - Es el producto que resulta de mezclar leche entera en polvo con agua potable o leche descremada en polvo con grasa de leche y con agua potable, en tal proporción que semeje con la composición normal de la leche
- **Leche recombinada.** - Es el producto que resulta de la mezcla de leche reconstituida con leche entera.
- **Leche compuesta o aromática.** - Es aquella que se le ha agregado algún producto para darle un sabor determinado, a la leche compuesta, normalmente se la conoce como leche con sabores.
- **Leche modificada.** -Es el producto obtenido por sustitución o adición de sustancias con el objeto de alcanzar una composición adecuada a los requisitos nutricionales de los lactantes y niños de corta edad.
- **Leche enriquecida.** - Es aquella de la adición de una o varias de las siguientes sustancias nutritivas naturales de la leche: vitaminas, minerales, aminoácidos y proteínas.

- **Leche acidificada.** - Es aquélla que resulta de la adición de un producto acidificante, de un proceso de acidificación por medio de cultivos lácticos o fermentación llevada a cabo por los microorganismos que normalmente contiene la leche.
- **Leche adulterada.** - Es aquélla a la que se ha añadido algo o sustraído, alguno de sus elementos. También se conoce como leche adulterada que contiene sustancias dañinas o tóxicas en cantidades que puedan afectar la salud del consumidor.
- **Leche pasteurizada.** - Es la que ha sido sometida a tratamientos específicos y por tiempos determinados para lograr la destrucción de todos los microorganismos patógenos, sin alterar en forma considerable su composición, sabor y valor alimenticio.
- **Leche homogenizada.** - Es aquélla que ha sido sometida a tratamientos térmicos – mecánicos para cambiar ciertas propiedades físicas y dividir el tamaño para prolongar la estabilidad de la emulsión.
- **Leche ultra pasteurizada.** - Es aquélla que ha sido sometida a temperaturas mayores de 138 °C.
- **Leche esterilizada.** - Es la que ha sido sometida a tratamientos térmicos específicos y por tiempos definidos para lograr la destrucción de todos los microorganismos, sin afectar de forma significativa su valor alimenticio.
- **Leche fresca concentrada.** - Es aquélla a la que se le han quitado dos terceras partes de contenido de agua y que generalmente posee cerca de 10.50 % de agua.
- **Leche evaporada.** - Es el producto de la leche entera o descremada mediante la extracción de agua, hasta dejarla en cerca de 74 %.

2.3.2. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LA LECHE DE VACA

La leche es una compleja mezcla de distintas sustancias, presentes en suspensión o emulsión y otras en forma de solución verdadera y presenta sustancias definidas: agua

grasa, proteína, lactosa, vitaminas, minerales; a las cuales se les denomina extracto seco o sólidos totales. Los sólidos totales varían por múltiples factores como lo son: la raza, el tipo de alimentación, el medio ambiente y el estado sanitario de la vaca entre otros (Agudelo, 2005).

Tabla 2.2
Composición fisicoquímica de la leche

Composición	%
Agua	88
Grasa	3.4
Proteínas	3.2
Lactosa	4.7
Minerales	0.72

Fuente: Agudelo, 2005

2.3.2.1. AGUA

El agua es la fase dispersante, en la cual los glóbulos grasos y demás componentes de mayor tamaño se encuentran emulsionados o suspendidos. Las sustancias proteicas se encuentran formando un coloide en estado de “sol” liófilo (caseína y globulina) o liófilo (albúmina), mientras que la lactosa y las sales se hallan en forma de solución verdadera. El peso específico de la leche oscila entre 1.027 y 1.035, con una media de 1.032. El punto de congelación se encuentra por término medio entre -0.54°C y -0.55°C (valores límites: -0.51°C y -0.59°C) en virtud de la lactosa y sales disueltas; la técnica de su determinación se llama crioscopia y ha sido también adoptada en el examen de la leche para determinar posibles adulteraciones por adición de agua. También puede influir sobre el punto de congelación de la leche la acidificación, en cuyo caso el punto crioscópico disminuye. El calentamiento de la leche origina la elevación del punto de congelación (Agudelo, 2005).

2.3.2.2. PROTEÍNAS

La proteína contenida en la leche es del 3,5% (variando desde el 2.9% al 3.9%). Esta proteína láctea es una mezcla de numerosas fracciones proteicas diferentes y de pesos moleculares distintos. Las proteínas se clasifican en dos grandes grupos: caseínas (80%) y proteínas séricas (20%) (Agudelo, 2005).

La caseína es la proteína más abundante, además de ser la más característica de la leche por no encontrarse en otros alimentos, existen tres tipos de caseínas (α , β y Kapa caseína), en la leche también se encuentra la albúmina y la globulina. El valor biológico de la caseína en la alimentación obedece a su contenido en aminoácidos esenciales que se separan de la parte acuosa por acción de enzimas como la renina o la quimiocina, que son las responsables de la precipitación de la proteína en la elaboración de quesos. El comportamiento de los diferentes tipos de caseína en la leche al ser tratada con calor, diferente pH (acidez) y diferentes concentraciones de sal, provee las características de los quesos, los productos de leche fermentada y las diferentes formas de leche (Agudelo, 2005).

La albúmina es la proteína de la leche, que sigue en cantidad a la caseína, con una cifra aproximada de 0.5%. Mientras que la caseína es relativamente estable a la acción del calor, las albúminas se desnaturalizan con facilidad al calentarlas. Por esta razón durante el proceso de calentamiento a altas temperaturas se destruye gran parte de la proteína sérica (Agudelo, 2005).

Las globulinas de la leche, son proteínas de alto peso molecular que se encuentran preformadas en la sangre (Agudelo, 2005).

2.3.2.3. COMPONENTE GRASO

La grasa láctea se sintetiza en su inmensa mayoría en las células secretoras de la glándula mamaria y constituye cerca del 3% de la leche; se encuentra en forma de partículas emulsionadas o suspendidas en pequeños glóbulos microscópicos, cuyos diámetros pueden variar de 0.1 a 0.22 micrones que se encuentran rodeados de una capa de fosfolípidos que evitan que la grasa se aglutine y pueda separarse de la parte

acuosa. La grasa de la leche puede sufrir alteraciones causadas por la acción de la luz, del oxígeno y enzimas (lipasas). Los procesos hidrolíticos oxidativos conducen a la formación de peróxidos, aldehídos, cetonas y ácidos grasos libres, originándose así alteraciones del sabor que se hace sebáceo o rancio. El contenido de grasa puede variar por factores como la raza y las prácticas de debidas a la alimentación, además, se mantiene constante en los diversos períodos de lactación, tan sólo en el calostro parece disminuir su porcentaje (Agudelo, 2005).

2.3.2.4. ELEMENTOS MINERALES

La leche de vaca contiene sodio, potasio, magnesio, calcio, manganeso, hierro, cobalto, cobre, fósforo, fluoruros, yoduros. Además, se reconoce la presencia de otros en cantidades vestigiales, como el aluminio, molibdeno y plata. Existe especial interés en la cantidad de cobalto ya que este elemento es imprescindible para la síntesis de vitamina B12, tan importante para los animales y el hombre. El cobre por su parte experimenta notables oscilaciones (entre 0 y 80 mg/l). Las alteraciones secretoras, las enfermedades del metabolismo y otros estados patológicos originan en su mayoría notables cambios en la concentración de los elementos minerales (Agudelo, 2005).

2.3.2.5. VITAMINAS

La leche contiene vitaminas como la A, D, E, K, B1, B2, B6, B12, C, carotenos, nicotinamida, biotina, ácido fólico, su concentración está sujeto a grandes oscilaciones (Agudelo, 2005).

Son variadas las influencias de la manipulación de la leche sobre su contenido vitamínico ya que en el simple almacenamiento se producen pérdidas de vitaminas, dependientes de la temperatura y de las radiaciones lumínicas (Agudelo, 2005).

2.3.2.6. ENZIMAS

Las enzimas contenidas en la leche se aprovechan para efectos de inspección y control, ya que muchas de ellas influyen en la calidad de la leche y en el origen de distintas

alteraciones. Las enzimas de la leche carecen de valor desde el punto de vista alimenticio, sobre todo para los organismos ya desarrollados (Agudelo, 2005).

Las enzimas lácteas tienen dos orígenes: las corporales y las enzimáticas.

Las primeras llegan directamente a la leche en la que se encuentran en forma libre-procedentes de la sangre, o bien de las células corporales. Pero también pueden llegar a la leche con las células. En ambos casos se trata de enzimas originadas en el organismo. Las segundas se originan en la leche misma, producto de la acción de los gérmenes. Existen dos grupos de enzimas: las hidrolasas cuyo mecanismo de acción se caracteriza por un desdoblamiento hidrolítico, a este grupo pertenecen entre otras, las esterasas, lipasas, carbohidrasas y proteasas. Entre las esterasas es importante la lipasa que actúa cuando la leche es depositada sin refrigeración, dándole un sabor rancio (Agudelo, 2005).

2.4. ORIGEN DE LA QUINUA

Históricamente la quinua se ha cultivado desde el norte de Colombia hasta el sur de Chile desde el nivel del mar hasta los 4.000 m, pero su mejor producción se consigue en el rango de 2.500-3.800 m. (Rojas, 2003).

Estudios indican que se hallaron semillas de quinua en las tumbas indígenas de Tarapaca, Calama, Tiltel y Quillagua, demostrando este hecho que su cultivo es de tiempo muy remoto. La quinua es uno de los cultivos más antiguos de la región andina, con aproximadamente 7000 años de cultivo, en cuya domesticación y conservación han participado grandes culturas como la Tiahuanacota y la Incaica (Bojanic, 2011).

2.4.1. TAXONOMÍA

La quinua se considera como un pseudocereal, es decir son plantas de hoja ancha en comparación de los cereales que tienen hoja delgada. La quinua es una planta herbácea anual que crece en climas fríos (Hidalgo, 2003).

La taxonomía de la quinua se detalla en la tabla 2.3:

Tabla 2.3
Clasificación taxonómica del grano
de quinua

Reino:	Vegetal
División:	Fanerógamas
Clase:	Dicotiledóneas
Subclase:	Angiospermas
Orden:	Centropermales
Familia:	Chenopodiaceae
Genero:	Chenopodium
Especie:	Chenopodium quinua Willdenow

Fuente: REVELO, A. 2011

2.4.2. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

La quinua (Figura 2.1), es una planta herbácea anual, de amplia dispersión geográfica, presenta características peculiares en su morfología, coloración y comportamiento en diferentes zonas agroecológicas donde se la cultiva, fue utilizada como alimento desde tiempos inmemoriales, se calcula que su domesticación ocurrió hace más de 7000 años antes de Cristo, presenta enorme variación y plasticidad para adaptarse a diferentes condiciones ambientales, se cultiva desde el nivel del mar hasta los 4000 msnm, desde zonas áridas, hasta zonas húmedas y tropicales, desde zonas frías hasta templadas y cálidas; muy tolerante a los factores abióticos adversos como son sequía, helada, salinidad de suelos y otros que afectan a las plantas cultivadas (Hidalgo. 2016).

Figura 2.1
Cosecha de quinua



Fuente: <http://site.adital.com.br/site/noticia>

Raíz: La raíz de quinua es del tipo pivotante, consta de una raíz principal de la cual salen un gran número de raíces laterales muy ramificadas. La longitud de las raíces es variable, de 0.8 a 1.5 m. Su desarrollo y crecimiento está determinado por el genotipo, tipo de suelos, nutrición y humedad entre otros factores (Hidalgo, 2016).

Figura 2.2
Raíz de la planta de quinua



Fuente: FAO, (Gómez 2016)

Tallo: El tallo en la unión con el cuello de raíz es cilíndrico y a medida que se aleja del suelo se vuelve anguloso en las zonas de nacimiento de hojas y ramas. La corteza es firme y compacta formada por tejidos fuertes y lignificados. Cuando los tallos son jóvenes la médula es suave, cuando los tallos maduran la médula es esponjosa y seca y en la cosecha se cae y el tallo queda hueco o vacío (FAO,2016).

El color básico del tallo en la época de floración, puede ser verde, verde-amarillo, naranja, rosado, rojo y púrpura. En algunas variedades se puede apreciar la presencia de estrías con colores variables como el verde, amarillo, rosado y púrpura y en otras la presencia de axilas de color rosado, rojo y púrpura. Las combinaciones resultantes del color básico del tallo, el color de las estrías y el color de axilas puede ser empleado para identificar variedades. A la madurez el color del tallo, en general, se torna de un color crema o rosado con diferentes intensidades (FAO,2016).

De acuerdo al hábito de ramificación el tallo puede ser de: Hábito sencillo, con un solo tallo y una inflorescencia terminal definida. Este tipo de tallo; se encuentra predominantemente en variedades de los ecotipos del altiplano y los de los salares (FAO,2016).

Hábito ramificado con las variantes: a) las ramas laterales tienen casi la misma longitud que el tallo principal y todas terminan en panojas, y b) el tallo principal tiene mayor longitud que los tallos secundarios dando a la planta una forma cónica con la base bastante amplia. Este tipo de ramificación es más frecuente en los ecotipos de Valle. El hábito de ramificación depende del genotipo y está altamente influenciado por la densidad de siembra, nutrientes y otros factores. La cosecha mecánica puede dificultarse en las variedades ramificadas, debido a la longitud de las diversas ramificaciones con inflorescencia y al excesivo follaje. La altura de planta, desde la base del tallo al ápice de la inflorescencia, varía de 0.5 m a más de 3 m; depende de la variedad, de la densidad de siembra, de la nutrición y del medio ambiente. Generalmente las variedades de los ecotipos de valle son más altas que las del Altiplano(FAO,2016).

Figura 2.3
Tallo de la planta de quinua



Fuente: FAO, (Gómez 2016)

Hojas: Las hojas tienen dos partes diferenciadas: el peciolo y la lámina. El peciolo de las hojas es largo y acanalado, su longitud depende de su origen; son más largos los peciolos que se originan directamente del tallo y más cortos los que se originan en las ramas. El color del peciolo puede ser verde, rosado, rojo y púrpura. La lámina de la hoja tiene tres venas principales que se originan del peciolo. Las láminas son más grandes en el follaje y más pequeñas en la inflorescencia. Las láminas son polimórficas en la misma planta. Las láminas de la planta o el follaje pueden ser triangulares o romboidales y las de la inflorescencia pueden ser triangulares o lanceoladas. Las hojas pueden tener márgenes enteros, dentados o aserrados. El número de dientes es variable, puede variar de 3 a 20. Las hojas y las partes tiernas de la planta están generalmente cubiertas con una pubescencia vesicular– granular blanca, rosada o púrpura. Esta pubescencia granular contiene oxalato de calcio capaz de absorber agua del medio ambiente e incrementar la humedad relativa de la atmósfera que rodea las hojas, influenciando el comportamiento de las células guarda de las estomas; por lo tanto en la transpiración. El color de la lámina predominantemente es verde; en algunas

variedades puede observarse hojas de color verde-púrpura. A la madurez las láminas se tornan amarillas, naranjas, rosadas, rojas o púrpuras (FAO,2016).

Figura 2.4
Hojas de la planta de quinua



A: Hoja follaje (lámina y peciolo). B: Vesículas púrpuras (ricas en oxalato de calcio) sobre hojas jóvenes. C: Color de hojas y N° de dientes. D: Hojas en inflorescencia y follaje.

Fuente: FAO, (Gómez ,2016)

Inflorescencia: Es una panoja con una longitud variable de 15 – 70 cm. Generalmente se encuentra en el ápice de la planta y en el ápice de las ramas. Tiene un eje principal, ejes secundarios y eje terciarios.

Considerando la forma y posición de los glomérulos (grupos de flores) se clasifican en amarantiformes, glomerulatas e intermedias.

En el grupo amarantiforme los glomérulos están directamente insertados en el eje secundario y los glomérulos tienen una forma casi rectangular, muy semejantes a dedos. En el tipo glomerulata los glomérulos están ubicados en el eje terciario que se origina del eje secundario y toman la apariencia redondeada como las cuentas de un rosario. En el tipo intermedio los glomérulos tienen una forma no definida (entre rectangulares o redondeados). La longitud de los ejes secundarios y terciarios determina si la inflorescencia puede ser laxa, intermedia o compacta; esta última característica está asociada al tamaño de los granos, siendo los más pequeños, los formados en panojas compactas (FAO,2016).

Figura 2.5
Inflorescencia de la planta de quinua



A: Inflorescencia Amarantiforme. B: Inflorescencia Glomerulata. C: Inflorescencia Glomerulata Laxa. D: Inflorescencia Amarantiforme Compacta.

Fuente: FAO, (Gómez 2016)

Flores: Las flores son sésiles o pediceladas y están agrupadas en glomérulos. La posición del glomérulo en la inflorescencia y la posición de las flores dentro del glomérulo, determinan el tamaño y el número de los granos o frutos.

Es una planta ginomonoica porque presenta dos tipos de flores en la misma planta; hermafroditas y pistiladas. Las flores hermafroditas se encuentran en el ápice del glomérulo y son más grandes que las pistiladas, con un diámetro de 3 a 5 mm; tienen cinco tépalos, cinco anteras y un ovario súpero con dos o tres ramificaciones estigmáticas. Las flores pistiladas se encuentran alrededor y debajo de las flores hermafroditas, están formadas de cinco tépalos, un ovario súpero y dos o tres ramificaciones estigmáticas y tienen un diámetro de 2 a 3 mm. La proporción de flores hermafroditas y pistiladas es variable; el rango encontrado varía de 2 a 98%; esta proporción es importante si el cultivo se siembra en forma aislada, ya que influye en la cantidad de frutos formados. Además de ello, algunas variedades de quinua tienen esterilidad masculina. La quinua se considera autógama con un porcentaje de cruzamiento de 17%, aproximadamente (FAO,2016).

Figura 2.6
Flores de la planta de quinua



Flores de la Quinua : Hermafroditas y pistiladas.

Fuente: FAO, (Gómez 2016)

Fruto: Es un aquenio de forma lenticular, elipsoidal, cónico o esferoidal, cubierto por el perigonio sepaloide o las envolturas florales que rodean el fruto y se desprenden con facilidad a la madurez; sin embargo, en algunos casos puede permanecer adherido al grano incluso después de la trilla dificultando la cosecha y el procesamiento industrial de los granos. El fruto está constituido del pericarpio (capa del fruto) y la semilla. El pericarpio está adherido a la capa de las semillas y el nivel de adherencia es variable, tiene alveolos en su superficie y la saponina que le da el sabor amargo al grano. El fruto puede alcanzar un diámetro de 1.5 a 3 mm (FAO,2016).

Figura 2.7
Fruto de la planta de quinua

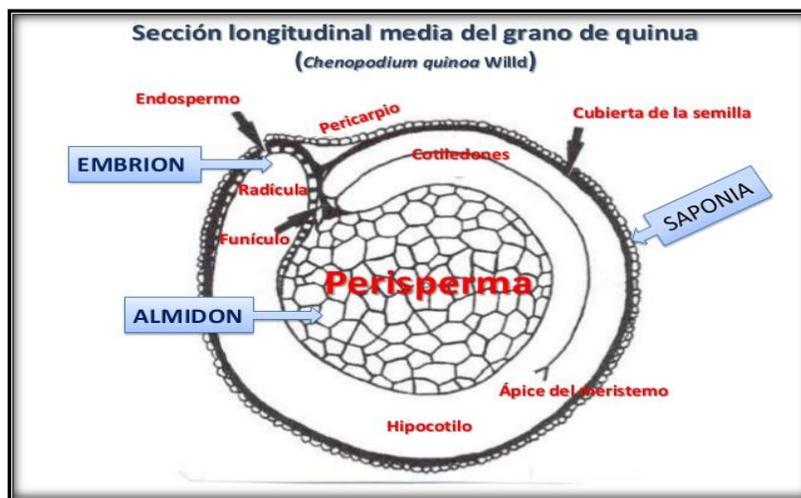


Fuente: FAO, (Gómez 2016)

Semilla: Constituye el fruto maduro sin el perigonio, es de forma lenticular, elipsoidal, cónica o esferoidal, presentando tres partes bien definidas que son:

- Episperma
- Embrión
- Perisperma

Figura 2.8
Esquema del grano de quinua



Fuente: FAO, (Gómez 2016)

- **Episperma:** en ella se ubica la saponina que le da el sabor amargo al grano y cuya adherencia a la semilla es variable con los genotipos (FAO,2016).

- **Embrión:** está formado por dos cotiledones y la radícula y constituye el 30% del volumen total, de la semilla, el cual envuelve al perisperma como un anillo, con una curvatura de 320°, es de color amarillo, mide 3,54 mm. De longitud y 0,36 mm. De ancho, en algunos casos alcanza una longitud de 8,2 mm. Y ocupa 34% de toda la semilla y con cierta frecuencia se encuentran tres cotiledones. En forma excepcional a otras semillas, en ella se encuentra la mayor cantidad de proteína, que alcanza del 35 al 40%, mientras que en el perisperma sólo del 6,3 al 8,3% de la proteína total del grano (FAO,2016).

- **Perisperma:** es el principal tejido de almacenamiento y está constituido principalmente por granos de almidón, es de color blanquecino y representa prácticamente el 60% de la superficie de la semilla (FAO,2016).

Periodo vegetativo: Su período vegetativo es entre 90 y 220 días, dependiendo de las variedades (FAO,2016).

Figura 2.9
Diversidad de colores de granos de quinua



Fuente: FAO, (Gómez 2016)

2.4.3. VALOR NUTRICIONAL DE LA QUINUA

En el campo de la nutrición la quinua tiene especial significado ya que tiene un aporte significativo de proteínas y calcio. Sabemos que el valor nutritivo está dado por el porcentaje de proteínas y por la utilidad que presta al organismo especialmente en la síntesis de tejidos nuevos. La quinua constituye uno de los principales componentes de la dieta alimentaria de la familia de los Andes, fue base nutricional en las principales culturas americanas (Ojeda, 2010).

La importancia de la quinua viene dada por su gran equilibrio entre proteínas, aceite, grasas insaturadas, almidón (por eso es utilizada como un cereal) y aminoácidos. También es muy rica en hidratos de carbono, minerales (hierro, calcio y fósforo), vitaminas, fibra. No contiene gluten por lo que es un alimento perfecto para personas que presentan intolerancia al gluten (celíacos). Entre los aminoácidos que contiene están la lisina, que es fundamental para el cerebro; la arginina e histidina, muy importantes para el desarrollo en los bebés; la metionina y la cistina. El aporte de proteínas es mucho mayor que en cualquier cereal, con un promedio del 16 al 23% en el grano (Ojeda, 2010).

La grasa que contiene es de un 4 a 9 %, siendo la mitad ácido linoleico, que es fundamental para nuestra dieta y ayuda a disminuir en la concentración de triglicéridos en la sangre, permite disminuir la presión arterial y promueve el decremento en la agregación plaquetaria (Arapa, 2007).

