

1.- ANTECEDENTES

Aunque no se sabe cuándo fue descubierto realmente el yogur; sus orígenes se remontan a las épocas prehistóricas, las antiguas tribus del este que eran pastores nómadas, preservaron la leche de vacas, ovejas, cabras, caballos y camellos, en recipientes hechos de partes de animales como pieles o estómagos. Dice la leyenda, que el yogur fue descubierto por el descuido de un pastor que se olvidó un poco de leche en una de estas pieles. Más tarde la encontró transformada en algo más denso y sabroso (De Sanzo, 2003).

Es fácil deducir que la causa principal de la fermentación del yogur histórico se encontraba en los organismos microscópicos presentes en los tejidos animales usada como envases. Las continuas migraciones de las tribus de las estepas del este europeo originaron la dispersión del yogur en el área mediterránea. Más adelante, durante las campañas militares de los fenicios, egipcios, griegos y romanos, el yogur llegó a ser usual en el todo el Oeste (De Sanzo, 2003).

Los beneficios del yogur no son nuevos, en el imperio romano se utilizaba para purificar la sangre y contra los problemas intestinales. La tradición persa indica que la longevidad y fecundidad de Abraham se debía a que lo ingería con frecuencia. Por otro lado, su uso culinario también tiene incontables registros en los textos antiguos. En la Biblia aparece mencionado como 'leben' y se lo describe también en Las mil y una noches como uno de los manjares de sabrosos banquetes, mientras que en los libros de recetas tradicionales árabes lo citan con frecuencia (Herrera, 2007).

Algunos sostienen que el origen de la palabra con el que hoy lo conocemos es turco y otros búlgaro; lo cierto es que apareció por primera vez en un diccionario árabe-turco en el año 1071. Pero a principios del siglo XX que se empieza a estudiar de una manera científica sus propiedades. En el año 1908 contribuyeron a ello el trabajo del biólogo Stamen Grigorov, que descubrió el microorganismo que provoca la

fermentación en la leche para obtener este producto. Fueron también fundamentales las investigaciones que realizó el ruso Ilya Ilyich Metchnikov, investigador del instituto Pasteur de Francia, que registró los efectos del yogur en la flora bacteriana y en los problemas intestinales. El biólogo sostuvo luego que el intestino puede mantenerse en buen estado y libre de bacterias perjudiciales, si se ingiere de manera regular y constante éste derivado de la leche (Barco, 2007).

En Tarija en el año 1978, se inicia la planta industrializadora de Leche Pil, en 1996 se instala una nueva planta procesadora de lácteos “PROLAC”; y en 1997 la planta procesadora de lácteos “Del Rancho” (DEL RANCHO, 2007).

La zanahoria (*Daucus carota*) subespecie *sativus*, pertenece a la familia de las umbelíferas, también denominadas apiáceas. Es la hortaliza más importante y de mayor consumo de las pertenecientes a dicha familia (Rose, 2006).

La zanahoria, es uno de los vegetales con una excelente fuente de vitamina A, que producen más efectos benéficos en el organismo humano, la que lo convierte en un auténtico alimento-medicina. La parte útil de esta hortaliza, es la raíz, la cual es consumida cruda o cocida en ensaladas, jugos, guisos, sopas y pasteles. En la industria se utiliza en forma de, congelado en trozos, conservas, encurtidos y aceites para uso cosmético (Pamplona, 2003).

En Bolivia, anualmente se cultivan aproximadamente 3600 hectáreas de zanahoria con rendimientos promedio de 7,5 toneladas/hectáreas y con una producción total de 27000 toneladas/año, lo cual los cultivos implican un valor económico de la producción (FAO, 2005).

Según las condiciones climatológicas y situación geográfica, se distinguen tres zonas agrícolas en Bolivia: fría, templada y cálida. La zona templada, se caracteriza por

tener la mayor producción agrícola en el país y comprende principalmente los departamentos de Cochabamba, Chuquisaca y Tarija (Andrade, 2005).

En el departamento de Tarija, propiamente en las regiones, El Puente, Iscayachi, Valle Central de Tarija, Yunchará, San Lorenzo, etc. Presentan volúmenes de producción de zanahoria; en la región de San Juan del Oro, está centrada la mayor producción de zanahoria; ya que ocupa el 63,83% de la superficie cultivada en invierno. La producción comprende la variedad criolla y las actividades de siembra y cosecha se realizan durante todo el año (Pacheco, 1998).

Su territorio comprende tres zonas ecológicas con climas y humedad distintas: Zona Andina, Cabeceras de Valle y Valles. Su producción agrícola, es de subsistencia y orientada a la seguridad alimentaria de las familias, los principales cultivos son: maíz, papa, haba, trigo, zanahoria y otros (Andrade, 2005).

Es por esta razón, los pobladores se dedican a la producción de zanahoria y otras hortalizas, que una vez cosechados son transportado a los lugares de abasto en la ciudad de Tarija, debido al volumen de producción de este producto, es transformado en forma artesanal, como por ejemplo jugos, te, comidas y otros (Pacheco, 1998).

Es un alimento