La tabla 2.4, muestra el contenido nutricional por 100 g que contiene la quinua:

Tabla 2.4
Valor nutricional de la quinua

Contenido	Promedio %
Humedad	16.65
Carbohidratos	59.74
Fibra	4.14
Grasa Total	5.01
Proteínas	13.81
Ceniza	3.36
Celulosa	4.38

Fuente: Arapa, R. (2011)

La quinua constituye una fuente natural de proteína vegetal de alto valor nutritivo, ya que presenta una mayor proporción de aminoácidos esenciales, que otros cereales.

Así, la lisina, uno de los aminoácidos esenciales más escasos en los alimentos de origen vegetal, está presente en la quinua en proporciones que prácticamente duplican las existentes en otros cereales (Ojeda, 2010).

Tabla 2.5
Comparación del contenido de aminoácidos (mg/100g)

AMINOÁCIDOS	Quinua	Soya	Huevo
Isoleucina	432	340	682
Leucina	720	480	1068
Lisina	672	400	914
Metionina	240	80	390
Fenilalanina	492	310	664
Treonina	420	250	600
Triptófano	66	90	152
Valina	520	330	762
Acido Aspártico	876	1150	1256
Acido Glutámico	1428	1900	1632
Serina	444	520	930
Tirosina	336	200	510
Histidina	288	260	296
Arginina	841	115	750
Prolina	372	511	498
Alanina	564	420	696
Glicina	624	410	420

Fuente: ARAPA, P. (2007)

2.4.4. LA QUINUA Y LA BUENA SALUD

- No contiene gluten, es apta para celíacos y es una alternativa al trigo. Se compara a la espinaca.
- Tiene propiedades antiinflamatorias y cicatrizantes y actúa contra la falta de estrógenos en la mujer.
- Puede sustituir a cualquier grano en sopas, postres, ensaladas, pan, bebidas y galletas. Se emplea en dietas macrobióticas y vegetarianas.
- Debido a su alto contenido en fibra y su elevado aporte proteico en comparación con otros cereales, la quinua posee un bajo índice glucémico. Esto hace que sea muy recomendada para mujeres que quieren adelgazar comiendo sano o personas con diabetes. Por supuesto, su alto nivel de fibra también ayuda a mejorar el tránsito intestinal y previene el estreñimiento.
- Debido al alto contenido de almidón y fibra, la quinua permite reducir padecimientos como la gastritis y colitis. Se trata de un grano demulcente que protege las mucosas o piel interior de los órganos, así como lo hace en el caso de estómago irritado o inflamado.
- La quinua puede reducir la grasa corporal y además los niveles de colesterol en sangre, gracias a los oligoelementos y ácidos grasos insaturados.
- La infusión con las hojas de la quinua se usa como un laxante, por lo que ayuda a reducir padecimientos como el estreñimiento e inflamación abdominal, incluso es auxiliar en el tratamiento de padecimientos del hígado.

2.4.5. USOS DE LA QUINUA

La quinua tiene múltiples usos, pero esencialmente como alimento humano que es el consumo de su grano que llegan a tener contenidos nutricionales más altos que la mayoría de cereales, además se puede emplear casi todas sus partes (Ayala, 2012).

➤ Alimentación humana

La quinua es un alimento rico ya que posee los 10 aminoácidos esenciales para el ser humano, lo cual hace que la quinua sea un alimento muy completo y de fácil digestión. Tradicionalmente los granos de quinua se tuestan y con ellos se produce harina.

También pueden ser cocidos, añadidos a las sopas, usados como cereales, pastas e incluso se fermenta para obtener cerveza o chicha, bebida tradicional de los Andes. Cuando se cuece toma un sabor similar a la nuez (Ayala, 2012).

Las semillas (granos) se utilizan previa eliminación del contenido amargo (Saponina de la episperma) en forma de ensaladas, entradas, guisos, sopas, postres, bebidas, pan, galletas, tortas, pudiendo prepararse en más de 100 formas diferentes (Ayala, 2012).

La quinua molida se puede utilizar para la elaboración de distintos tipos de panes, tanto tradicionales como industriales, ya que permite mejorar características de la masa, haciéndolo más resistente, lo cual favorece una buena absorción de agua (Ayala, 2012).

➤ **Alimentación animal**

La planta completa al estado fresco hasta inicio de floración como forraje verde para los animales, pudiendo ensilar y elaborar pellets de la planta completa, las partes de la planta que quedan después de la cosecha, finamente picada o molida para elaborar concentrados y suplementos alimenticios (Ayala, 2012).

Los granos (semillas) hervidas para la crianza de pollos, patos, pavos y codornices; mientras que los granos germinados en el ganado lechero aumentan considerablemente la producción láctea (Ayala, 2012).

➤ **Control de plagas**

Las plantas amargas con alto contenido de saponina, de granos negros y colores oscuros no son atacados por los insectos y en la generalidad de los casos, las raíces actúan como plantas trampa de nematodos que atacan principalmente a los tubérculos (Papa, oca, olluco), por ello la costumbre de cosechar la quinua extrayendo la raíz y toda la planta para luego utilizar como combustible, tanto el tocón como la raíz donde van adheridos los nematodos formando nudosidades a manera de rosarios (Ayala, 2012).

Las cenizas de los tallos aplicados sobre la piel actúan como repelente contra mosquitos, la aplicación del agua amarga, producto del hervido de granos amargos se

usa como vermífugo y para el control de parásitos gastrointestinales, contra garrapatas y ácaros en cuyes (Ayala, 2012).

➤ **Ornamentales**

Las plantas de quinua por sus colores vistosos, formas de inflorescencia, se utiliza como planta ornamental en jardines y parques; especialmente aquéllas que presentan dos colores de inflorescencia, denominadas misa quinuas, también las panojas glomeruladas secas y grandes para colocar en los floreros, puesto que tiene una gran duración sin que se desprendan sus granos (Ayala, 2012).

➤ **Medicinales**

Las semillas, hojas, tallos, ceniza, saponina se utilizan desde el punto de vista medicinal para curar más de veintidós dolencias y afecciones humanas, cuya forma y cantidades de uso son perfectamente conocidas por los nativos de las tierras altas y frías de los Andes de América (Janpirunas, Callahuayas, Teguas, Laiccas y Ccamiris), principalmente de Perú, Bolivia y Ecuador (Ayala, 2012).

Como alimento reconstituyente, por la presencia de la lisina que lo convierte en un alimento clave para el crecimiento y desarrollo de las células del cerebro (Ayala, 2012).

Alta digestibilidad, y su naturaleza dietética por su bajo contenido de colesterol y de gluten.

Los beneficios que aporta la quinua son múltiples, convirtiendo a la especie en una medicina natural muy eficiente. Su harina resulta beneficiosa para tratar enfermedades que se manifiestan en la piel, así como en quemaduras y heridas abiertas, debido a que su alto contenido de saponina contribuye a la eliminación de los tejidos lastimados y a su rápida reconstitución (Ayala, 2012).

Asimismo, se utiliza para el tratamiento de abscesos, hemorragias y luxaciones; y contra el vómito. Y además de ser un eficiente antiespasmódico, un efectivo laxante y diurético, ayuda a prevenir la formación de células cancerígenas (Ayala, 2012).

Contiene fitoestrógenos, sustancias que contribuyen a la absorción de calcio en el organismo y que previenen enfermedades crónicas como la osteoporosis, cáncer de mama, enfermedades del corazón y otras alteraciones ocasionadas por la falta de estrógenos durante la menopausia (Ayala, 2012).

De acuerdo a estudios realizados por laboratorios internacionales, los fitoestrógenos se encuentran en algunos cereales y en la soya. Está presente en la quinua en cantidades elevadas, lo que aclara el ¿por qué las mujeres altiplánicas que regularmente la consumen en su dieta no registran osteoporosis (Ayala, 2012).

Otros estudios nutricionales aseguran que, si se consume este alimento, no son necesarios otros vegetales, incluso reemplaza a la carne y leche, por su balance ideal de aminoácidos esenciales y alto contenido de calcio y hierro (Ayala, 2012).

➤ **Rituales**

Como grano madre, la quinua forma parte de diversas ceremonias y rituales andinos, que fueron prohibidos por los europeos durante la conquista española. Éste fue un motivo por el que el cultivo de quinua y de la kiwicha fueron prohibidos, al considerarlos asociados a rituales paganos (Ayala, 2012).

➤ **Cosméticos**

La harina disuelta en agua como mascarilla y para el lavado del cabello (Ayala, 2012).

➤ **Uso de la saponina**

La saponina de la quinua en la actualidad a adquirido gran importancia en la industria teniendo múltiples usos como: Agente emulsionante de grasas y aceites, protector de sustancias coloidales, cosmética, dentífricos, jabones, productos para la limpieza del cabello, formulación para tinturas y coloraciones para el pelo. Agente espumante para baño, no tóxico, con efectos en dermatosis y sueño profundo. Shampoo y acondicionador (Ayala, 2012).

Se señala que la saponina presenta algunos usos en medicina especialmente en enfermedades respiratorias y dérmicas (Ayala, 2012).

2.4.6. FACTORES ANTINUTRICIONALES DE LA QUINUA

Los factores antinutricionales son sustancias naturales no fibrosas, generadas por el metabolismo secundario de las plantas, que afectan el valor nutricional de algunos alimentos, especialmente semillas, pues dificultan o inhiben la asimilación de nutrientes que provienen de alimentos generalmente de origen vegetal (Pereira, 2011).

En la semilla de quinua los factores antinutricionales presentes son las saponinas y los fitatos (Pereira, 2011).

2.4.6.1. DEFINICIÓN DE SAPONINA

Las saponinas son sustancias orgánicas de origen mixto, ya que provienen tanto de glucósidos triterpenoides (de reacción ligeramente ácida), como de esteroides derivados de perhidro 1,2 ciclopentano fenantreno. Estas moléculas se hallan concentradas en la cáscara de los granos y representan el principal factor antinutricional en el grano.

El contenido de saponina en la quinua varía entre 0,1 y 5%. El pericarpio del grano de quinua contiene saponina, lo que le da un sabor amargo y debe ser eliminada para que el grano pueda ser consumido. Las saponinas se caracterizan, además de su sabor amargo, por la formación de espuma en soluciones acuosas. Forman espumas estables en concentraciones muy bajas, 0,1 %, y por eso tienen aplicaciones en bebidas, shampoo, jabones etc. (Pereira, 2011).

2.5. LECHE DE QUINUA

La leche de quinua es una emulsión y a la vez una suspensión denominada leche vegetal, es un producto obtenido a partir de la extracción en medio líquido de los componentes del grano de quinua. La leche se obtiene, después de la hidratación de los granos seguido de un proceso adecuado.

La FAO establece que la quinua posee un alto contenido en proteínas, fibra, almidón, calcio, hierro (por lo que se recomienda en casos de anemia), fósforo y magnesio (más que el que se encuentra en el resto de cereales), así como una buena fuente de vitamina A, E y de varias vitaminas del grupo B. Contiene un balance perfecto de los 8 aminoácidos esenciales necesarios para el desarrollo de los tejidos humanos.

Se trata de una leche libre de gluten, ya que realmente la quinua, no es un cereal, lo que la convierte en la sabrosa alternativa para quienes no pueden ingerir este componente alimenticio, incluyendo las personas celíacas (alérgicas al gluten). Es considerada por la FAO y la OMS como un alimento único por su alto valor nutricional. La quinua mantiene sus cualidades nutritivas incluso en procesos industriales, y es capaz de sustituir a las proteínas de origen animal.

2.6. INSUMOS Y ADITIVOS PARA LA ELABORACIÓN DE YOGUR

2.6.1. CULTIVO LÁCTEO

Los microorganismos lácteos usados, para la elaboración del yogur 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 yogur, 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 facultativo, 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*.

El manejo del cultivo para la producción del yogur 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).

2.6.2. EDULCORANTES

El principal objetivo de la adición de edulcorantes al yogur, es mejorar el sabor y disimular ante el gusto la acidez elevada del yogur que puede ser indeseable para muchos (Gutiérrez, 2005).

Existen dos tipos de edulcorantes: Los calóricos o nutritivos y los a calóricos o no nutritivos (Grindsted, 2000).

Los edulcorantes calóricos, proporcionan calorías o energía en la dieta diaria necesaria para nuestras actividades. Los edulcorantes calóricos además de proporcionar el sabor dulce, aumenta el volumen del alimento al cual se le ha añadido, así mismo proporciona frescura y contribuyen a la calidad del producto (Grindsted, 2000).

Los edulcorantes no calóricos no proporcionan calorías, pero si el sabor dulce, cuyo poder edulcorante, es hasta trescientas veces más que los calóricos. Y en algunos casos son empleados en lugar de los calóricos. Este tipo de edulcorantes son químicamente procesados a diferencia de los calóricos que se encuentran en forma natural en los alimentos (Grindsted, 2000).

El edulcorante de mayor utilización en la elaboración de yogur es la sacarosa o azúcar de mesa, aunque también se pueden usar otros como la miel de abeja, jarabe de maíz, jarabes de fructosa, etc. Y en otros casos edulcorantes no calóricos como la sacarina, ciclamato, aspartame, etc. (Grindsted, 2000).

2.6.3. SABORIZANTES

Los saborizantes son sustancias artificiales, caracterizadas por su concentrado aroma a un determinado alimento generalmente a frutas, que se adicionan al yogur para proporcionar un sabor y aroma más agradable (frutilla, durazno, piña, coco, etc.).

2.6.4. COLORANTES

La adición de colorantes a los yogures tiene la finalidad de mejorar su atractivo y presentación, la coloración del producto dependerá del sabor o aroma proporcionado al yogur. El uso de los colorantes al igual que otros aditivos alimentarios se debe tener cuidado al usarlos, pues existen varios colorantes que han sido prohibidos por afectar la salud de las personas, especialmente en personas de la tercera edad (Gutiérrez, 2005).

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.1. INTRODUCCIÓN

La parte práctica del trabajo de investigación, “**Elaboración de yogur fortificado con leche de quinua**”, se realizó en el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Carrera de Ingeniería de Química de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, ubicada en la zona el Tejar.

3.2. DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS, MATERIALES DE LABORATORIO, INSTRUMENTOS, MATERIAS PRIMAS E INSUMOS

A continuación, se describen todos los equipos, materiales de laboratorio, instrumentos, materia prima e insumo que se utilizan durante la realización de la parte experimental.

3.2.1. EQUIPOS

Los equipos utilizados en el trabajo experimental son los siguientes:

Balanza de precisión: En la figura 3.1, se muestra el equipo utilizado en el proceso, para el pesado de la materia prima (leche de vaca y quinua), azúcar y leche en polvo.

Figura 3.1
Balanza de Precisión



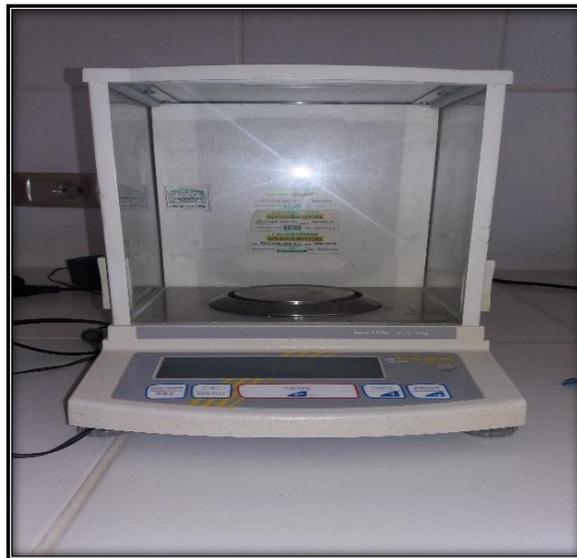
Fuente: Laboratorio de Operaciones Unitarias

Especificaciones técnicas

- **Marca:** Nahita
- **Modelo:** Nahita 5041 – 200 g / 0.1 g
- **Tipo de Pantalla:** Lectura clara en pantalla LCD
- **Unidades de Pesaje:** g y oz.
- **Capacidad Max.:** 200 g.
- **Sensibilidad:** 0.1 g.
- **Diámetro plato:** 14.5 cm.
- **Dimensiones:** 17.0x25.0x4.5cm
- **Alimentación:** Pilas (4 × 1.5V AA) o adaptador 220V (opcional)
- **Origen:** España

Balanza analítica: En la figura 3.2, se muestra el equipo utilizado para realizar el pesado del cultivo lácteo

Figura 3.2
Balanza analítica



Fuente: Laboratorio de Operaciones unitaria

Especificaciones técnicas

- **Marca:** Electronic balance
- **Capacidad Max.:** 120 g.
- **Sensibilidad:** 0.0001 g.
- **Temperatura de Operación:** 15°C a 30°C
- **Diámetro plato:** 11.0 cm.
- **Dimensiones:** 21.0×35.5×21.0 cm.
- **Alimentación Externa:** 110–220V 50–60Hz

Cocina Industrial: La figura 3.3, muestra el equipo utilizado en el proceso, para la cocción de la leche de quinua, pasteurización de la leche de vaca.

Figura 3.3
Cocina Industrial



Fuente: Laboratorio Taller de Alimentos

Especificaciones técnicas

- **Marca:** METAFLEER
- **Material:** Acero inoxidable de 1.5 mm de espesor
- **Dimensiones:** Alto 90 cm, ancho 80 cm y profundidad 45 cm.
De dos hornallas, con quemadores cambiables

Termostato (Baño María): En la figura 3.4, se muestra el equipo utilizado en el proceso, para mantener constante la temperatura durante la fermentación.

Figura 3.4
Termostato (baño maría)



Fuente: Laboratorio de Operaciones Unitarias

Especificaciones técnicas

- **Marca:** Selecta
- **Modelo:** termotronic II (3000389)
- **Control:** analógico
- **Volumen:** 20 litros
- **Estabilidad:** $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$
- **Rango:** 5°C a 100°C
- **Medidas:** $35\text{cm} \times 55\text{cm} \times 20\text{cm}$ (alto, ancho y fondo)
- **Peso:** 10 kilogramos

Licadora: La figura 3.5, muestra el equipo utilizado en el proceso de licuado de la quinua hidratada.

Figura 3.5
Licadora



Fuente: Laboratorio Taller de Alimentos

Especificaciones técnicas

- **Marca:** Oster
- **Material del vaso:** Vidrio
- **Capacidad:** 1,25 Litros
- **Potencia:** 450W
- **Dimensiones:** 36x26x22 (Alto x Ancho x Profundidad)
- **Peso:** 3,4Kg.

3.2.2. INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

Los instrumentos utilizados para el proceso de elaboración de yogur fortificado con leche de quinua son:

Refractómetro: La figura 3.6, muestra el instrumento utilizado para medir el porcentaje de sólidos solubles de la leche de quinua, leche de vaca, la mezcla y del producto final.

Figura 3.6
Refractómetro



Fuente: Laboratorio taller de alimentos

Especificaciones técnicas

- **Escala de Medición:** Brix 0.0 a 33.0 %
- **Escala Mínima:** Brix 0.2 %, resolución 0.1 %
- **Exactitud de la medición:** Brix ± 0.2 % (10 a 30 °C)
- **Volumen de Muestra:** 10 μ l o mas
- **Opcional:** Tapa de luz especial para muestras de volumen reducido.
- **Clase de protección internacional:** IP65 Protección al polvo y chorros de agua (excepto ocular).
- **Tamaño y peso:** 3.3×3.3×20.4 cm, 160 g.

Termómetro: En la figura 3.7, se muestra el instrumento que se utilizó para medir las diferentes temperaturas durante las etapas de pasteurización, enfriamiento, estandarización y fermentación.

Figura 3.7
Termómetro



Fuente: Laboratorio de Operaciones Unitarias

Especificaciones técnicas

- **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
- **Medidas externas:** Ø 6 milímetros x aprox. 24 centímetros de largo.

pH-metro: En la figura 3.8, se muestra el instrumento que se utilizó en la etapa de fermentación y en el producto final para medir su pH.

Figura 3.8
pH-metro de bolsillo



Fuente: Laboratorio de Operaciones Unitarias

Especificaciones técnicas

- **Marca:** Trans Instruments
- **Rango pH:** -2.00 a 16.00 pH
- **Rango Temperatura:** -5.0 a 90.0 °C
- **Resolución pH:** 0.01 pH
- **Precisión pH:** ± 0.01 pH
- **Precisión Temperatura:** ±0.5 °C
- **Potencia:** 4 × 1.5 Volt
- **Dimensiones:** 19.5×0.40×0.36 cm
- **Peso:** 150 g

3.2.3. MATERIALES DE LABORATORIO

Los materiales de laboratorio que se utilizan en el proceso de elaboración del yogur fortificado con leche de quinua se detallan en la tabla 3.1:

Tabla 3.1
Materiales utilizados en el proceso de elaboración del yogur fortificado

Materiales	Cantidad	Capacidad	Unidad	Calidad
Piseta	1	500.00	ml	Plástico
Pipeta	1	1.00	ml	vidrio
Probeta	1	500.00	ml	Vidrio
Probeta	1	50.00	ml	Plástico
Jarra graduada	1	1000.00	ml	Plástico
Jarra	6	1000.00	ml	Acero Inoxidable
Espátula	1	-	-	Acero Inoxidable
Colador	1	-	-	Plástico
Vasos	8	250.00	ml	Plástico

Fuente: Elaboración propia

3.2.4. MATERIA PRIMA

La materia prima que se utilizó, fue la quinua real en grano adquirida del mercado campesino y la leche de vaca adquirida del taller de alimentos.

3.2.5. INSUMOS

En la tabla 3.2, se detallan los insumos utilizados en el presente trabajo de investigación.

Tabla 3.2
Insumos utilizados en la elaboración de yogur fortificado con leche de quinua

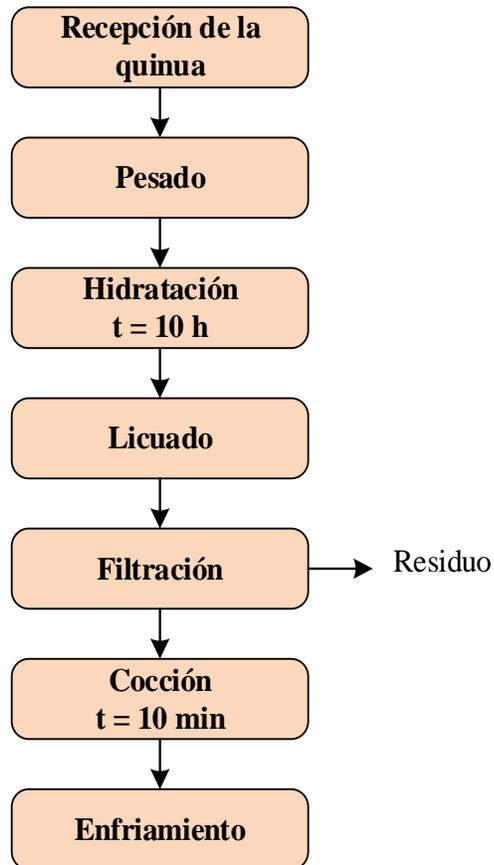
Insumos	Descripción	Procedencia
Azúcar	Blanca	Bolivia
Cultivos Lácteo	Liofilizados	
Esencia	Frutilla	Bolivia
Colorante	Rojo frutilla	Bolivia

Fuente: Elaboración propia

3.3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE LA LECHE DE QUINUA

La figura 3.9, muestra el diagrama del proceso de elaboración de leche de quinua.

Figura 3.9
Diagrama del proceso de elaboración de leche de quinua



Fuente: Elaboración propia

3.3.1. RECEPCIÓN DE LA QUINUA

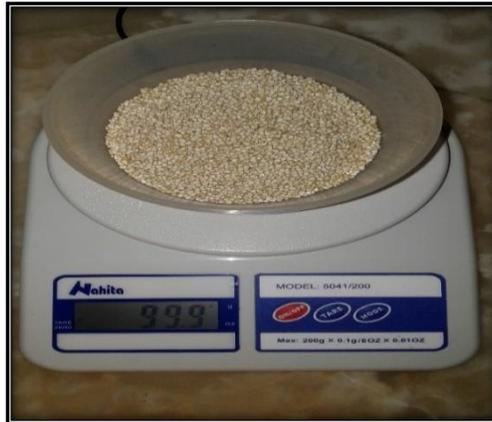
La quinua es adquirida del mercado campesino en forma de granel para posteriormente ser procesada.

3.3.2. PESADO

El pesado de la quinua se realizó con una balanza analítica con la finalidad de efectuar el balance de materia en el proceso.

La figura 3.10, muestra el pesado de la quinua real en grano para la elaboración de la leche de quinua.

Figura 3.10
Pesado de la quinua real en grano



Fuente: Elaboración propia

3.3.3. HIDRATACIÓN

Para la hidratación se debe lavar la quinua, debido que este grano contiene una sustancia llamada saponina y este tiene un alto grado de amargor que causa toxicidad.

La figura 3.11, muestra la etapa de hidratación de la quinua real en grano para la elaboración de la leche de quinua.

Figura 3.11
Hidratación del grano de quinua



Fuente: Elaboración propia

3.3.4. LICUADO

Para el licuado, se quita el exceso de agua de la quinua hidratada para incorporarla inmediatamente a la licuadora añadiendo agua filtrada y proceder a realizar el licuado por un tiempo de 2-4 minutos aproximadamente, con el fin de minimizar las partículas de la quinua y obtener un mejor rendimiento.

En la figura 3.12, se muestra la etapa de licuado de la quinua real en grano para la elaboración de la leche de quinua.

Figura 3.12
Etapa de licuado



Fuente: Elaboración propia

3.3.5. FILTRACIÓN

La filtración de la quinua licuada se realiza con la finalidad de eliminar la porción no comestible y obtener la leche de quinua.

La figura 3.13, muestra la etapa de filtración para la obtención de la leche de quinua.

Figura 3.13
Etapa de filtrado



Fuente: Elaboración propia

3.3.6. COCCIÓN

La cocción se realiza a temperatura de ebullición por un tiempo de 10 minutos para eliminar los microorganismos y ayudar a concentrar los sólidos solubles.

La figura 3.14, muestra la etapa de cocción de la leche de quinua.

Figura 3.14
Cocción de la leche de quinua



Fuente: Elaboración propia

3.3.7. ENFRIAMIENTO

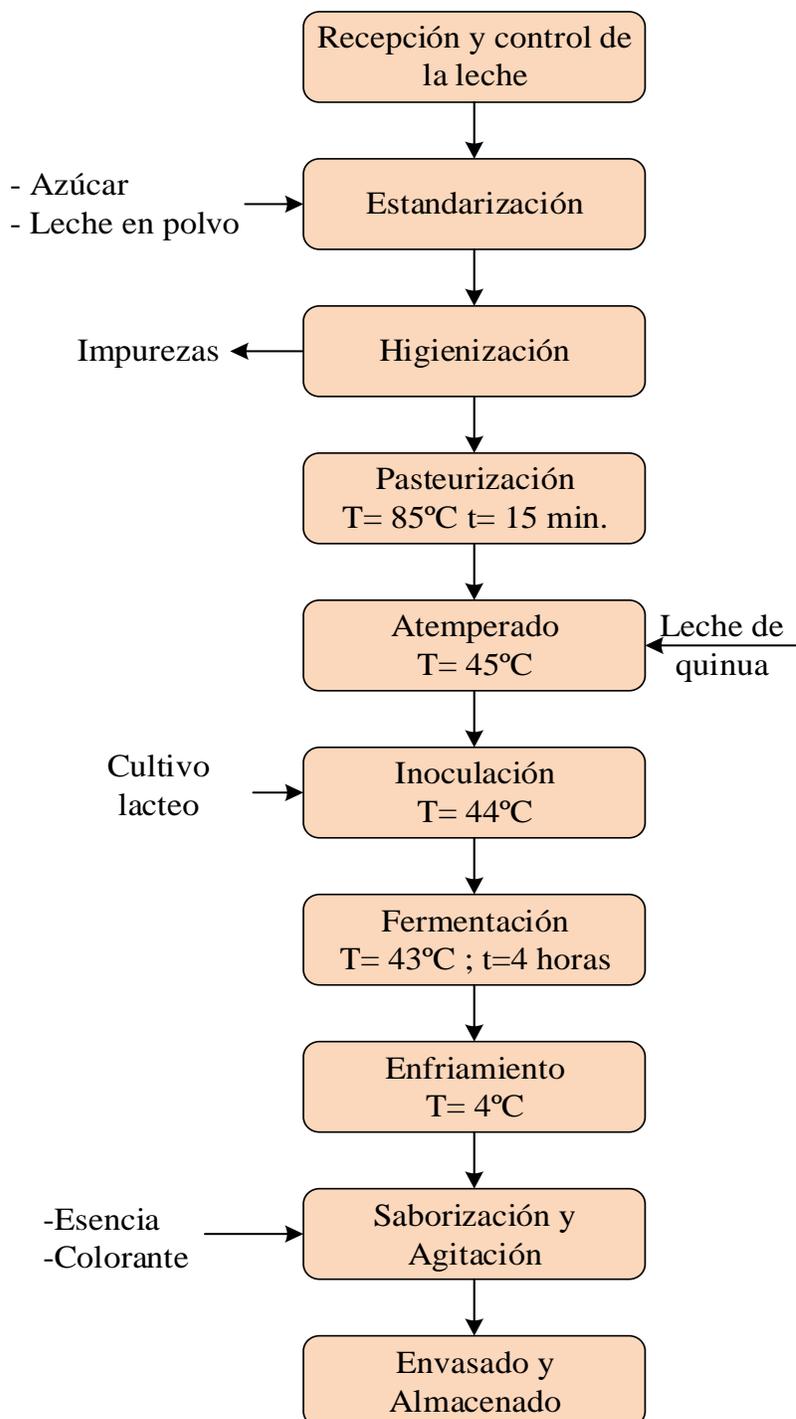
El enfriamiento se realiza a baño María hasta una temperatura de 46 °C para realizar la inoculación del cultivo lácteo.

3.4. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DEL YOGUR FORTIFICADO CON LECHE DE QUINUA

Para obtener un producto de excelente calidad en cuanto a inocuidad y características organolépticas, es importante el control de varios factores dentro del proceso de elaboración del yogur fortificado con leche de quinua. Se realizan controles en los factores tales como: materia prima, insumos, estandarización y fermentación.

La figura 3.15, muestra el diagrama del proceso de elaboración de yogur fortificado con leche de quinua. Este proceso fue adaptado según (Zamora, 2016).

Figura 3.15
Diagrama del proceso de elaboración de yogur fortificado con leche de quinua



Fuente: Elaboración propia

3.4.1. RECEPCIÓN DE LA LECHE

Para determinar si la leche es pura, limpia 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 mastitis es la inflamación de las glándulas mamarias de las vacas, alterando las características fisicoquímicas y bacteriológicas de la leche.

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.

3.4.2. ESTANDARIZACIÓN

En la estandarización se añade el azúcar y leche en polvo para aumentar el porcentaje de sólidos solubles y se debe agitar para obtener una mezcla homogénea.

La figura 3.16, muestra la etapa de estandarización de la mezcla para la elaboración del yogur fortificado con leche de quinua.

Figura 3.16
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 3.17, muestra la etapa de higienización de la mezcla para la elaboración del yogur fortificado con leche de quinua.

Figura 3.17
Etapa de higienización



Fuente: Elaboración propia

3.4.4. PASTEURIZACIÓN

Este proceso se lleva a cabo a una temperatura de 85°C por un tiempo de 15 minutos, para la eliminación de los microorganismos patógenos, operación que permite por el tiempo que se lleve a cabo una mejor disolución de los insumos y obtener una mezcla homogénea.

La figura 3.18, muestra la etapa de pasteurización de la mezcla para la elaboración del yogur fortificado con leche de quinua.

Figura 3.18
Etapa de pasteurización



Fuente: Elaboración propia

3.4.5. ATEMPERADO

Esta etapa se realizó lo más higiénicamente posible, añadiendo la leche de quinua de manera rápida con el fin de no contaminar la mezcla y llegar a una temperatura de 45°C para agregar el cultivo y estos se desarrollen de manera óptima.

La figura 3.19, muestra la etapa de atemperado de la mezcla para la elaboración del yogur fortificado con leche de quinua.

Figura 3.19
Etapa de atemperado



Fuente: Elaboración propia

3.4.6. INOCULACIÓN

La inoculación se realiza en condiciones asépticas, añadiendo en un recipiente la mezcla y el cultivo necesario para darle un tiempo de adaptación a las bacterias lácticas y realizar la inoculación.

La cantidad de inóculo agregado determina el tiempo de fermentación y con ello la calidad del producto. Esta etapa se lleva al cabo a una temperatura de 44°C.

La figura 3.20, muestra la etapa de inoculación de la mezcla (leche pasteurizada y leche de quinua) previamente atemperada.

Figura 3.20
Etapa de inoculación



Fuente: Elaboración propia

3.4.7. FERMENTACIÓN

La fermentación se realiza en baño María manteniendo la temperatura del medio a 44° C y la temperatura externa a 46°C durante un tiempo de cuatro horas.

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 de la leche fermentada, para lo cual se utiliza agua a temperatura ambiente, luego llevar a refrigeración a 4 °C.

3.4.9. SABORIZACIÓN Y AGITACIÓN

La saborización y agitación se realiza al producto refrigerado, para lo cual se adiciona la esencia y colorante para mejorar las características organolépticas del producto final. Se agita con ayuda de una espátula para mezclar los aditivos adicionados y romper la estructura de gel del yogur.

3.4.10. ENVASADO Y ALMACENAMIENTO

El producto terminado fue envasado en envases de plásticos de 1 litro de capacidad previamente desinfectados para garantizar que las características del producto final no se alteren durante su almacenamiento. El almacenamiento se realizó a una temperatura de 5 °C para controlar sus características.

3.5.METODOLOGÍA PARA LA OBTENCIÓN DE RESULTADOS

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

3.5.1. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE LA MATERIA PRIMA Y DEL PRODUCTO TERMINADO

La determinación de las propiedades fisicoquímicas de la materia prima (leche de vaca, leche de quinua) y del producto terminado (Yogur Fortificado con Leche de Quinua), incluyen una serie de parámetros detallados (ANEXO A), en la tabla 3.3.

Tabla 3.3
Análisis fisicoquímico de materias primas y producto terminado

Quinoa Real	Leche de Quinoa	Leche de vaca	Yogur fortificado con leche de quinoa
Cenizas	Cenizas	-	Cenizas
Fibra	Fibra	-	-
Materia grasa	Materia grasa	Materia grasa	Materia grasa
Humedad	Humedad	-	Humedad
Hidratos de carbono	Hidratos de carbono		Hidratos de carbono
Proteína total	Proteína total	Proteína total	Proteína total
-	-	-	Calcio total
-	-	Acidez (Ac. Láctico)	Acidez
-	-	Solidos no grasos	-
-	-	Solidos totales	-
Valor energético	-	-	Valor energético

Fuente: Elaboración propia

3.5.1.1. NORMAS Y MÉTODOS PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

La tabla 3.4, presenta las normas y métodos utilizados para determinar las propiedades fisicoquímicas del grano de quinoa real.

Tabla 3.4
Normas y métodos para determinar las propiedades fisicoquímicas del grano de quinua real

Detalles	Norma y/o Método de ensayo	Método de ensayo
Cenizas	NB 39034: 10	Gravimétrica
Fibra	Gravimétrico	Digestión acida
Materia grasa	NB 313019: 06	Gravimétrica
Humedad	NB 313010: 05	Gravimétrica
Hidratos de carbono	Cálculo	Cálculo indirecto
Proteína total(Nx6,25)	NB/ISO 8968- 1: 08	Volumétrica
Valor energético	Cálculo	Cálculo

Fuente: CEANID, 2017

La tabla 3.5, presenta las normas y métodos utilizados para determinar las propiedades fisicoquímicas de la leche de quinua.

Tabla 3.5
Normas y métodos para determinar las propiedades fisicoquímicas de la leche de quinua

Detalles	Norma y/o Método de ensayo	Método de ensayo
Cenizas	NB 39034: 10	Gravimétrica
Fibra	Gravimétrico	Digestión acida
Materia grasa	NB 313019: 06	Gravimétrica
Humedad	NB 313010: 05	Gravimétrica
Hidratos de carbono	Cálculo	Cálculo indirecto
Proteína total(Nx6,25)	NB/ISO 8968- 1: 08	Volumétrica

Fuente: CEANID, 2017

La tabla 3.6, presentan las normas y métodos utilizados para determinar las propiedades fisicoquímicas de la leche de vaca.

Tabla 3.6
Normas y métodos para determinar las propiedades fisicoquímicas de la leche de vaca

Detalles	Norma y/o Método de ensayo	Método de ensayo
Acidez (como Ac. Láctico)	NB 229:98	Volumétrica
Materia grasa	NB 228:1998	Gravimétrica
Sólidos no grasos	NB 706:1998	Cálculo
Sólidos totales	NB 231: 1-1998	Gravimétrica
Proteína total(Nx6,38)	NB/ISO 8968-1:08	Volumétrica

Fuente: CEANID, 2017

La tabla 3.7, presenta las normas y métodos utilizados para determinar las propiedades fisicoquímicas del producto final, Yogur Fortificado con Leche de Quinoa.

Tabla 3.7
Normas y métodos para determinar las propiedades fisicoquímicas del Yogur Fortificado con Leche de Quinoa

Detalles	Norma y/o Método de ensayo	Método de ensayo
Acidez (como Ac. Láctico)	NB 229:98	Volumétrica
Calcio total	Absorción atómica	Absorción atómica
Cenizas	NB 39034:10	Gravimétrica
Hidratos de carbono	Calculo	Calculo indirecto
Materia grasa	NB 228:1998	Gravimétrica
Humedad	NB 231:1-98	Gravimétrica
Proteína total(Nx6,38)	NB/ISO 8968-1:08	Volumétrica
Valor energético	Calculo	Calculo

Fuente: CEANID, 2017

3.5.2. NORMAS Y MÉTODOS PARA EL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

La tabla 3.8, muestra las normas y métodos utilizados para determinar las propiedades microbiológicas de las materias primas y del producto final.

Tabla 3.8
Normas y métodos para determinar el análisis microbiológico de la materia prima y el producto

Detalles	Norma	Método de ensayo
Coliformes totales	NB 32005:02	Recuento en placa
Coliformes fecales	NB 32005:02	Recuento en placa
Mohos y levaduras	NB 32003:05	Recuento en placa

Fuente: CEANID, 2017

3.5.3. ANÁLISIS 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

3.5.3.1. EVALUACIÓN SENSORIAL PARA DETERMINAR LA MUESTRA PRELIMINAR DE YOGUR FORTIFICADO CON LECHE DE QUINUA

Se realizó la degustación con 15 jueces no entrenados, de dos muestras de yogur con diferente dosificación de leche de quinua y leche de vaca para evaluar el grado de dulzor, aroma y textura (Anexo C), mediante un test de escala hedónica (Anexo B).

3.5.3.2. EVALUACIÓN SENSORIAL PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS DEL YOGUR FORTIFICADO CON LECHE DE QUINUA

En base a la dosificación de la muestra preliminar se procedió a elaborar ocho muestras de Yogur Fortificado para determinar las propiedades organolépticas del producto.

Para tal efecto se realizó una evaluación sensorial por 15 jueces no entrenados de las ocho muestras, mediante un test de escala hedónica (Anexo B) donde se evaluaron los atributos de acidez, aroma y textura (Anexo C).

3.5.3.3. EVALUACIÓN SENSORIAL PARA DETERMINAR LA MUESTRA FINAL

Para determinar la muestra final se elaboraron dos muestras, las cuales fueron evaluadas por 15 jueces no entrenados para los atributos acidez, aroma y textura (Anexo C) mediante un test de escala hedónica (Anexo B).

3.5.3.4. EVALUACIÓN SENSORIAL DEL PRODUCTO TERMINADO

Para valorar al producto terminado se procedió a evaluar la muestra de yogur fortificado con leche de quinua, por 15 jueces no entrenados en cuanto se refiere a los atributos acidez, aroma y textura (Anexo C) mediante el test de escala hedónica (Anexo B).

3.5.4. DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental permite el estudio de las variables más importantes y significativas minimizando los costos durante el proceso, se puede realizar el estudio de varios factores en el estudio del conjunto (Montgomery, 1991).

Uno de los diseños factoriales más utilizados según (Montgomery, 1991).

$$2^k \quad (\text{Ecuación 3.1})$$

Donde:

2= Número de niveles

K= Número de variables

3.5.4.1. DISEÑO FACTORIAL APLICADO EN LA ETAPA DE LICUADO DE LA QUINUA PARA LA ELABORACIÓN DE LECHE DE QUINUA

Para realizar el diseño factorial en la etapa de licuado se tomó en cuenta dos factores (cantidad de quinua y el tiempo de licuado); tomando en cuenta dos niveles de variación en cada factor.

- Q = (Cantidad de quinua) = 2 niveles
- R = (Tiempo) = 2 niveles

Por lo tanto, el diseño experimental consta de un modelo expresado en base a las ecuaciones 3.1 y 3.2)

$$2^2 = 2 * 2 = 4 \text{ tratamientos/pruebas} \quad (\text{Ecuación 3.2})$$

La tabla 3.9, presenta los niveles de variación en la etapa de licuado para la obtención de leche de quinua.

Tabla 3.9
Variación de los factores en la etapa de licuado de la quinua

Factores	Nivel inferior	Nivel superior
Q	60 (g)	70 (g)
R	2 (min)	4 (min)

Fuente: Elaboración propia

La tabla 3.10, muestra el diseño experimental a ser utilizado en la etapa de licuado del grano de quinua.

Tabla 3.10
Diseño experimental a ser utilizado en la etapa de licuado

Corridas	Combinación de tratamientos	Interacciones				Respuestas
		1	Q	R	QR	Y _i
1	(1)	+	-	-	+	Y₁
2	Q	+	+	-	-	Y₂
3	R	+	-	+	-	Y₃
4	QR	+	+	+	+	Y₄

Fuente: Elaboración propia

Donde Y_i = sólidos solubles (°Brix)

3.5.4.2. DISEÑO FACTORIAL EN LA ETAPA DE FERMENTACIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE YOGUR

Se tomará en cuenta tres factores leche de vaca, leche de quinua y el cultivo lácteo; y en cada factor dos niveles de variación:

A: = Leche de quinua = 2 niveles

B: Leche de vaca = 2 niveles

C: cultivo lácteo = 2 niveles

Por lo tanto, el diseño experimental contara de un modelo:

$$2^3 = 2*2*2 = 8 \text{ tratamientos/pruebas} \quad (\text{Ecuación 3.3})$$

En la tabla 3.11, se puede observar los niveles de variación de la etapa de fermentación.

Tabla 3.11
Variación de los factores en la etapa de fermentación

Factores	Nivel inferior (g)	Nivel superior (g)
A	500	600
B	400	500
C	0.03	0.04

Fuente: Elaboración propia

La tabla 3.12, muestra el diseño experimental a ser utilizado para la etapa de fermentación del yogur fortificado con leche de quinua.

Tabla 3.12
Diseño experimental a ser utilizado en la etapa de fermentación

Corridas	Combinación de tratamientos	Factores			Interacciones				Respuestas
		A	B	C	AB	AC	BC	ABC	Y _i
1	(1)	-	-	-	+	+	+	-	Y₁
2	A	+	-	-	-	-	+	+	Y₂
3	B	-	+	-	-	+	-	+	Y₃
4	AB	+	+	-	+	-	-	-	Y₄
5	C	-	-	+	+	-	-	+	Y₅
6	AB	+	-	+	-	+	-	-	Y₆
7	BC	-	+	+	-	-	+	-	Y₇
8	ABC	+	+	+	+	+	+	+	Y₈

Fuente: Elaboración propia

Donde Y_i = Acidez

CAPÍTULO IV
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE
RESULTADOS

4.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS 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

Parámetro	Unidad de medida	Resultado	Límites Permisibles	
			Mínimo	Máximo
Acidez (ácido láctico)	%	0,14	0,13	0,18
Materia grasa	%	3,2	3,0	-
Sólidos no grasos	%	8,77	8,30	-
Sólidos totales	%	11,97	11,30	-
Proteína total	%	3,8	2,9	-
Coliformes totales	UFC/ml	<10		<1
Coliformes fecales	UFC/ml	<10		<1

Fuente: CEANID, 2017

La tabla 4.1, indica los resultados obtenidos de las propiedades fisicoquímicas de la leche, la cual tiene una composición de: acidez (ácido láctico) de 0,14%, materia grasa 3,2%, sólidos no grasos 8,77%, sólidos totales 11,97%, proteína total 3,8%. Referente a los análisis microbiológicos, se tiene: Coliformes totales < 10 UFC/ml y Coliformes fecales < 10 UFC/ml.

La tabla 4.2, muestra los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos realizados en la quinua real en grano.

Tabla 4.2
Composición fisicoquímica de la quinua real en grano

Parámetros	Unidad de medida	Resultado
Cenizas	%	2,11
Fibra	%	3,89
Materia grasa	%	6,02
Humedad	%	9,62
Hidratos de carbono	%	70,51
Proteína total (N×6,25)	%	11,74
Valor energético	Kcal/100g	383,18

Fuente: CEANID, 2017

La tabla 4.2, indica los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico realizado a la quinua real, la cual contiene ceniza 2,11%, fibra 3,89%, materia grasa 6,02%, Humedad 9,62%, hidratos de carbono 70,51%, proteína total 0,64% y su valor energético 383,18 kcal.

La Tabla 4.3, muestra los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos realizados en la leche de quinua.

Tabla 4.3
Composición fisicoquímica y microbiológica de la leche quinua

Parámetro	Unidad de medida	Resultado	Límites Permisibles	
			Mínimo	Máximo
Ceniza	%	0,06	Sin Referencia	
Fibra	%	n.d	Sin Referencia	
Grasa	%	0,01	Sin Referencia	
Hidratos de Carbono	%	3,31	Sin Referencia	
Humedad	%	95,98	Sin Referencia	
Proteína total	%	0,64	Sin Referencia	
Coliformes totales	UFC/ml	<10	Sin Referencia	
Coliformes fecales	UFC/ml	<10	Sin Referencia	

Fuente: CEANID, 2017

La tabla 4.3, indica los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico y microbiológico realizado a la leche de quinua, la cual contiene ceniza 0,06%, grasa 0,01%, Hidratos de carbono 3,31%, Humedad 95,98%, proteína total 0,64% y fibra no detectado. Referente al análisis microbiológico, se tiene coliformes totales <10 UFC/ml y coliformes fecales <10 UFC/ml

4.2. EVALUACIÓN SENSORIAL PARA DETERMINAR LA MUESTRA PRELIMINAR DE YOGUR FORTIFICADO CON LECHE DE QUINUA

Para determinar la muestra preliminar del yogur fortificado, se elaboró dos muestras de yogur en base a las cantidades estándar del yogur batido del Laboratorio Taller de Alimentos.

El cuadro 4.1, detalla la variación en las muestras de yogur fortificado con leche de quinua:

Cuadro 4.1
Variación en las muestras de yogur fortificado con leche de quinua

Muestras	Leche de vaca (%)	Leche de quinua (%)	Azúcar (%)	Cultivo lácteo (%)
A	70	30	11,5	3×10^{-4}
B	60	40	12	3×10^{-4}

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente las dos muestras fueron evaluadas en base a una escala hedónica (Anexo B) por 15 jueces no entrenados para la estimación de los atributos grado de dulzor, aroma y textura.

4.2.1. EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO GRADO DE DULZOR PARA LA MUESTRA PRELIMINAR

Los resultados promedios obtenidos de la evaluación sensorial para el atributo grado de dulzor en escala hedónica se muestra en la tabla 4.4, datos recopilados del (Anexo C, tabla C.2).

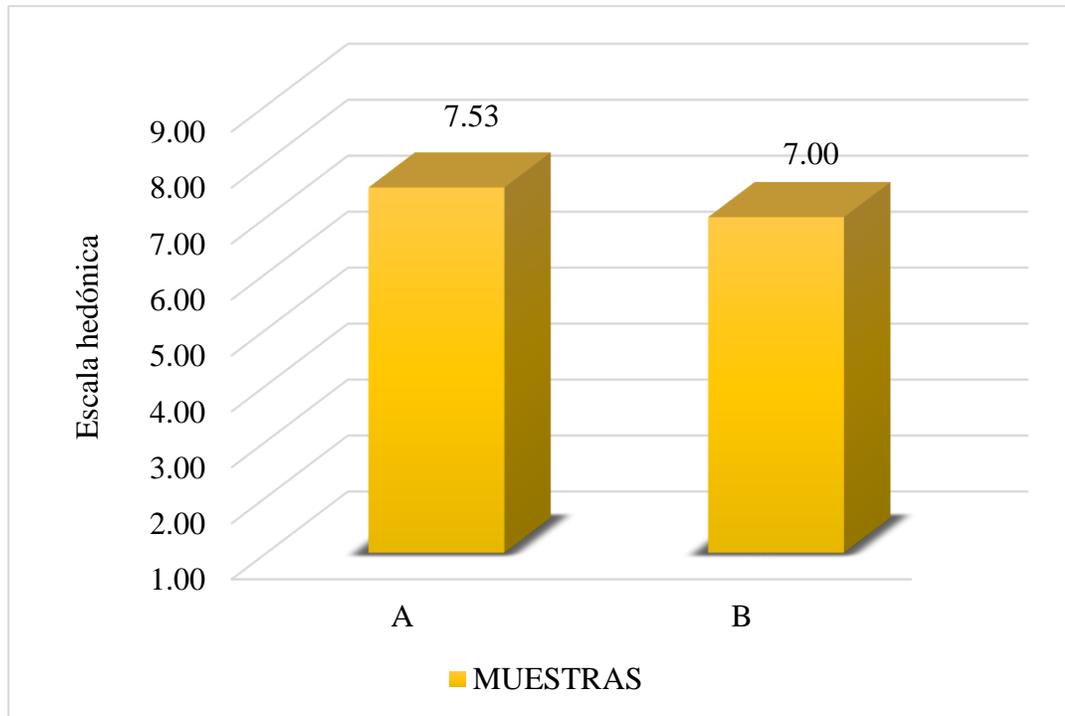
Tabla 4.4
Valores promedios del atributo grado de dulzor
para la muestra preliminar

Jueces	Tratamientos		Total
	A	B	
1	7	8	15
2	9	7	16
3	5	7	12
4	6	6	12
5	8	7	15
6	7	6	13
7	8	6	14
8	8	7	15
9	8	9	17
10	8	9	17
11	7	5	14
12	7	8	15
13	9	7	16
14	8	6	14
15	8	7	15
\bar{X}_i	7,53	7,00	14,67

Fuente: Elaboración propia

La figura 4.1, muestra los resultados promedios de la evaluación sensorial para elegir la muestra de mayor agrado en cuanto al atributo grado de dulzor para la muestra preliminar, extraídos de la tabla 4.4.

Figura 4.1
Valores promedios del atributo grado de dulzor para la muestra preliminar



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura 4.1, la muestra de mayor agrado por los jueces es la muestra A (7,53); en comparación con la muestra B (7,00) la cual tiene un menor puntaje en la escala hedónica.

4.2.1.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ATRIBUTO GRADO DE DULZOR PARA LA MUESTRA PRELIMINAR

La tabla 4.5, muestra el análisis de varianza del atributo grado de dulzor para la muestra preliminar (Anexo C, tabla C.3).

Tabla 4.5
Análisis de varianza del atributo grado de dulzor para la muestra preliminar

Fuente de varianza	Suma de Cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrado medios (CM)	F cal	F tab
Tratamientos	2,133	1	2,133	2,154	2,827
Jueces	19,867	14	1,419	1,433	2,269
Error	13,867	14	0,990	-	-
Total	35,867	29	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla 4.5, $F_{cal} < F_{tab}$ ($2,154 < 2,827$) para los tratamientos, por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada para una $p < 0.01$ es decir que no hay diferencia estadísticamente significativa entre las muestras y por ende cualquier muestra elegida al azar es tomada en cuenta. Sin embargo, se tomó en cuenta la preferencia de los jueces es decir la muestra A (7,53), como la mejor opción para la muestra preliminar.

4.2.2. EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO AROMA PARA LA MUESTRA PRELIMINAR

Los resultados promedios obtenidos de la evaluación sensorial para el atributo aroma en escala hedónica se muestra en la tabla 4.6, datos recopilados del (Anexo C, tabla C.4).

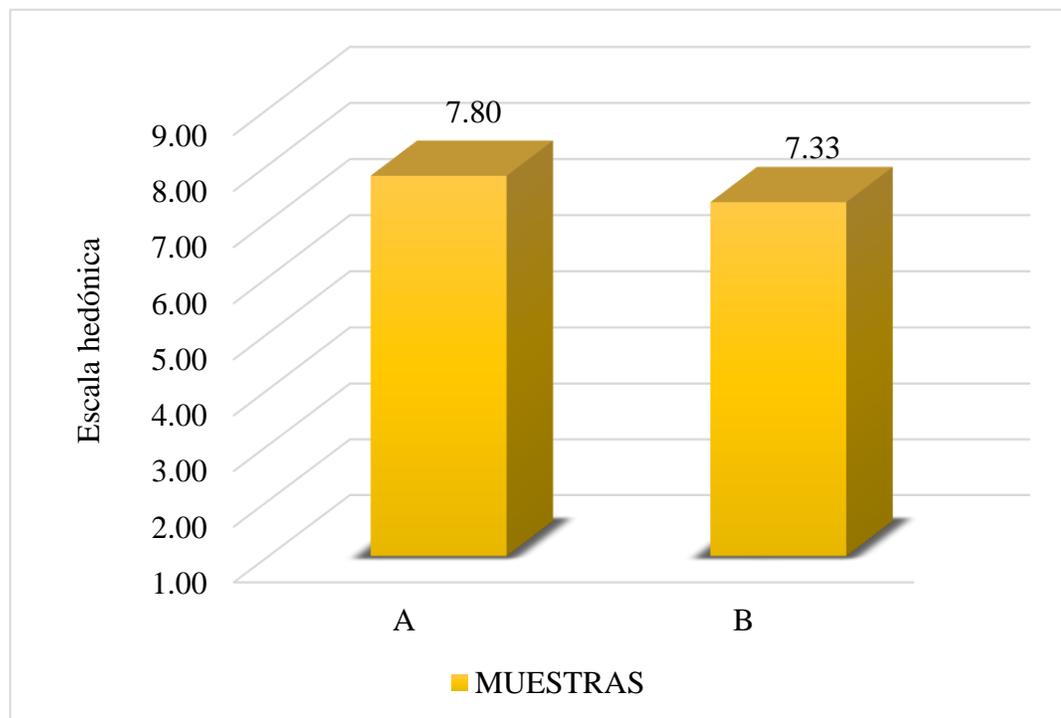
Tabla 4.6
Valores promedios del atributo aroma
para la muestra preliminar

Jueces	Muestras		Total
	A	B	
1	9	8	17
2	8	7	15
3	8	7	15
4	8	8	16
5	7	8	15
6	8	7	15
7	8	6	14
8	8	7	15
9	7	8	15
10	8	8	16
11	8	7	15
12	7	7	14
13	9	8	17
14	8	6	14
15	6	8	14
\bar{X}_i	7,80	7,33	15,13

Fuente: Elaboración propia

La figura 4.2, muestra los resultados promedios de la evaluación sensorial para elegir la muestra de mayor agrado en cuanto al atributo aroma para la muestra preliminar, extraídos de la tabla 4.6.

Figura 4.2
Valores promedios del atributo aroma para la muestra preliminar



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura 4.2, la muestra de mayor agrado por los jueces es la muestra A (7,73); en comparación con la muestra B (6,93) la cual tiene un menor puntaje en la escala hedónica.

4.2.2.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ATRIBUTO AROMA PARA LA MUESTRA PRELIMINAR

La tabla 4.7, muestra el análisis de varianza del atributo aroma para la muestra preliminar (Anexo C, tabla C.5).

Tabla 4.7
Análisis de varianza del atributo aroma para la muestra preliminar

Fuente de varianza	Suma de Cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrado medios (CM)	F cal	F tab
Tratamientos	1,633	1	1,633	2,579	2,827
Jueces	6,867	14	0,490	0,774	2,269
Error	8,867	14	0,633	-	-
Total	17,367	29	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla 4.7, $F_{cal} < F_{tab}$ ($2,579 < 2,827$) para los tratamientos, por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada para una $p < 0.01$ es decir que no hay diferencia estadísticamente significativa entre las muestras y por ende cualquier muestra elegida al azar es tomada en cuenta. Sin embargo, se tomó en cuenta la preferencia de los jueces es decir la muestra A (7,73), como la mejor opción para la muestra preliminar.

4.2.3. EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO TEXTURA PARA LA MUESTRA PRELIMINAR

Los resultados promedios obtenidos de la evaluación sensorial del atributo textura en escala hedónica se muestra en la tabla 4.8, datos recopilados del (Anexo C, tabla C.6)

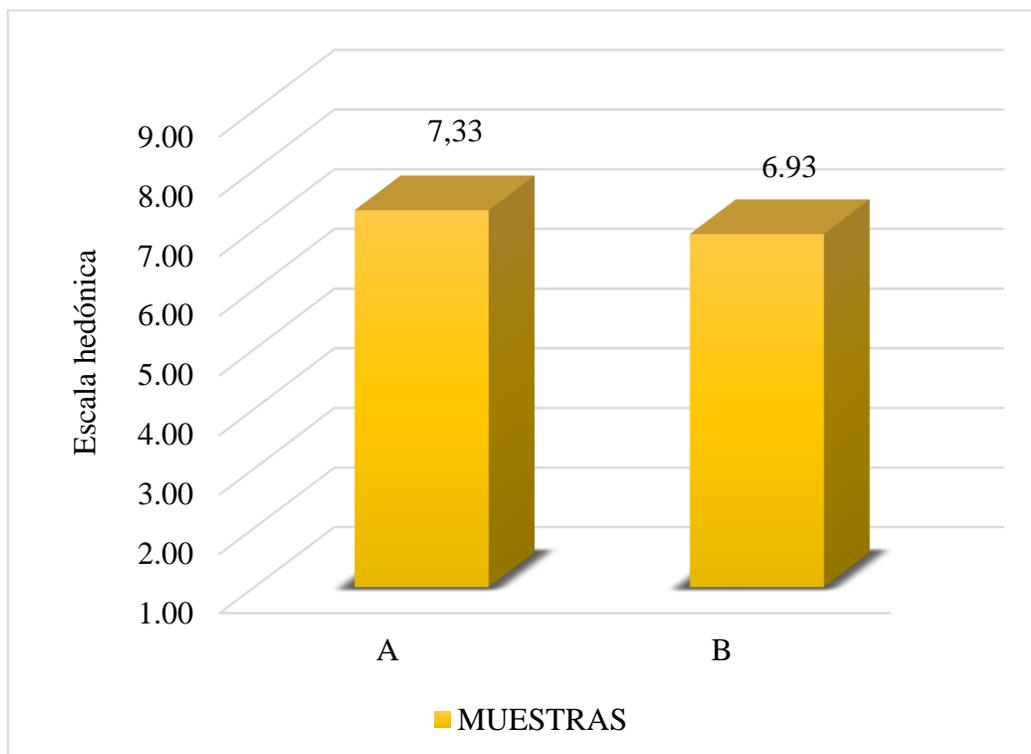
Tabla 4.8
Valores promedios del atributo textura para la
muestra preliminar

Jueces	Muestras		Total
	A	B	
1	8	6	14
2	7	8	15
3	8	8	16
4	6	8	14
5	7	8	15
6	7	6	13
7	9	4	13
8	7	6	13
9	7	8	15
10	9	8	17
11	8	5	13
12	8	7	15
13	7	8	15
14	7	6	13
15	5	8	13
\bar{X}_i	7,33	6,93	14,27

Fuente: Elaboración propia

La figura 4.3, muestra los resultados promedios de la evaluación sensorial para elegir la muestra de mayor agrado en cuanto al atributo textura de la muestra preliminar, extraídos de la tabla 4.8.

Figura 4.3
Valores promedios del atributo textura para la muestra preliminar



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura 4.3, la muestra de mayor agrado por los jueces es la muestra A (7,33); en comparación con la muestra B (6,93) la cual tiene un menor puntaje en la escala hedónica.

4.2.3.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ATRIBUTO TEXTURA PARA LA MUESTRA PRELIMINAR

La tabla 4.9, muestra el análisis de varianza del atributo textura para la muestra preliminar (Anexo C, tabla C.7).

Tabla 4.9
Análisis de varianza del atributo textura para la muestra preliminar

Fuente de varianza	Suma de Cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrado medios (CM)	F cal	F tab
Tratamientos	1,200	1	1,200	0,583	2,827
Jueces	11,467	14	0,819	0,398	2,269
Error	28,800	14	2,057		
Total	41,467	29			

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla 4.9, $F_{cal} < F_{tab}$ ($0,583 < 2,827$) para los tratamientos, por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada para una $p < 0.01$ es decir que no hay diferencia estadísticamente significativa entre las muestras y por ende cualquier muestra elegida al azar es tomada en cuenta. Sin embargo, se tomó en cuenta la preferencia de los jueces es decir la muestra A (7,33), como la mejor opción para la muestra preliminar.

4.3. EVALUACIÓN SENSORIAL PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS DEL YOGUR FORTIFICADO CON LECHE DE QUINUA.

En base a la dosificación de la muestra preliminar se procedió a elaborar ocho muestras de yogur fortificado con leche de quinua para determinar las propiedades organolépticas mediante un test de escala hedónica donde se evaluaron los atributos de acidez, aroma y textura.

En el cuadro 4.2, se puede observar la variación en la composición de las ocho muestras de yogur fortificado con leche de quinua a ser evaluadas.

Cuadro 4.2
Variación en la composición de las muestras para determinar las propiedades organolépticas del yogur fortificado con leche de quinua

Muestras	Leche pasteurizada (%)	Leche de quinua (%)	Cultivo lácteo (%)	Azúcar (%)
M1	60,00	30,00	3×10^{-4}	11,5
M2	70,00	30,00	3×10^{-4}	11,5
M3	60,00	40,00	3×10^{-4}	11,5
M4	70,00	40,00	3×10^{-4}	11,5
M5	60,00	30,00	4×10^{-4}	11,5
M6	70,00	30,00	4×10^{-4}	11,5
M7	60,00	40,00	4×10^{-4}	11,5
M8	70,00	40,00	4×10^{-4}	11,5

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se realizó una evaluación sensorial de las muestras, las cuales fueron evaluadas por 15 jueces no entrenados para los atributos acidez, aroma y textura en escala hedónica.

4.3.1. EVALUACIÓN SENSORIAL PARA EL ATRIBUTO ACIDEZ DEL YOGUR FORTIFICADO CON LECHE DE QUINUA

Los resultados promedios obtenidos de la evaluación sensorial para el atributo acidez en escala hedónica se muestra en la Tabla 4.10, datos recopilados del (Anexo C, tabla C.9)

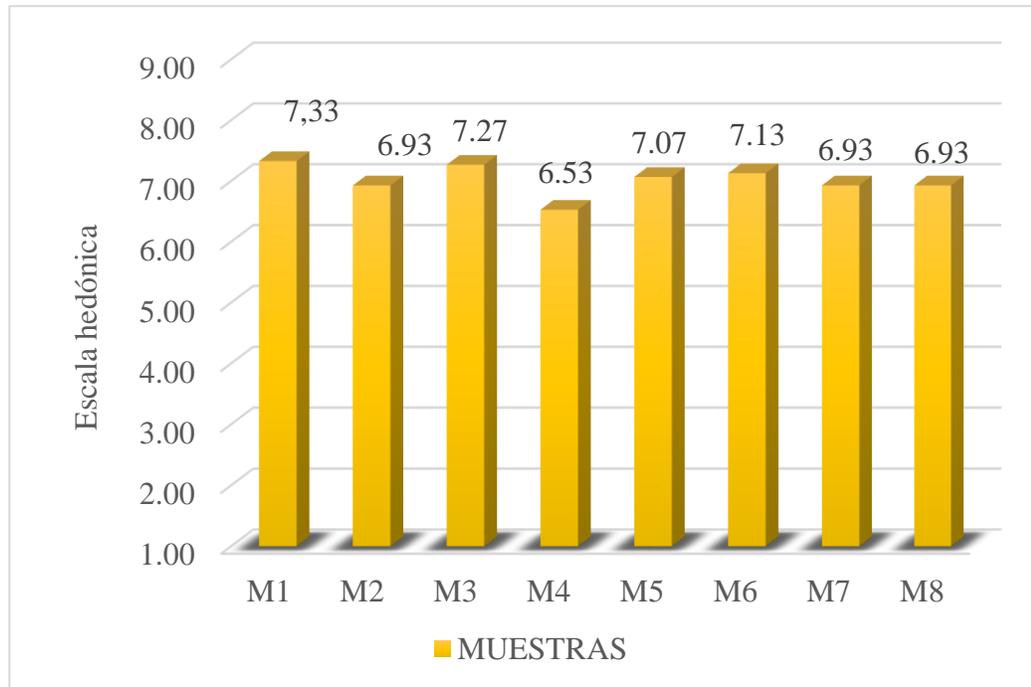
Tabla 4.10
Valores promedios para el atributo acidez del yogur fortificado con
leche de quinua

Jueces	MUESTRAS							
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
1	9	8	7	7	8	7	7	7
2	6	4	8	8	6	8	7	6
3	7	6	6	6	6	7	5	7
4	7	8	9	7	7	7	7	7
5	8	7	7	7	9	8	6	7
6	8	7	7	6	8	7	8	7
7	7	7	6	6	5	7	6	6
8	8	7	6	6	7	5	7	7
9	8	7	7	6	9	9	9	9
10	7	7	8	6	7	7	6	6
11	7	7	6	6	7	7	8	7
12	8	8	9	8	7	7	8	7
13	7	8	8	7	7	7	7	7
14	7	8	7	6	7	7	7	8
15	6	5	8	6	6	7	6	6
\bar{X}_i	7,33	6,93	7,27	6,53	7,07	7,13	6,93	6,93

Fuente: Elaboración propia

La figura 4.4, muestra los resultados promedios de la evaluación sensorial del atributo acidez del yogur fortificado con leche de quinua, extraídos de la tabla 4.10.

Figura 4.4
Valores promedios para el atributo acidez del yogur fortificado con leche de quinua



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.4, se puede observar que las cuatro muestras de mayor agrado por los jueces de acuerdo a la evaluación sensorial realizada son las muestras: M1 (7,33); M3 (7,27); M6 (7,13) y M5 (7,07); en comparación a las muestras: M2 (6,93); M4 (6,53); M7 (6,93) y M8 (6,93), las cuales tienen menor puntaje en escala hedónica.

4.3.1.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL YOGUR FORTIFICADO CON LECHE DE QUINUA PARA EL ATRIBUTO ACIDEZ

La tabla 4.11, muestra el análisis de varianza para el atributo acidez del yogur fortificado con leche de quinua, en base a los resultados (Anexo C, tabla C.10).

Tabla 4.11
Análisis de varianza para el atributo acidez del yogur fortificado con leche de quinua

Fuente de varianza	Suma de Cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrado medios (CM)	F cal	F tab
Tratamientos	6,500	7	0,929	1,353	2,827
Jueces	34,217	14	2,444	3,562	2,269
Error	67,250	98	0,686	-	-
Total	107,967	119	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla 4.11, $F_{cal} < F_{tab}$ ($1,353 < 2,827$) para los tratamientos, por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada para una $p < 0.01$ y se puede decir que no hay diferencia estadísticamente significativa entre las muestras y por ende cualquier muestra elegida al azar es tomada en cuenta. Sin embargo, se tomó en cuenta la preferencia de los jueces es decir la muestra M1 (7,33), como la mejor opción.

4.3.2. EVALUACIÓN SENSORIAL PARA EL ATRIBUTO AROMA DEL YOGUR FORTIFICADO CON LECHE DE QUINUA

Los resultados promedios obtenidos de la evaluación sensorial para el atributo aroma del yogur fortificado con leche de quinua en escala hedónica se muestra en la tabla 4.11, recopilados del (Anexo C, tabla C.11).

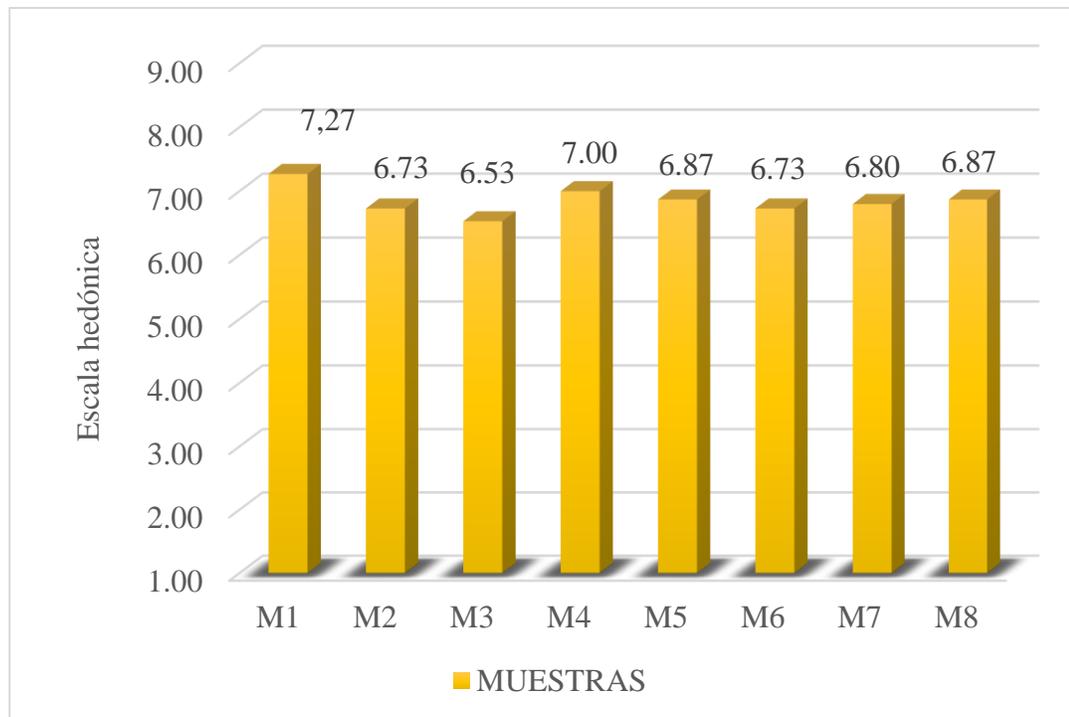
Tabla 4.12
Valores promedios para el atributo aroma del yogur fortificado con leche de quinua

Jueces	MUESTRAS							
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
1	8	6	5	8	6	5	7	6
2	6	5	5	5	6	5	6	6
3	8	5	6	8	6	7	6	7
4	8	9	8	8	7	8	8	8
5	6	6	7	7	8	7	6	7
6	8	7	6	5	7	6	8	8
7	7	7	6	7	6	6	5	5
8	8	7	6	6	6	6	6	7
9	5	4	5	6	8	9	8	8
10	8	7	8	6	7	6	6	6
11	7	7	6	7	7	7	8	7
12	9	9	7	8	7	7	7	7
13	7	8	8	8	8	8	7	7
14	8	8	8	8	8	8	8	8
15	6	6	7	8	6	6	6	6
\bar{X}_i	7,27	6,73	6,53	7,00	6,87	6,73	6,80	6,87

Fuente: Elaboración propia

La figura 4.5, muestran los resultados promedios de la evaluación sensorial para el atributo aroma del yogur fortificado con leche de quinua, extraídos de la tabla 4.12.

Figura 4.5
Valores promedios para el atributo aroma del yogur fortificado con leche de quinua



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.5, se puede observar que las cuatro muestras de mayor agrado por los jueces de acuerdo a la evaluación sensorial realizada son las muestras: M1 (7,27); M4 (7,00); M5 (6,87) y M8 (6,87); en comparación a las muestras: M2 (6,73); M3 (6,53); M6 (6,73) y M7 (6,80), las cuales tienen menor puntaje en escala hedónica.

4.3.2.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA EL ATRIBUTO AROMA DEL YOGUR FORTIFICADO CON LECHE DE QUINUA

La tabla 4.13, muestra el análisis de varianza para el atributo aroma del yogur fortificado con leche de quinua, en base a los resultados (Anexo C, tabla C.12).

Tabla 4.13
Análisis de varianza para el atributo aroma del yogur fortificado con
leche de quinua

Fuente de varianza	Suma de Cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrado medios (CM)	F cal	F tab
Tratamientos	4,900	7	0,700	0,846	2,827
Jueces	55,300	14	3,950	4,773	2,269
Error	81,100	98	0,828	-	-
Total	141,300	119	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla 4.13, $F_{cal} < F_{tab}$ ($0,846 < 2,827$) para los tratamientos, por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada para una $p < 0.01$ y se puede decir que no hay diferencia estadísticamente significativa entre las muestras y por ende cualquier muestra elegida al azar es tomada en cuenta. Sin embargo, se tomó en cuenta la preferencia de los jueces es decir la muestra M1 (7,27), como la mejor opción.

4.3.3. EVALUACIÓN SENSORIAL PARA EL ATRIBUTO TEXTURA DEL YOGUR FORTIFICADO CON LECHE DE QUINUA

Los resultados promedios obtenidos de la evaluación sensorial para el atributo textura del yogur fortificado con leche de quinua en escala hedónica se muestra en la tabla 4.14, recopilados del (Anexo C, tabla C.13).

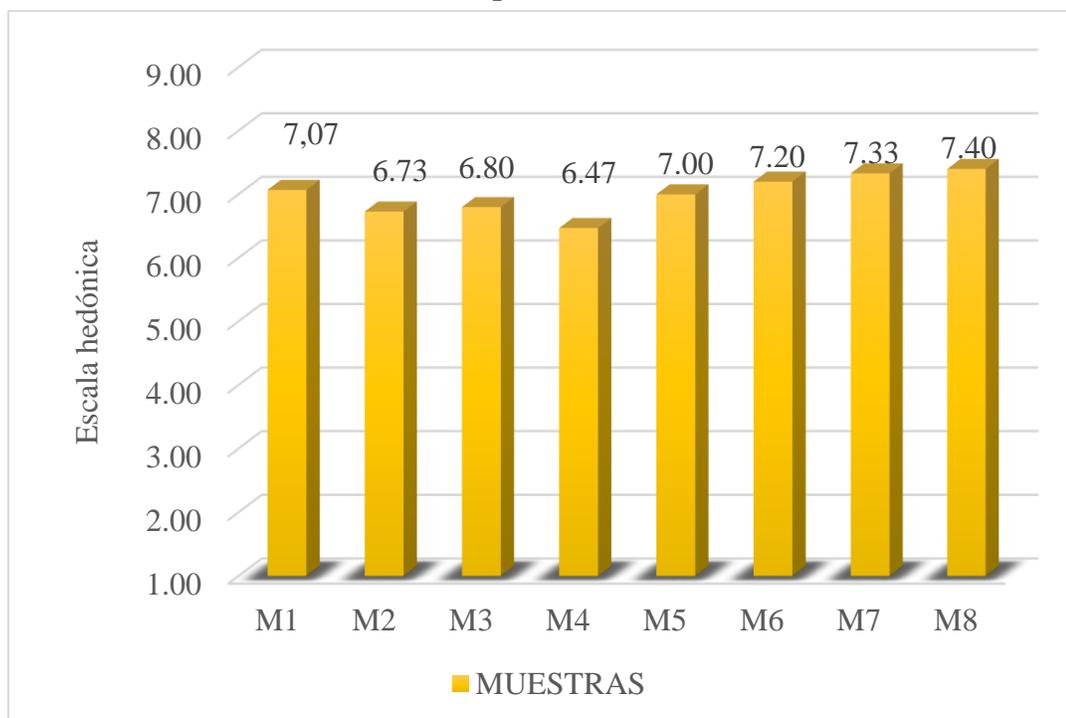
Tabla 4.14
Valores promedios para el atributo textura del yogur fortificado con leche de quinua

Jueces	MUESTRAS							
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
1	7	6	6	7	7	8	6	7
2	8	6	4	6	8	7	9	7
3	8	7	7	6	6	7	6	9
4	6	8	7	8	7	8	8	9
5	7	8	8	8	7	7	8	7
6	7	5	5	5	6	9	8	8
7	6	7	7	7	6	6	7	7
8	8	7	6	6	6	6	6	8
9	6	4	6	5	8	7	9	8
10	7	7	7	6	8	7	6	6
11	7	7	7	6	6	7	7	6
12	8	7	8	7	8	8	9	7
13	8	8	8	8	8	8	8	7
14	7	8	8	6	8	7	7	8
15	6	6	8	6	6	6	6	7
\bar{X}_i	7,07	6,73	6,80	6,47	7,00	7,20	7,33	7,40

Fuente: Elaboración propia

La figura 4.6, muestran los resultados promedios de la evaluación sensorial para el atributo textura del yogur fortificado con leche de quinua, extraídos de la tabla 4.14.

Figura 4.6
Valores promedios para el atributo textura del yogur fortificado con leche de quinua



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.6, se puede observar que las cuatro muestras de mayor agrado por los jueces de acuerdo a la evaluación sensorial realizada son las muestras: M1 (7,07); M6 (7,20); M7 (7,33) y M8 (7,40); en comparación a las muestras: M2 (6,73); M3 (6,80); M6 (6,47) y M5 (7,00), las cuales tienen menor puntaje en escala hedónica.

4.3.3.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA EL ATRIBUTO TEXTURA DEL YOGUR FORTIFICADO CON LECHE DE QUINUA

La tabla 4.15, muestra el análisis de varianza para el atributo aroma del yogur fortificado con leche de quinua, en base a los resultados (Anexo C, tabla C.14).

Tabla 4.15
Análisis de varianza para el atributo textura del yogur fortificado con leche de quinua

Fuente de varianza	Suma de Cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrado medios (CM)	F cal	F tab
Tratamientos	10,667	7	1,524	1,686	2,827
Jueces	26,750	14	1,911	2,114	2,269
Error	88,583	98	0,904	-	-
Total	126,000	119	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla 4.15, $F_{cal} < F_{tab}$ ($1,686 < 2,827$) para los tratamientos, por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada para una $p < 0.01$ y se puede decir que no hay diferencia estadísticamente significativa entre las muestras y por ende cualquier muestra elegida al azar es tomada en cuenta. Sin embargo, se tomó en cuenta la preferencia de los jueces es decir la muestra M8 (7.40), como la mejor opción.

En base a la evaluación sensorial realizada se determinó que la muestra M1 es la que tiene mayor puntaje para el atributo acidez (7,33); y aroma (7,27); mientras que la muestra M8 tiene mayor puntaje en cuanto a textura (7,40). Así mismo realizado el análisis estadístico para los tratamientos no existe evidencia estadística significativa: ya que $F_{cal} < F_{tab}$, para lo cual se acepta la hipótesis planteada para un $p < 0.01$.

4.4. EVALUACIÓN SENSORIAL PARA DETERMINAR LA MUESTRA FINAL DEL YOGUR FORTIFICADO CON LECHE DE QUINUA

Para determinar la muestra final se procedió a elaborar nuevamente las muestras (M1 y M8) del yogur fortificado con leche de quinua, debido que estas muestras fueron las de mayor puntaje y no se encontró diferencias significativas entre las muestras para los atributos acidez aroma y textura.

En tal sentido en el cuadro 4.3, se puede observar la nueva variación en la composición (leche de vaca, leche de quinua y cultivo lácteo) de las muestras de yogur fortificado con leche de quinua a ser evaluadas para determinar la muestra final.

Cuadro 4.3
Variación en las muestras del yogur fortificado con leche de quinua

Muestras	Leche de vaca (%)	Leche de quinua (%)	Azúcar (%)	Cultivo lácteo (%)
A	70	30	11,5	3×10^{-4}
B	70	40	11,5	4×10^{-4}

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se realizó una evaluación sensorial de las muestras, las cuales fueron evaluadas por 15 jueces no entrenados para los atributos acidez, aroma y textura en escala hedónica (Anexo B).

4.4.1. EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO ACIDEZ PARA DETERMINAR LA MUESTRA FINAL

La tabla 4.16, muestra los resultados promedios obtenidos de la evaluación sensorial; recopilados del (Anexo C, Tabla C.16), del atributo acidez para determinar la muestra final.

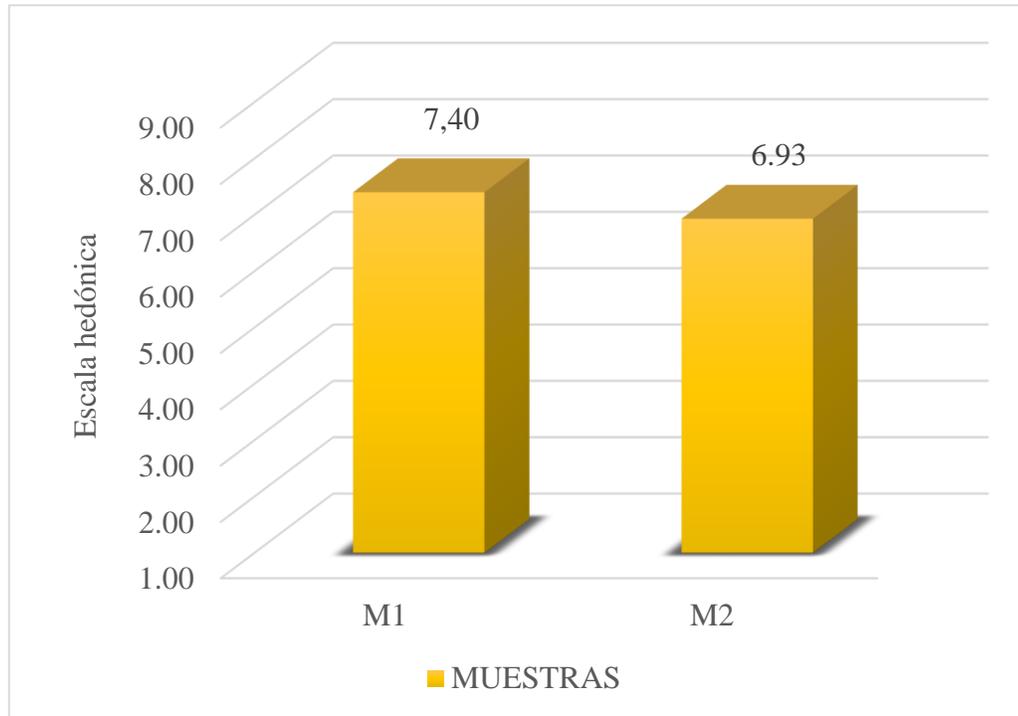
Tabla 4.16
Valores promedios del atributo acidez para determinar la muestra final

Jueces	Tratamientos	
	M1	M2
1	8	7
2	5	6
3	8	7
4	7	6
5	6	7
6	6	7
7	7	6
8	7	7
9	8	6
10	7	9
11	8	7
12	8	7
13	8	6
14	9	8
15	9	8
\bar{X}_i	7,40	6,93

Fuente: Elaboración propia

La figura 4.7, muestran los resultados promedios de la evaluación sensorial del atributo acidez para determinar la muestra final, extraídos de la tabla 4.16.

Figura 4.7
Valores promedios del atributo acidez para determinar la muestra final



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la figura 4.7, se observa que la muestra de mayor aceptación por los jueces es la muestra: M1 (7,40), en comparación con la muestra M2 (6,93), la cual tiene un menor puntaje en escala hedónica.

4.4.1.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ATRIBUTO ACIDEZ PARA DETERMINAR LA MUESTRA FINAL

La tabla 4.15, muestra el análisis de varianza del atributo acidez para determinar la muestra final, en base a los resultados (Anexo C, tabla C.17).

Tabla 4.17
Análisis de varianza del atributo acidez para determinar la muestra final

Fuente de varianza	Suma de Cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrado medios (CM)	F cal	F tab
Tratamientos	1,630	1	1,630	2,318	2,827
Jueces	18,667	14	1,333	1,892	2,269
Error	9,867	14	0,705	-	-
Total	30,167	29	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla 4.17, $F_{cal} < F_{tab}$ ($2,318 < 2,827$) para los tratamientos, por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada para una $p < 0.01$ y se puede decir que no hay diferencia estadísticamente significativa entre las muestras y por ende cualquier muestra elegida al azar es tomada en cuenta. Sin embargo, se tomó en cuenta la preferencia de los jueces es decir la muestra M1 (7,40), como la mejor opción para la muestra final.

4.4.2. EVALUACIÓN SENSORIAL PARA EL ATRIBUTO AROMA PARA DETERMINAR LA MUESTRA FINAL

La tabla 4.18, muestra los resultados promedios obtenidos de la evaluación sensorial; recopilados del (Anexo C, tabla C.18), del atributo aroma para determinar la muestra final.

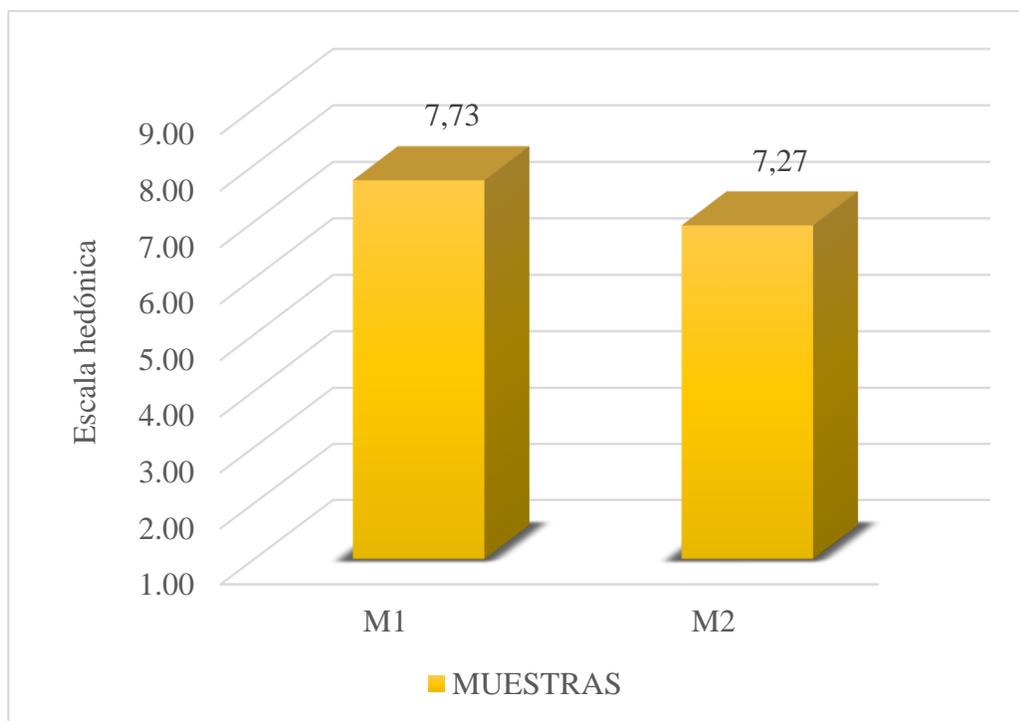
Tabla 4.18
Valores promedios del atributo aroma para determinar la muestra final

Jueces	Tratamientos	
	M1	M2
1	5	6
2	8	7
3	9	7
4	8	5
5	8	8
6	6	7
7	8	9
8	6	7
9	7	7
10	9	9
11	8	8
12	8	7
13	8	7
14	9	7
15	9	8
\bar{X}_i	7,73	7,27

Fuente: Elaboración propia

La figura 4.8, muestran los resultados promedios de la evaluación sensorial del atributo aroma para determinar la muestra final, extraídos de la tabla 4.18.

Figura 4.8
Valores promedios del atributo aroma para determinar la muestra final



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la figura 4.8, se observa que la muestra de mayor aceptación por los jueces es la muestra: M1 (7,73), en comparación con la muestra M2 (7,27), la cual tiene un menor puntaje en escala hedónica.

4.4.2.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ATRIBUTO AROMA PARA DETERMINAR LA MUESTRA FINAL

La tabla 4.19, muestra el análisis de varianza del atributo aroma para determinar la muestra final, en base a los resultados (Anexo C, tabla C.19).

Tabla 4.19
Análisis de varianza del atributo aroma para determinar la muestra final

Fuente de varianza	Suma de Cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrado medios (CM)	F cal	F tab
Tratamientos	1,633	1	1,633	2,104	2,827
Jueces	25,000	14	1,786	2,301	2,269
Error	10,867	14	0,776	-	-
Total	37,500	29	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla 4.19, $F_{cal} < F_{tab}$ ($2,104 < 2,827$) para los tratamientos, por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada para una $p < 0.01$ y se puede decir que no hay diferencia estadísticamente significativa entre las muestras y por ende cualquier muestra elegida al azar es tomada en cuenta. Sin embargo, se tomó en cuenta la preferencia de los jueces es decir la muestra M1 (7,73), como la mejor opción para la muestra final.

4.4.3. EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO TEXTURA PARA DETERMINAR LA MUESTRA FINAL

La tabla 4.20, muestra los resultados promedios obtenidos de la evaluación sensorial; recopilados del (Anexo C, tabla C.20), del atributo textura para determinar la muestra final.

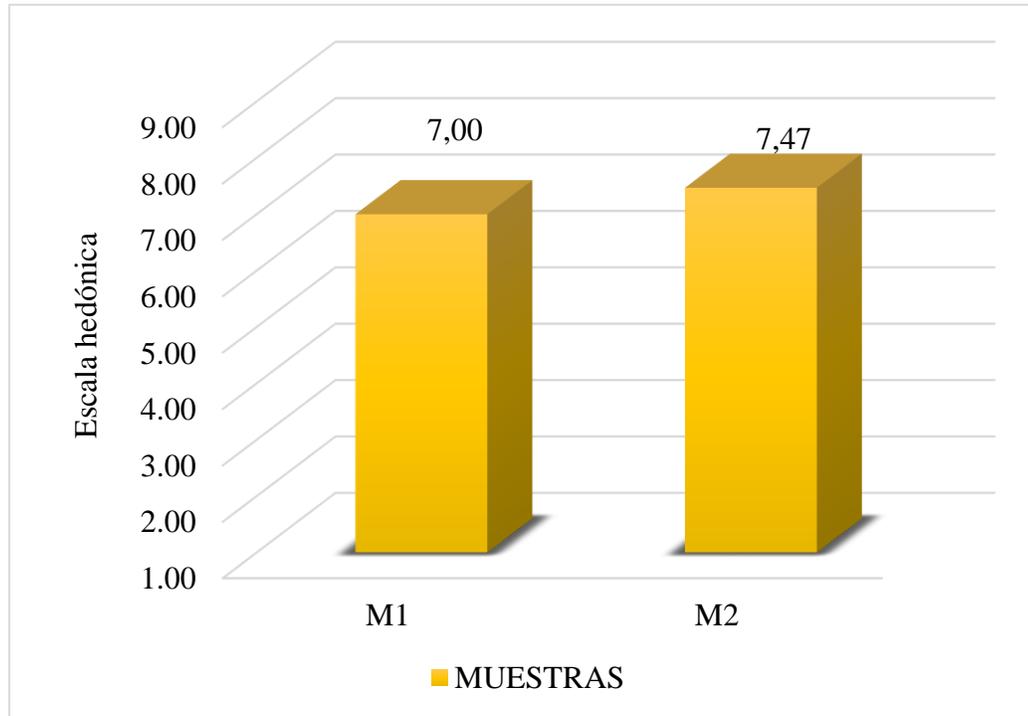
Tabla 4.20
Valores promedios del atributo textura para determinar la muestra final

Jueces	Tratamientos	
	M1	M2
1	7	8
2	7	9
3	8	7
4	7	5
5	7	7
6	5	7
7	6	4
8	5	7
9	7	8
10	8	9
11	8	7
12	7	8
13	7	8
14	8	9
15	8	9
\bar{X}_i	7,00	7,47

Fuente: Elaboración propia

La figura 4.9, muestra los resultados promedios de la evaluación sensorial del atributo textura para determinar la muestra final, extraídos de la tabla 4.20.

Figura 4.9
Valores promedios del atributo textura para determinar la muestra final



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la figura 4.9, se observa que la muestra de mayor aceptación por los jueces es la muestra: M2 (7,47), en comparación con la muestra M1 (7,00), la cual tiene un menor puntaje en escala hedónica.

4.4.3.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ATRIBUTO TEXTURA PARA DETERMINAR LA MUESTRA FINAL

La tabla 4.21, muestra el análisis de varianza del atributo textura para determinar la muestra final, en base a los resultados extraídos (Anexo C, Tabla C.21).

Tabla 4.21
Análisis de varianza del atributo textura para determinar la muestra final

Fuente de varianza	Suma de Cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrado medios (CM)	F cal	F tab
Tratamientos	1,633	1	1,633	1,777	2,827
Jueces	30,867	14	2,205	2,399	2,269
Error	12,866	14	0,919	-	-
Total	45,367	29	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla 4.21, $F_{cal} < F_{tab}$ ($1,777 < 2,827$) para los tratamientos, por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada para una $p < 0.01$ y se puede decir que no hay diferencia estadísticamente significativa entre las muestras y por ende cualquier muestra elegida al azar es tomada en cuenta. Sin embargo, se tomó en cuenta la preferencia de los jueces es decir la muestra M2 (7,47), como la mejor opción para la muestra final.

En base a la evaluación sensorial realizada se determinó que la muestra M2 es la que tiene mayor puntaje para el atributo: textura (7,47) en comparación con la muestra M1 (7,00). Respecto al atributo acidez y aroma la muestra M1 es la que tiene mayor puntaje (7,4 y 7,73) respectivamente. Así mismo realizado el análisis estadístico para los tratamientos no existe evidencia estadística significativa: ya que $F_{cal} < F_{tab}$, por lo tanto se acepta la hipótesis planteada para una $p < 0.01$.

La composición porcentual de la formulación del yogur fortificado con leche de quinua es:

- Leche de vaca pasteurizada 70 %
- Leche de quinua 30 %
- Cultivo lácteo 4×10^{-4} %

4.5. EVALUACIÓN SENSORIAL DEL PRODUCTO TERMINADO

Para valorar el producto terminado se procedió a evaluar la muestra de yogur fortificado con leche de quinua, por 15 jueces no entrenados en cuanto se refiere a los atributos acidez, aroma y textura en base a la escala hedónica (Anexo B).

La tabla 4.22, muestran los resultados promedios obtenidos de la evaluación sensorial; recopilados del (Anexo C, tabla C.23), para los atributos acidez, aroma y textura del yogur fortificado con leche de quinua en base a la escala hedónica.

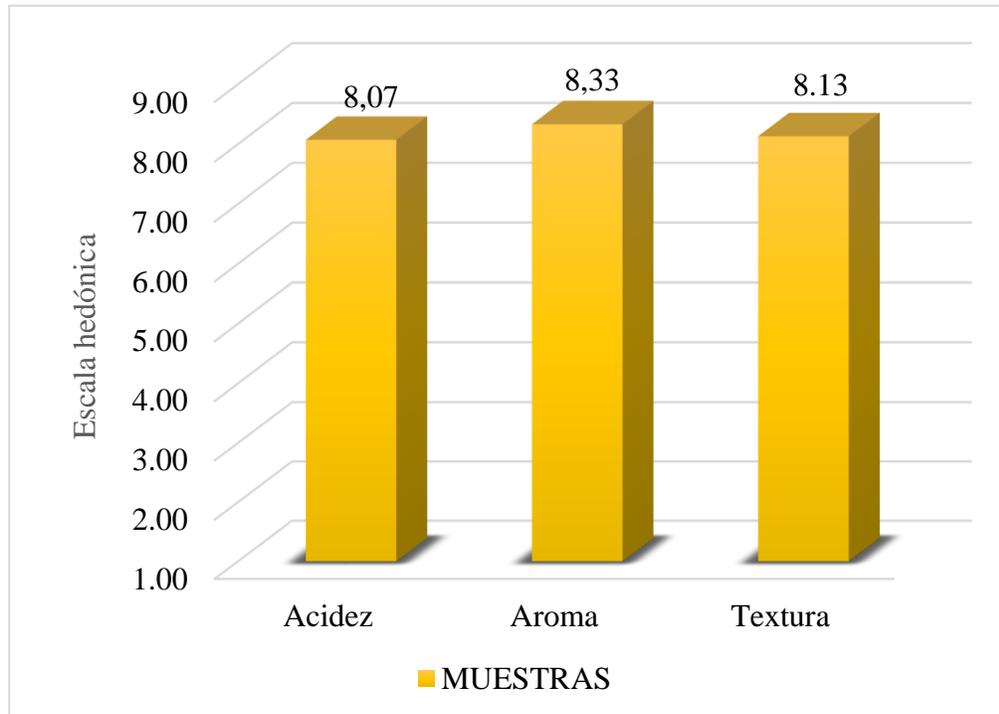
Tabla 4.22
Valores de los atributos sensoriales del producto terminado
yogur fortificado con leche de quinua

Jueces	Tratamientos		
	Acidez	Aroma	Textura
1	9	9	9
2	8	8	9
3	9	9	9
4	9	9	8
5	9	9	9
6	7	8	8
7	8	8	8
8	8	9	9
9	7	8	7
10	9	9	7
11	7	8	7
12	8	7	8
13	7	9	8
14	8	7	8
15	8	8	8
\bar{X}_i	8,07	8,33	8,13

Fuente: Elaboración propia

La figura 4.10, muestran los resultados promedios de la evaluación sensorial de los atributos sensoriales del yogur fortificado con leche de quinua extraídos de la tabla 4.22.

Figura 4.10
Valores promedios de los atributos sensoriales del producto terminado
yogur fortificado con leche de quinua



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la figura 4.10, se observa que los atributos de mayor agrado por los jueces son; aroma (8,33), y textura (8,13), y el que tiene menor puntaje es acidez (8,07), la cual tiene un menor puntaje en escala hedónica. Por lo tanto, el producto presenta unas características aceptables.

4.5.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS ATRIBUTOS SENSORIALES DEL PRODUCTO FINAL

La tabla 4.23, muestra el análisis de varianza de los atributos sensoriales del yogur fortificado con leche de quinua, en base a los resultados extraídos (Anexo C, tabla C.24).

Tabla 4.23
Análisis de varianza para los atributos sensoriales del producto terminado yogur fortificado con leche de quinua

Fuente de varianza	Suma de Cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrado medios (CM)	F cal	F tab
Tratamientos	0,578	1	0,578	0,859	2,827
Jueces	14,578	14	1,041	1,546	2,269
Error	9,422	14	0,673	-	-
Total	24,578	29	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla 4.23, $F_{cal} < F_{tab}$ ($0,859 < 2,827$) para los atributos, por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada para una $p < 0,01$ y se puede decir que no hay diferencia estadísticamente significativa entre las muestras y por ende cualquiera de los atributos puede ser elegida al azar.

En base a la evaluación sensorial realizada se determinó que los atributos: textura (8,13) y aroma (8,33) son los que tienen mayor puntaje; en comparación con el atributo acidez (8,07), el cual tiene menor puntaje en escala hedónica. 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 una $p < 0.01$.

Por lo tanto, el producto terminado tiene una buena aceptación organoléptica en cuanto se refiere a los atributos evaluados por los jueces.

4.6. DISEÑO EXPERIMENTAL EN LA ETAPA DE LICUADO PARA LA OBTENCIÓN DE LECHE DE QUINUA

Para determinar las variables (cantidad de quinua y tiempo) en el proceso de licuado de la quinua, se procedió a realizar el diseño factorial (tabla 3.10) con los niveles de variación (tabla 3.9), donde la variable respuesta fueron la cantidad de sólidos solubles expresada en °Brix. Los resultados se muestran en la tabla 4.24.

Tabla 4.24
Contenido de sólidos solubles en la etapa de licuado para la obtención de leche de quinua

Corrida s	Combinación de tratamientos	Interacciones		Réplica I	Réplica II	Total (Y_i)
		R	S			
1	(1)	65,00 g	2 min	4,70	4,60	9,30
2	R	75,00 g	2 min	5,10	4,90	10,00
3	S	65,00 g	4 min	5,00	5,30	10,30
4	RS	75,00 g	4 min	5,80	6,00	11,80
Total (Y_j)						41,40

Fuente: Elaboración propia

Donde:

- Q = Cantidad de quinua (g)
- R = Tiempo (min)
- QR = Interacción (Quinua – Tiempo)

La tabla 4.25, se muestran los resultados obtenidos del análisis de varianza (Anexo D) de los valores de la variable respuesta (sólidos solubles) para un diseño factorial 2^2 , en base a los resultados de la tabla 4.24.

Tabla 4.25
Análisis de varianza en la etapa de licuado para la obtención de leche de quinua

Fuente de varianza	Suma de Cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	F cal	F tab	Significancia
SS (Q)	0,605	1	0,605	26,889	6,740	Si
SS (R)	0,980	1	0,980	43,556	6,740	Si
SS (QR)	0,080	1	0,080	3,556	6,740	No
Error	0,090	4	0,022	-	-	-
Total	1,755	7	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.25, $F_{cal} > F_{tab}$ para los factores, por lo cual se puede decir que la cantidad de quinua (Q) y el tiempo (R), si influyen significativamente en la etapa de licuado de la quinua, para una $p < 0.01$.

4.7. DISEÑO EXPERIMENTAL PARA DETERMINAR LAS VARIABLES EN LA ETAPA DE FERMENTACIÓN DEL YOGUR FORTIFICADO CON LECHE DE QUINUA

Para determinar las variables (leche de vaca pasteurizada, leche de quinua y cultivo lácteo) en el proceso de fermentación, se procedió a realizar el diseño factorial (tabla 3.12) con los niveles de variación (tabla 3.11), donde la variable respuesta fue la acidez (porcentaje de ácido láctico). Los resultados se muestran en la tabla 4.26.

Tabla 4.26
Acidez expresada en porcentaje de ácido láctico del yogur fortificado con
leche de quinua

Combinación de tratamientos	Variables			Replica I	Replica II	Total (Y_i)
	A	B	C			
(1)	600,00 g	300,00 g	0,03 g	61	51	112
A	700,00 g	300,00 g	0,03 g	67	57	124
B	600,00 g	400,00 g	0,03 g	60	52	112
AB	700,00 g	400,00 g	0,03 g	63	54	117
C	600,00 g	300,00 g	0,04 g	63	53	116
AB	700,00 g	300,00 g	0,04 g	64	55	119
BC	600,00 g	400,00 g	0,04 g	64	53	115
ABC	700,00 g	400,00 g	0,04 g	67	51	118
Total (Y_i)						933

Fuente: Elaboración propia

Donde:

- A = Cantidad de leche de vaca pasteurizada (g)
- B = Cantidad de leche de quinua (g)
- C = Cantidad de cultivo lácteo (g)
- AB = Interacción (Leche de vaca pasteurizada – leche de quinua)
- AC = Interacción (Leche de vaca pasteurizada – cultivo lácteo)
- BC = Interacción (Leche de quinua – cultivo lácteo)
- ABC = Interacción (Leche de vaca pasteurizada – leche de quinua – cultivo lácteo)

La tabla 4.27, muestran los resultados obtenidos del análisis de varianza (Anexo D) de los valores de la variable respuesta (acidez) para un diseño factorial 2^3 , en base a los resultados de la tabla 4.26.

Tabla 4.27
Análisis de varianza para las variables del yogur fortificado con leche de quinua

Fuente de varianza (FV)	Suma de Cuadrados (SC)	Grados de Libertad (GL)	Cuadrados Medios (CM)	Fcal	Ftab	Significancia
Total	485,44	15	-	-	-	-
SS (A)	33,06	1	33,06	0,61	5,32	No
SS (B)	5,06	1	5,06	0,09	5,32	No
SS (C)	0,56	1	0,56	0,01	5,32	No
SS (AB)	3,06	1	3,06	0,06	5,32	No
SS (AC)	7,56	1	7,56	0,14	5,32	No
SS (BC)	1,56	1	1,56	0,03	5,32	No
SS (ABC)	3,06	1	3,06	0,06	5,32	No
SS (E)	431,50	8	53,94	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.27, los factores: cantidad de leche de vaca pasteurizada (A), cantidad de leche de quinua (B), concentración de cultivo lácteo (C) y las interacciones: (AB) leche de vaca pasteurizada – leche de quinua, (AC) leche de vaca pasteurizada – cultivo lácteo, (BC) Leche de quinua – cultivo lácteo, (ABC) leche de vaca pasteurizada – leche de quinua – cultivo lácteo, no son significativos en el proceso de fermentación 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 fermentación del yogur fortificado con leche de quinua.

4.8. CONTROL DE pH EN EL PROCESO DE FERMENTACIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE YOGUR FORTIFICADO CON LECHE DE QUINUA

Una vez definida las variables en la etapa de fermentación (leche de vaca pasteurizada, leche de quinua y cultivo lácteo) se procedió a controlar el pH en intervalos de 30 minutos manteniendo una temperatura constante hasta alcanzar un pH = 4,70, con la finalidad de establecer el tiempo de fermentación más adecuado del proceso de elaboración de yogur fortificado con leche de quinua en base a las ocho muestras analizadas.

La tabla 4.28, muestra los resultados obtenidos de los valores de pH realizados cada media hora durante la etapa de fermentación del yogur fortificado con leche de quinua con la finalidad de determinar el tiempo de corte del yogur a un pH de 4,70.

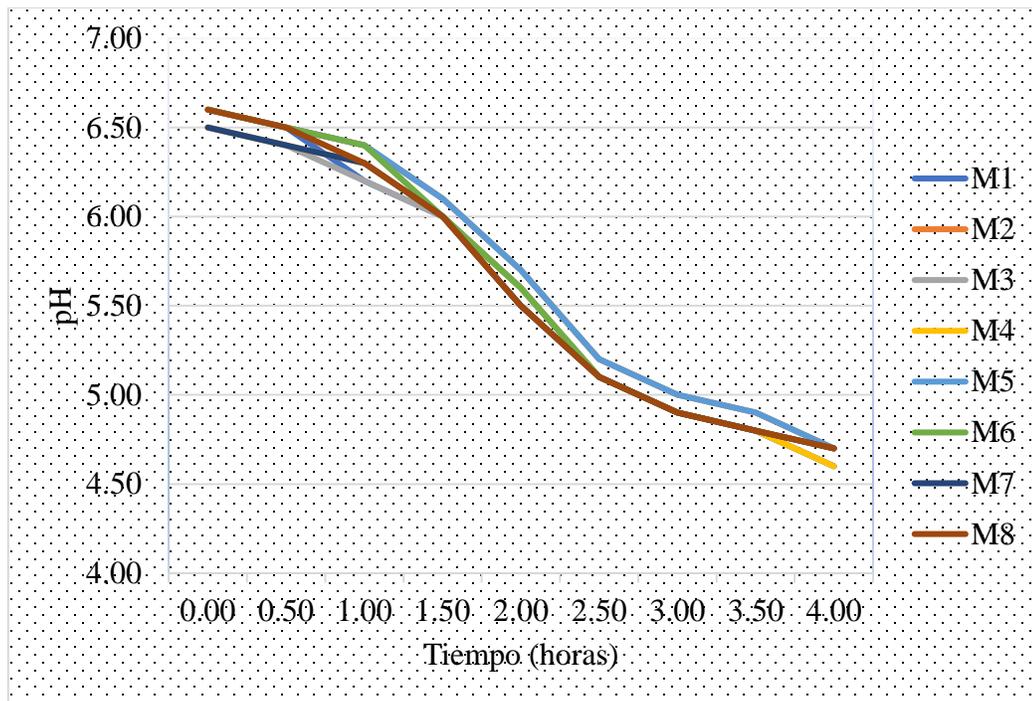
Tabla 4.28
Variación del pH del yogur fortificado con leche de quinua en la etapa de fermentación

Muestras	Tiempo (horas)								
	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
M1	6,6	6,5	6,2	6,0	5,6	5,1	4,9	4,8	4,6
M2	6,6	6,5	6,4	6,1	5,7	5,2	5,0	4,9	4,7
M3	6,5	6,4	6,2	6,0	5,5	5,1	4,9	4,8	4,6
M4	6,5	6,4	6,3	6,0	5,6	5,1	4,9	4,8	4,6
M5	6,6	6,5	6,4	6,1	5,7	5,2	5,0	4,9	4,7
M6	6,6	6,5	6,4	6,0	5,6	5,1	4,9	4,8	4,6
M7	6,5	6,4	6,3	6,0	5,5	5,1	4,9	4,8	4,7
M8	6,6	6,5	6,3	6,0	5,5	5,1	4,9	4,8	4,7

Fuente: Elaboración propia

La figura 4.11, detalla de forma gráfica, los valores obtenidos de pH (tabla 4.28) realizados cada media hora durante la etapa de fermentación del yogur fortificado con leche de quinua, con la finalidad de determinar el tiempo de corte del yogur a un pH de 4.7.

Figura 4.11
Variación del pH del yogur fortificado con leche de quinua en la etapa de fermentación



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la figura 4.11, las muestras analizadas: M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7, alcanzan un pH óptimo a las 4.0 horas de fermentación, así mismo se puede notar que a medida que se alarga el tiempo de fermentación el pH disminuye.

4.9. CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO TERMINADO YOGUR FORTIFICADO CON LECHE DE QUINUA

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

4.9.1. ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DEL PRODUCTO TERMINADO

La tabla 4.29, muestra los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico realizado al yogur fortificado con leche de quinua (Anexo A), llevados a cabo en el Centro de Análisis de Investigación y Desarrollo (CEANID).

Tabla 4.29
Resultados del análisis fisicoquímico del producto terminado

Parámetros	Unidad de medida	Resultado
Acidez (Ácido láctico)	%	0,66
Cenizas	%	0,55
Hidratos de carbono	%	15,40
Calcio total	mg/100 g	58,90
Humedad	%	80,10
Materia grasa	%	0,87
Proteína total	%	2,37
Valor energético	Kcal/100 g	78,91

Fuente: CEANID, 2017

La tabla 4.29, indica los resultados obtenidos de las propiedades fisicoquímicas de la leche, la cual tiene una composición de: acidez (ácido láctico) de 0,66 %, cenizas 0,55 %, hidratos de carbono 15,40 %, calcio total 58,90 mg/100 g, humedad 80,10 %, materia grasa 0,87%, proteína total 2.37 % y valor energético 78,91 Kcal/100 g.

4.9.2. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL PRODUCTO TERMINADO

La tabla 4.30, muestra los resultados obtenidos del análisis microbiológico realizado al yogur fortificado con leche de quinua (Anexo A), llevados a cabo en el Centro de Análisis de Investigación y Desarrollo (CEANID).

Tabla 4.30
Análisis microbiológico del producto terminado yogur fortificado con leche de quinua

Parámetros	Unidad de medida	Resultado
Coliformes totales	UFC/g	< 10
Coliformes fecales	UFC/g	< 10
Mohos y levaduras	UFC/g	< 10

Fuente: CEANID, 2017

4.9.3. CONTROL DE pH DEL YOGUR FORTIFICADO CON LECHE DE QUINUA DURANTE EL ALMACENAMIENTO

Se procedió a realizar el control de pH del yogur fortificado con leche de quinua durante su almacenamiento en condiciones de refrigeración (4 °C); con la finalidad de verificar si el producto mantiene las condiciones de pH inicial (4.70). Así también sus características fisicoquímicas, como ser: color, olor y sabor.

El cuadro 4.4 muestra los valores de la variación de pH en función del tiempo de almacenamiento del yogur fortificado con leche de quinua.

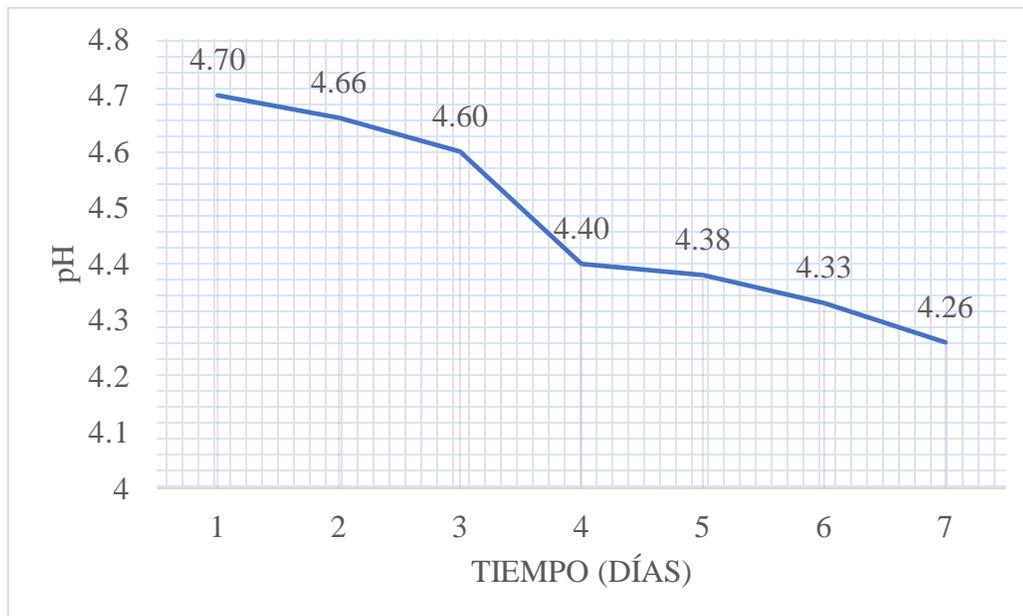
Cuadro 4.4
Valores de pH del yogur fortificado con leche de quinua

Días	pH
1	4,70
2	4,66
3	4,60
4	4,40
5	4,38
6	4,33
7	4,26

Fuente: Elaboración propia

La figura 4.12, muestra los valores de pH en función del tiempo (días) de almacenamiento para el yogur fortificado con leche de quinua.

Figura 4.12
Control del pH en la etapa de almacenamiento del yogur fortificado con leche de quinua



Fuente: Elaboración propia

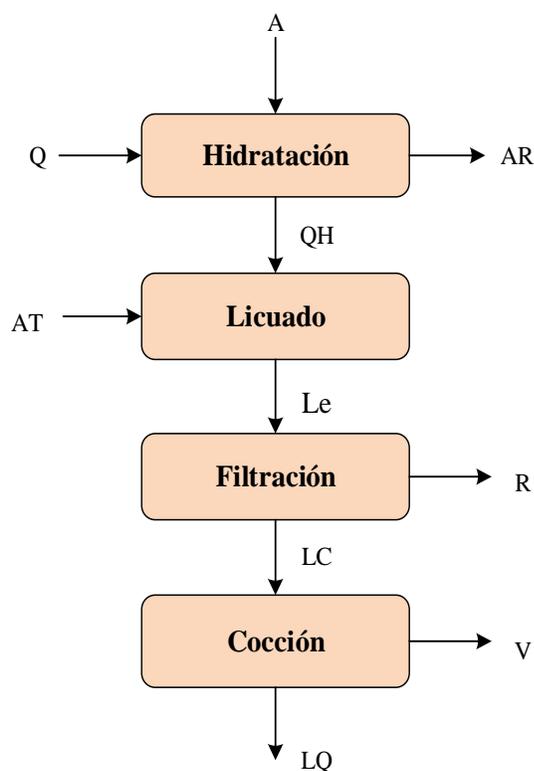
Como se puede observar en la figura 4.15, el valor del pH en el yogur fortificado con leche de quinua durante el almacenamiento comienza a variar desde el 4^{to} día (pH = 4,40) hasta el 7^{mo} día (pH = 4,26).

En cuanto a las propiedades organolépticas del yogur fortificado con leche de quinua se pudo observar que a partir del 7^{mo} día se percibe sabor y olor ácido.

4.10. BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE LECHE DE QUINUA

El balance de materia se realizó tomando en cuenta con el siguiente diagrama de bloque:

Figura 4.13
Proceso de elaboración de leche de quinua



Fuente: Elaboración propia

Donde:

A = Agua (g)

Q = Quinua real (g)

AR = Agua residual (g)

QH = Quinua hidratada (g)

AT = Agua tratada (g)

Le = Lechada (g)

R = Residuos (g)

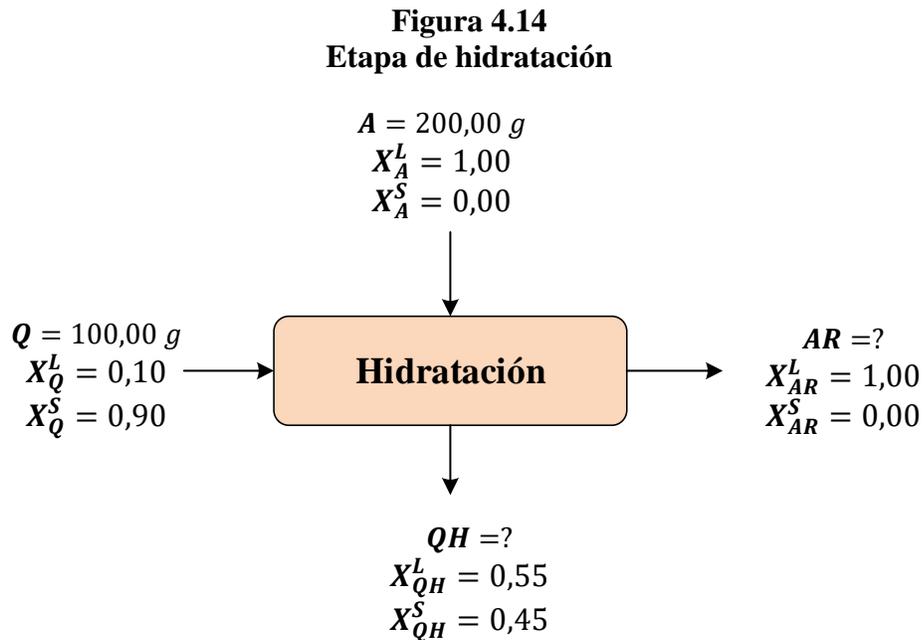
LC = Leche cruda (g)

V = Vapor (g)

LQ = Leche de quinua (g)

4.10.1. BALANCE DE MATERIA EN LA ETAPA DE HIDRATACIÓN

La figura 4.14, muestra la etapa de hidratación para el inicio de la obtención de la leche de quinua y realizar el balance de materia



Donde:

L = Agua

S = Solidos

Balance general de materia en la etapa de hidratación

$$A + Q = AR + QH \quad (\text{Ecuación: 4.1})$$

Balance parcial de materia en sólidos en la etapa de hidratación

$$A * X_A^S + Q * X_Q^S = AR * X_{AR}^S + QH * X_{QH}^S \quad (\text{Ecuación: 4.2})$$

$$Q * X_Q^S = QH * X_{QH}^S$$

$$QH = \frac{Q * X_Q^S}{X_{QH}^S} \quad (\text{Ecuación: 4.3})$$

$$QH = \frac{100,00 \text{ g} * (0,90)}{0,45}$$

$QH = 200,00 \text{ g de quinua hidratada}$

Entonces:

$$A + Q = AR + QH$$

$$AR = A + Q - QH \quad (\text{Ecuación: 4.4})$$

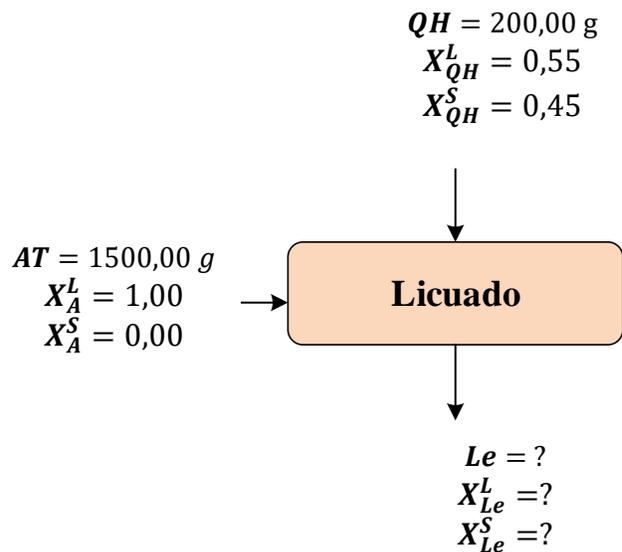
$$AR = 200,00 \text{ g} + 100,00 \text{ g} - 200,00 \text{ g}$$

$AR = 100,00 \text{ g de agua residual}$

4.10.2. BALANCE DE MATERIA EN LA ETAPA DE LICUADO

La figura 4.15, muestra la etapa de licuado para realizar el balance de materia

Figura 4.15
Etapa de licuado



Balance general de materia en la etapa de licuado

$$QH + AT = Le \quad (\text{Ecuación: 4.5})$$

$$Le = 1500,00 \text{ g} + 200,00 \text{ g}$$

$Le = 1700,00 \text{ g}$ de leche de quinua

Balance parcial de materia en sólidos en la etapa de licuado

$$QH * X_{QH}^S + AT * X_A^S = Le * X_{Le}^S \quad (\text{Ecuación: 4.6})$$

$$X_{Le}^S = \frac{QH * X_{QH}^S}{Le} \quad (\text{Ecuación: 4.7})$$

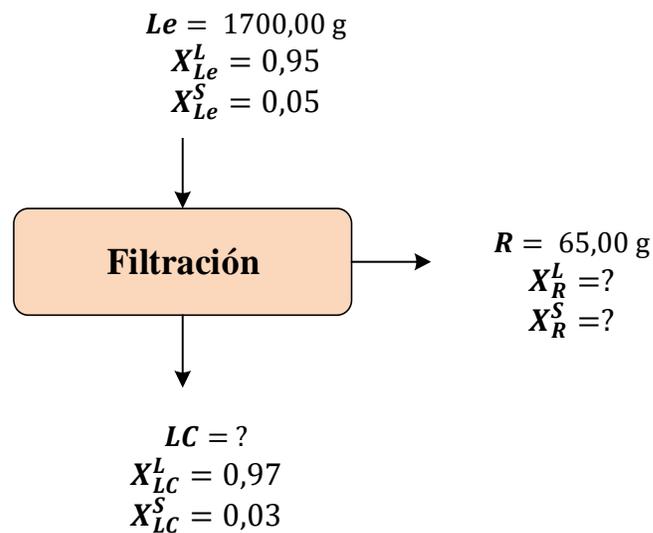
$$X_{Le}^S = \frac{200,00 \text{ g} * (0,45)}{1700,00 \text{ g}}$$

$X_{Le}^S = 0,05$ de sólidos en la leche de quinua

4.10.3. BALANCE DE MATERIA EN LA ETAPA DE FILTRACIÓN

La figura 4.16, muestra la etapa de filtración para realizar el balance de materia

Figura 4.16
Etapa de filtrado



Balance general de materia en la etapa de filtrado de la leche de quinua

$$Le = R + LC \quad (\text{Ecuación: 4.8})$$

$$LC = Le - R \quad (\text{Ecuación: 4.9})$$

$$LC = 1700,00 \text{ g} - 65,00 \text{ g}$$

$LC = 1635,00 \text{ g}$ de leche cruda de quinua

Balance parcial de materia en sólidos en la etapa de filtración

$$Le * X_{Le}^S = R * X_R^S + LC * X_{LC}^S \quad (\text{Ecuación: 4.10})$$

$$X_R^S = \frac{Le * X_{Le}^S - LC * X_{LC}^S}{R} \quad (\text{Ecuación: 4.11})$$

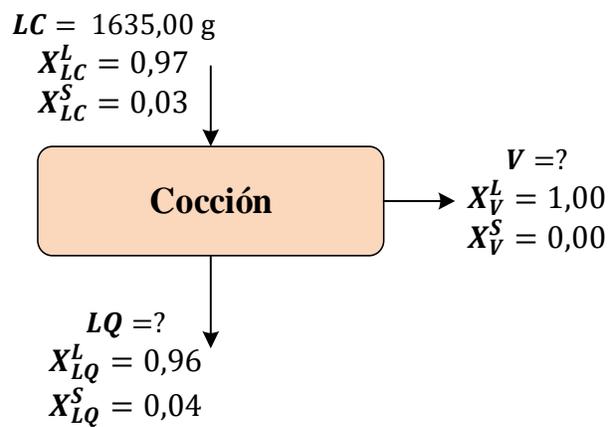
$$X_R^S = \frac{1700,00 \text{ g} * (0,05) - 1635,00 * (0,03)}{65,00 \text{ g}}$$

$X_R^S = 0,55$ de solidos en los residuos de quinua

4.10.4. BALANCE DE MATERIA EN LA ETAPA DE COCCIÓN

La figura 4.17, muestra la etapa de cocción para realizar el balance de materia

Figura 4.17
Etapa de cocción



Balance general de materia en la etapa de cocción de la leche de quinua

$$LC = V + LQ \quad (\text{Ecuación: 4.12})$$

Balance parcial de materia en sólidos en la etapa de cocción de la leche de quinua

$$LC * X_{LC}^S = V * X_V^S + LQ * X_{LQ}^S \quad (\text{Ecuación: 4.13})$$

$$LQ = \frac{LC * X_{LC}^S}{X_{LQ}^S} \quad (\text{Ecuación: 4.14})$$

$$LQ = \frac{1635,00 \text{ g} * (0,03)}{0,04 \text{ g}}$$

$LQ = 1226,25 \text{ g}$ de leche de quinua

Entonces:

$$V = LC - LQ$$

$$V = 1635,00 \text{ g} - 1226,25 \text{ g} \quad (\text{Ecuación: 4.15})$$

$V = 408,75 \text{ g}$ de vapor

4.11. RENDIMIENTO DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE LECHE DE QUINUA

$$R = \frac{\text{Leche de quinua cocida}}{\text{Leche de quinua cruda}} * 100\% \quad (\text{Ecuación: 4.16})$$

$$R = \frac{1226,25 \text{ g}}{1635,00 \text{ g}} * 100\%$$

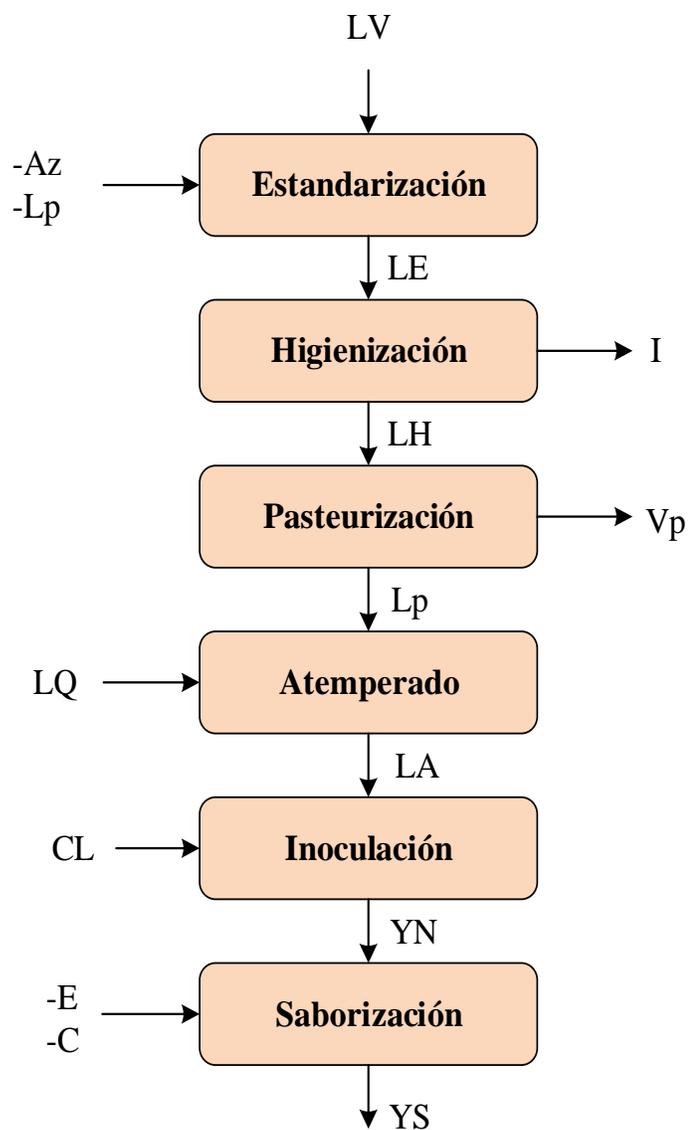
$R = 75\%$

El rendimiento del proceso para la obtención de leche de quinua es de 75%

4.12. BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN DEL YOGUR FORTIFICADO CON LECHE DE QUINUA

El balance de materia se realizó tomando en cuenta el diagrama de bloques para el proceso de elaboración del yogur fortificado con leche de quinoa presentado en la figura 4.18, en una base de cálculo de 2 litros de mezcla base.

Figura 4.18
Proceso de elaboración del yogur fortificado con leche de quinoa



Fuente: Elaboración propia

Donde:

LV = Leche de Vaca (g)

Az = Azúcar (g)

Lp = Leche en polvo (g)

LE = Leche Estandarizada (g)

LH = Leche Higienizada (g)

LP = Leche pasteurizada (g)

Vp = Agua evaporada (g)

LA = Leche Atemperada (g)

CL = Cultivo Lácteo (g)

E = Esencia (g)

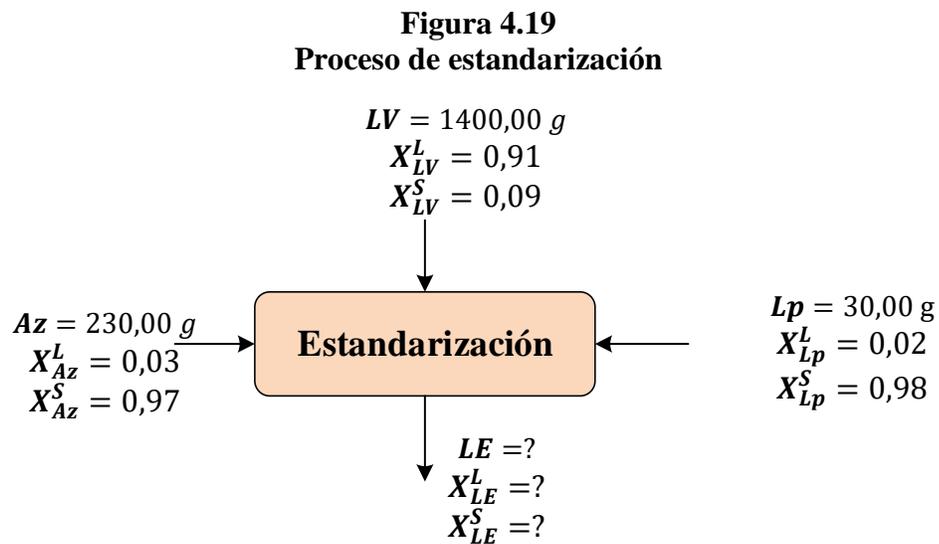
C = Colorante (g)

YN = Yogur natural (g)

YS = Yogur saborizado (g)

4.12.1. BALANCE DE MATERIA EN LA ETAPA DE ESTANDARIZACIÓN

La figura 4.19, muestra la etapa de estandarización para la obtención de yogur fortificado con leche de quinua y realizar el balance de materia.



Donde:

L = Agua

S = Sólidos

Balance general de materia en la etapa de estandarización

$$LV + Az + LP = LE \quad (\text{Ecuación: 4.17})$$

$$LE = 1400,00 \text{ g} + 230,00 \text{ g} + 30,00 \text{ g}$$

LE = 1660,00 g de leche estandarizada

Balance parcial de materia de sólidos en la etapa de estandarización

$$LV * X_{LV}^S + Az * X_{Az}^S + LP * X_{LP}^S = LE * X_{LE}^S \quad (\text{Ecuación: 4.18})$$

$$X_{LE}^S = \frac{LV * X_{LV}^S + Az * X_{Az}^S + LP * X_{LP}^S}{LE} \quad (\text{Ecuación: 4.19})$$

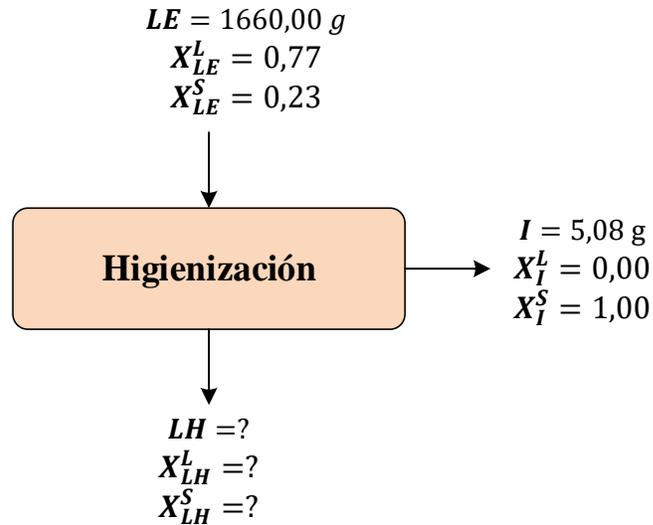
$$X_{LE}^S = \frac{1400,00 \text{ g} * (0,09) + 230,00 \text{ g} * (0,97) + 30,00 \text{ g} * (0,98)}{1660,00 \text{ g}}$$

$X_{LE}^S = 0,23$ de sólidos en la etapa de estandarización

4.12.2. BALANCE DE MATERIA EN LA ETAPA DE HIGIENIZACIÓN

La figura 4.20, muestra la etapa de higienización para la obtención de yogur fortificado con leche de quinua y realizar el balance de materia

Figura 4.20
Etapa de higienización



Balance general de materia en la etapa de higienización

$$LE = I + LH \quad (\text{Ecuación: 4.20})$$

$$LH = LE - I \quad (\text{Ecuación: 4.21})$$

$$LH = 1660,00 \text{ g} - 5,08 \text{ g}$$

$LE = 1654,92 \text{ g}$ de leche higienizada

Balance parcial de materia de sólidos en la etapa de higienización

$$LE * X_{LE}^L = I * X_I^L + LH * X_{LH}^L \quad (\text{Ecuación: 4.22})$$

$$X_{LH}^L = \frac{LE * X_{LE}^L}{LH} \quad (\text{Ecuación: 4.23})$$

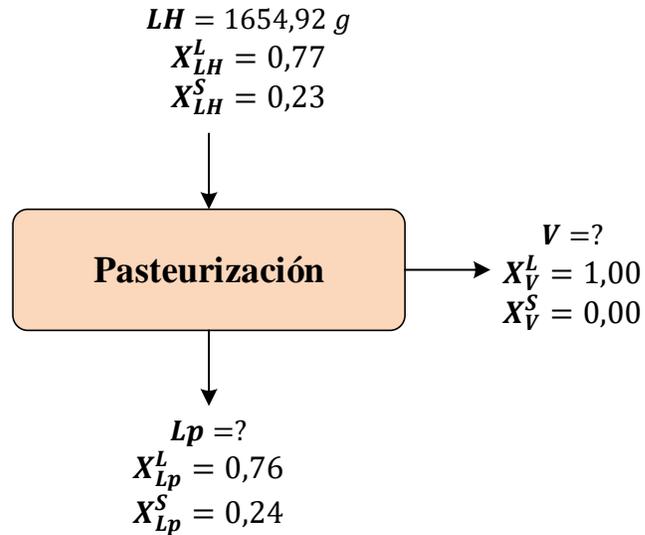
$$X_{LH}^L = \frac{1660,00 \text{ g} * (0,77)}{1654,92 \text{ g}}$$

$X_{LH}^L = 0,77$ de liquido en la etapa de higienización

4.12.3. BALANCE DE MATERIA EN LA ETAPA DE PASTEURIZACIÓN

La figura 4.21, muestra la etapa de pasteurización para la obtención de yogur fortificado con leche de quinua y realizar el balance de materia.

Figura 4.21
Etapa de pasteurización



Balance general de materia en la etapa de pasteurización

$$LH = V + Lp \quad (\text{Ecuación: 4.24})$$

Balance parcial de materia de sólidos en la etapa de pasteurización

$$LH * X_{LH}^S = V * X_V^S + Lp * X_{Lp}^S \quad (\text{Ecuación: 4.25})$$

$$Lp = \frac{LH * X_{LH}^S}{X_{Lp}^S} \quad (\text{Ecuación: 4.26})$$

$$Lp = \frac{1654,92 \text{ g} * (0,23)}{(0,24)}$$

$Lp = 1585,96 \text{ g}$ de leche pasteurizada

Entonces:

$$V = LH - Lp \quad (\text{Ecuación: 4.27})$$

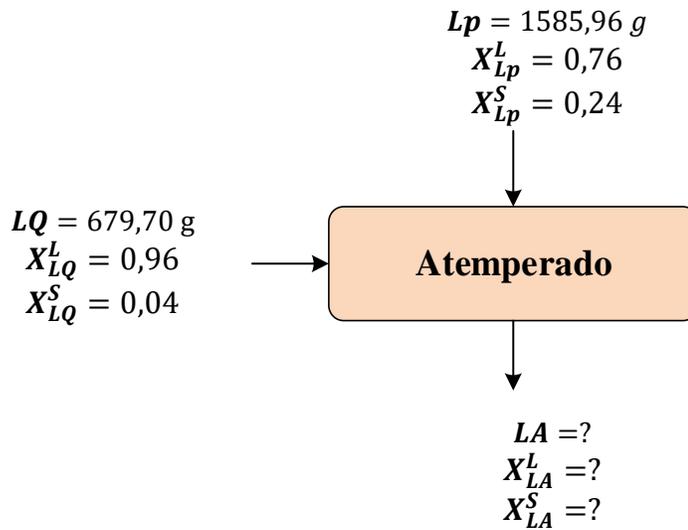
$$V = 1654,92 \text{ g} - 1585,96 \text{ g}$$

$V = 68,96 \text{ g de vapor de agua}$

4.12.4. BALANCE DE MATERIA EN LA ETAPA DE ATEMPERADO

La figura 4.22, muestra la etapa de atemperado para la obtención de yogur fortificado con leche de quinua y realizar el balance de materia

Figura 4.22
Etapa de atemperado



Balance general de materia en la etapa de atemperado

$$Lp + LQ = LA \quad (\text{Ecuación: 4.28})$$

$$LA = 1585,96 \text{ g} + 679,70 \text{ g}$$

$LA = 2265,66 \text{ g de leche atemperada}$

Balance parcial de materia de sólidos en la etapa de atemperado

$$Lp * X_{Lp}^S + LQ * X_{LQ}^S = LA * X_{LA}^S \quad (\text{Ecuación: 4.29})$$

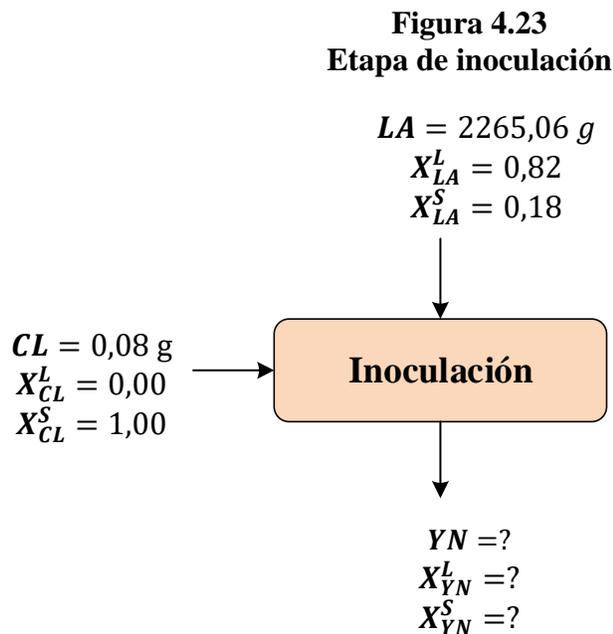
$$X_{LA}^S = \frac{Lp * X_{Lp}^S + LQ * X_{LQ}^S}{X_{LA}^S} \quad (\text{Ecuación: 4.30})$$

$$X_{LA}^S = \frac{1585,96 \text{ g} * (0,24) + 679,70 \text{ g} * (0,04)}{2265,66 \text{ g}}$$

$X_{LA}^S = 0,18$ de sólidos en la etapa de atemperado

4.12.5. BALANCE DE MATERIA EN LA ETAPA DE INOCULACIÓN

La figura 4.23, muestra la etapa de inoculación para la obtención de yogur fortificado con leche de quinua y realizar el balance de materia



Balance general de materia en la etapa de inoculación

$$LA + CL = YN \quad (\text{Ecuación: 4.31})$$

$$YN = 2265,66 \text{ g} + 0,08 \text{ g}$$

$YN = 2265,74 \text{ g}$ de yogur natural fortificado

Balance parcial de materia de sólidos en la etapa de inoculación

$$LA * X_{LA}^S + CL * X_{CL}^S = YN * X_{YN}^S \quad (\text{Ecuación: 4.32})$$

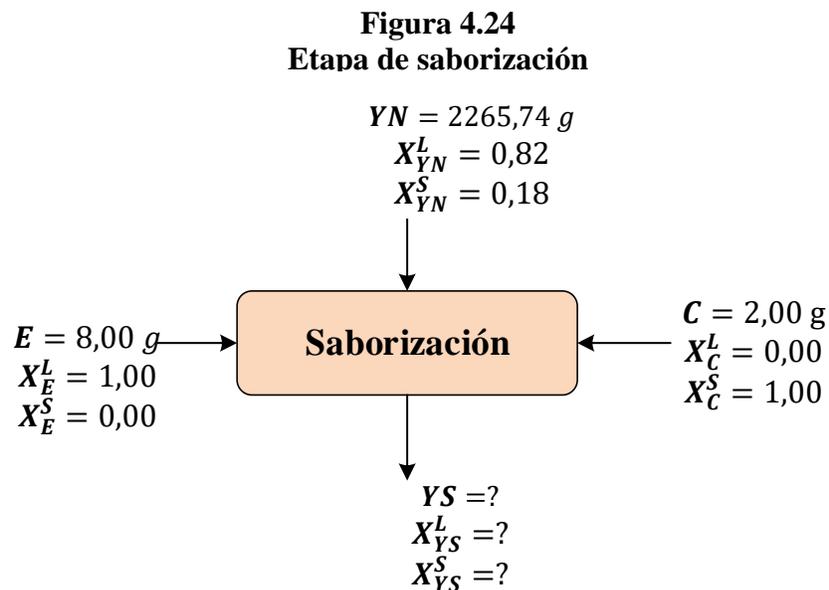
$$X_{YN}^S = \frac{LA * X_{LA}^S + CL * X_{CL}^S}{YN} \quad (\text{Ecuación: 4.33})$$

$$X_{YN}^S = \frac{2265,66 \text{ g} * (0,18) + 0,08 \text{ g} * (1)}{2265,74 \text{ g}}$$

$X_{YN}^S = 0,18$ de sólidos en la etapa de inoculación

4.12.6. BALANCE DE MATERIA EN LA ETAPA DE SABORIZACIÓN

En la figura 4.24, se muestra la etapa de saborización, para realizar el balance de materia.



Balance general de materia en la etapa de saborización

$$YN + E + C = YS \quad (\text{Ecuación: 4.34})$$

$$YS = 2265,74 \text{ g} + 8,00 \text{ g} + 2,00 \text{ g}$$

YS = 2275,74 g de yogur fortificado con leche de quinua sabor frutilla

Balance parcial de materia en sólidos en la etapa de saborización

$$YN * X_{YN}^S + E * X_E^S + C * X_C^S = YS * X_{YS}^S \quad (\text{Ecuación: 4.35})$$

$$X_{YS}^S = \frac{YN * X_{YN}^S + C * X_C^S}{YS} \quad (\text{Ecuación: 4.36})$$

$$X_{YS}^S = \frac{2265,74 \text{ g} * (0,18) + 2,00 \text{ g} * (1)}{2275,74 \text{ g}}$$

$X_{YS}^S = 0,18$ de sólidos presentes en el producto final

4.13. RENDIMIENTO DEL PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DEL YOGUR FORTIFICADO CON LECHE DE QUINUA

$$R = \frac{\text{Leche atemperada}}{\text{Yogur fortificado}} * 100\% \quad (\text{Ecuación: 4.37})$$

$$R = \frac{2265,66 \text{ g}}{2275,74 \text{ g}} * 100\%$$

R = 99 %

El rendimiento del proceso para la obtención del yogur fortificado con leche de quinua es de 99 %.

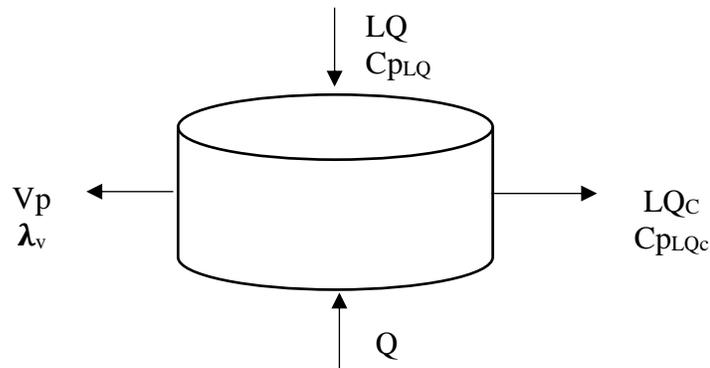
4.14. BALANCE DE ENERGÍA PARA EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE LECHE DE QUINUA

El balance de energía se basa en la Ley de la Conservación de Energía la cual indica que, en un proceso, la energía no se crea ni se destruye, solo se transforma (M. Lavoisier, 1794)

Para realizar el balance de energía en el proceso de elaboración de leche de quinua se tomó en cuenta la etapa de cocción.

4.14.1. BALANCE DE ENERGÍA EN EL PROCESO DE COCCIÓN DE LECHE DE QUINUA

Figura 4.25
Balance de energía en la etapa de cocción



Donde:

LQ = Leche de Quinua (1,5 Kg)

LQ_c = Leche de Quinua cocida (1,1 Kg)

V_p = Masa de Agua Evaporada (0,409 Kg)

Q = Cantidad de calor requerido (Kcal)

T_i = Temperatura inicial (°C)

T_f = Temperatura final (°C)

λ_v = Calor latente de vaporización (537,5 Kcal/Kg)

C_p = Capacidad calorífica (Kcal/Kg °C)

Según (Barderas, 1994), para realizar el balance de energía, se tomó en cuenta las siguientes ecuaciones:

$$Q = m * cp * \Delta T \quad (\text{Ecuación: 4.38})$$

$$Q_1 = Q_{olla} + Q_{LQc} + (m_v * \lambda_v) \quad (\text{Ecuación: 4.39})$$

Para calcular la cantidad de energía necesaria para la olla, se utilizó la ecuación 4.38.

Donde $cp_{olla} = 0,122 \text{ Kcal/kg } ^\circ\text{C}$ (Kurt, 2007), reemplazando:

$$Q_{olla} = 0,900 \text{ kg} * 0,122 \frac{\text{Kcal}}{\text{kg } ^\circ\text{C}} * (93 - 15) ^\circ\text{C}$$

$Q_{olla} = 8,564 \text{ Kcal}$ requeridas para calentar la olla

Según (Torrejón, 2015), para calcular la capacidad calorífica (Cp) se utiliza la siguiente ecuación:

$$Cp = \frac{P}{100} + 0,2 \left(\frac{100 - P}{100} \right) \left[\frac{\text{kcal}}{\text{kg } ^\circ\text{C}} \right] \quad (\text{Ecuación: 4.40})$$

Dónde: P = Contenido de agua en %

- Calculando el calor específico de la leche de quinua:

P = 96 % (CEANID, 2017)

$$Cp = \frac{96}{100} + 0,2 \left(\frac{100 - 96}{100} \right)$$

$$Cp_{LQc} = 0,968 \frac{\text{kcal}}{\text{kg } ^\circ\text{C}}$$

Reemplazando los valores encontrados en la ecuación 4.36, se tiene:

$$Q_{LQc} = 1,5 \text{ Kg} * 0,968 \frac{\text{kcal}}{\text{kg } ^\circ\text{C}} * (93 - 20) ^\circ\text{C}$$

$Q_{LQc} = 105,996 \text{ kcal}$ calor requerido en la leche de quinua

De acuerdo a la ecuación 4.39, se determinó la cantidad total de calor requerido para la cocción de la leche de quinua a temperatura de ebullición (93 °C), utilizando las pérdidas de la leche por efecto de incrementar la temperatura.

$$Q_1 = 8,564 \text{ Kcal} + 105,996 \text{ Kcal} + \left(0,409 \text{ Kg} * 537,500 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}\right)$$

$$Q_1 = 334,487 \text{ Kcal}$$

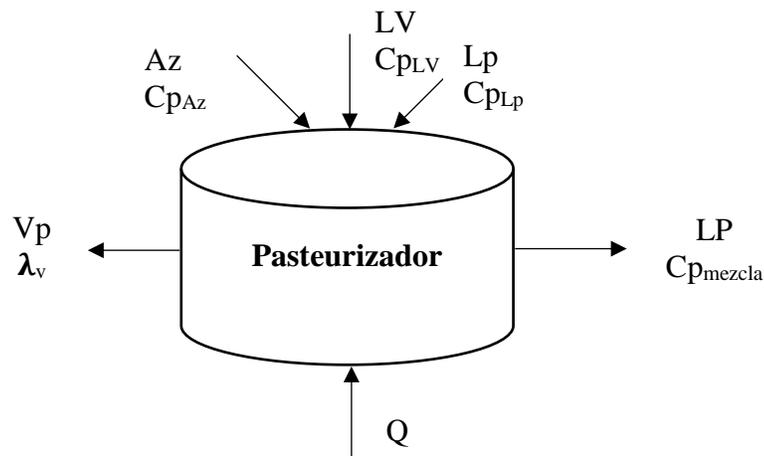
La cantidad total de calor necesario para la cocción de la leche de 20 °C a 93 °C es de **334,487 Kcal**.

4.15. BALANCE DE ENERGÍA PARA EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE YOGUR FORTIFICADO CON LECHE DE QUINUA

Para realizar el balance de energía en el proceso de elaboración de yogur fortificado con leche de quinua se tomó en cuenta la etapa de pasteurización así mismo la etapa de calentamiento del agua utilizada para la fermentación.

4.15.1. BALANCE DE ENERGÍA EN EL PROCESO DE PASTEURIZACIÓN

Figura 4.26
Balance de energía en la etapa de pasteurización



Donde:

LV = Leche de vaca (1,400 Kg)

Az = Azucar (0,230 Kg)

Lp = Leche en polvo (0,030 Kg)

Vp = Masa de Agua Evaporada (0,069 Kg)

Q = Cantidad de calor requerido (Kcal)

T_i = Temperatura inicial (°C)

T_f = Temperatura final (°C)

λ_v = Calor latente de vaporización (537,5 Kcal/Kg)

Cp = Capacidad calorífica (Kcal/Kg °C)

Para calcular la cantidad de energía necesaria para la olla, se utilizó la ecuación 4.38:

Donde $c_{p_{olla}} = 0,122 \text{ Kcal/kg } ^\circ\text{C}$ (Kurt, 2007), reemplazando:

$$Q_{olla} = 1,095 \text{ kg} * 0,122 \frac{\text{Kcal}}{\text{kg } ^\circ\text{C}} * (85 - 15) ^\circ\text{C}$$

$Q_{olla} = 9.351 \text{ Kcal}$ requeridas para calentar la olla

Según Lewis (1996), para calcular la capacidad calorífica (Cp) de una mezcla se utiliza la siguiente ecuación:

$$Cp_{mezcla} = Cp_{LV} * X_{LV} + Cp_{Az} * X_{Az} + Cp_{Lp} * X_{Lp} \quad (\text{Ecuación: 4.41})$$

- Calculando el calor específico de la leche de vaca, reemplazando la ecuación 4.40:

P = 91 % (CEANID, 2017)

$$Cp_{LV} = \frac{91}{100} + 0,2 \left(\frac{100 - 91}{100} \right)$$

$$Cp_{LV} = 0,928 \frac{\text{kcal}}{\text{kg } ^\circ\text{C}}$$

- Calculando el calor específico del azúcar, reemplazando la ecuación 4.40:

P = 3 % (Torrejón, 2015)

$$Cp_{Az} = \frac{3}{100} + 0,2 \left(\frac{100 - 3}{100} \right)$$

$$Cp_{Az} = 0,224 \frac{kcal}{kg \text{ } ^\circ C}$$

- Calculando el calor específico de la leche en polvo, reemplazando la ecuación 4.40:

P = 2 % (Vargas, 2016)

$$Cp_{Lp} = \frac{2}{100} + 0,2 \left(\frac{100 - 2}{100} \right)$$

$$Cp_{Lp} = 0,216 \frac{kcal}{kg \text{ } ^\circ C}$$

Según Barderas (1994), para calcular las fracciones (X_n) de cada componente de la mezcla, se utiliza la siguiente ecuación:

$$X_n = \frac{m_n}{m_{mezcla}} \quad (\text{Ecuación: 4.42})$$

Calculando las fracciones de cada componente, se tiene:

- Fracción de masa de la leche de vaca

$$X_{LV} = \frac{1400,00 \text{ g}}{1660,00 \text{ g}}$$

$$X_{LV} = 0,843$$

- Fracción de masa del azúcar

$$X_{LV} = \frac{230,00 \text{ g}}{1660,00 \text{ g}}$$

$$X_{LV} = \mathbf{0,139}$$

- Fracción de masa de la leche de vaca

$$X_{LV} = \frac{30,00 \text{ g}}{1660,00 \text{ g}}$$

$$X_{LV} = \mathbf{0,018}$$

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 4.39, se tiene:

$$C_{p_{mezcla}} = 0,928 * 0,843 + 0,224 * 0,139 + 0,216 * 0,018$$

$$C_{p_{mezcla}} = 0,817 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg } ^\circ\text{C}}$$

Remplazando los valores encontrados en la ecuación 4.38, se tiene:

$$Q_{mezcla} = 1,660 \text{ Kg} * 0,817 \frac{\text{kcal}}{\text{kg } ^\circ\text{C}} * (85 - 21) ^\circ\text{C}$$

$$Q_{mezcla} = \mathbf{86,798 \text{ kcal}}$$

De acuerdo a la ecuación 4.43, se determinó la cantidad total de calor requerido para la pasteurización de la mezcla a 85 °C, utilizando las pérdidas de la leche por efecto de incrementar la temperatura de 21 a 85 °C.

$$Q_2 = Q_{olla} + Q_{mezcla} + (m_v * \lambda_v) \quad (\text{Ecuación: 4.43})$$

$$Q_2 = 9,351 \text{ Kcal} + 86,798 \text{ Kcal} + \left(0,069 \text{ Kg} * 537,500 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}\right)$$

$$Q_2 = 133,236 \text{ Kcal}$$

La cantidad total de calor necesario para la pasteurización de la mezcla de 21 °C a 85 °C es de **133,236 Kcal**.

4.15.2. CANTIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA REQUERIDA PARA LA ETAPA DE FERMENTACIÓN

Según (Barderas, 1994) calculamos la cantidad de energía requerida para calentar el agua de 20 °C a 45 °C en la etapa de fermentación.

$$E = P * t \quad (\text{Ecuación: 4.44})$$

$$E = 960 \text{ watts} * 4 \text{ h}$$

$$E = 3840 \text{ watts} * h$$

$$E = 3,304 \text{ Kcal}$$

La energía requerida para la etapa de fermentación es de **3,304 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: acidez (ácido láctico) de 0,14%, materia grasa 3,2%, sólidos no grasos 8,77%, sólidos totales 11,97%, proteína total 3,8%. Referente a los análisis microbiológicos, se tiene: Coliformes totales < 10 UFC/ml y Coliformes fecales < 10 UFC/ml.
- En cuanto a los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico de la quinua real en grano, tiene una composición de: ceniza 2,11%, fibra 3,89%, materia grasa 6,02%, humedad 9,62%, hidratos de carbono 70,51%, proteína total 11,74% y su valor energético 383,18 kcal.
- Dentro del análisis fisicoquímico y microbiológico realizado a la leche de quinua, presentó un contenido de ceniza 0,06%, grasa 0,01%, hidratos de carbono 3,31%, humedad 95,98%, proteína total 0,64% y fibra no detectado. Referente al análisis microbiológico, se tiene coliformes totales <10 UFC/ml y coliformes fecales <10 UFC/ml.
- En la determinación de la muestra preliminar del “Yogur fortificado con leche de quinua” se presentaron dos muestras, donde se determinó que la muestra A es la que tiene mayor puntaje para los atributos: grado de dulzor (7,53), aroma (7,80) y textura (7,33), mientras que la muestra B tiene menor puntaje para los atributos: grado de dulzor (7,00), aroma (7,33) y textura (6,93), en escala hedónica. Así mismo realizado el análisis estadístico para ambos tratamientos no existe evidencia estadística significativa: ya que $F_{cal} < F_{tab}$, para un nivel de significancia de 0,01.

- La evaluación sensorial de las ocho muestras obtenidas del diseño factorial 2^3 del yogur fortificado con leche de quinua para determinar las propiedades organolépticas, indica que la muestra M1 es la que tiene mayor puntaje para el atributo acidez (7,33); y aroma (7,27); mientras que la muestra M8 tiene mayor puntaje en cuanto a textura (7,40). 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 0,01.
- 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 la muestra M2 es la que tiene mayor puntaje para el atributo: textura (7,47) en comparación con la muestra M1 (7,00). Respecto al atributo acidez y aroma la muestra M1 es la que tiene mayor puntaje (7,4 y 7,73) y M2 tiene un puntaje menor (6,93 y 7,27) respectivamente. 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 0,01.
- En el producto terminado, se determinó que los atributos: textura (8,13) y aroma (8,33) son los que tienen mayor puntaje; en comparación con el atributo acidez (8,07), el cual tiene menor puntaje en escala hedónica. 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 0,01. 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 fermentación se pudo observar que los factores: cantidad de leche de vaca pasteurizada (A), cantidad de leche de quinua (B), concentración de cultivo lácteo (C) y las interacciones: (AB) leche de vaca pasteurizada – leche de quinua, (AC) leche de vaca pasteurizada – cultivo lácteo, (BC) Leche de quinua –cultivo lácteo, (ABC) leche de vaca pasteurizada – leche de quinua – cultivo lácteo, no son significativos en el proceso de fermentación 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 fermentación del yogur fortificado con leche de quinua.
- De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico del producto terminado, tiene una composición de: acidez (ácido láctico) de 0,66 %, cenizas 0,55 %, hidratos de carbono 15,40 %, calcio total 58,90 mg/100 g, humedad 80,10 %, materia grasa 0,87%, proteína total 2.37 % y valor energético 78,91 Kcal/100 g. Referente a los análisis microbiológicos, se obtuvo: Coliformes totales < 10 UFC/ml, Coliformes fecales < 10 UFC/ml y mohos y levaduras <10 UFC/g
- De acuerdo a los valores obtenidos de pH en la etapa de almacenamiento, se pudo comprobar que el pH del yogur fortificado con leche de quinua comienza a variar desde el 4to día (pH = 4,40) hasta el 7mo día (pH = 4,26). Notando acidificación en el sabor y olor, mientras el color no cambia.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se sugiere la elaboración del yogur fortificado con leche de quinua, preparando la leche a partir de harina de quinua, para realizar una comparación nutricional entre ambos procesos de elaboración.
- Promocionar el producto en el mercado local para saber la aceptación del yogur fortificado con leche de quinua ya que es innovador y cuenta con excelentes beneficios nutricionales, el mismo puede ser consumido por niños, mujeres embarazadas y población en general.
- Estudiar el efecto de la adición de otras leches vegetales (leche de soya, leche de almendras, etc.) en el yogur para comparar las propiedades fisicoquímicas y organolépticas.
- Por último, se sugiere utilizar la torta de quinua sobrante en el filtrado de la leche, para la elaboración de otros productos como galletas de quinua, hamburguesas de quinua, para dar valor agregado al residuo.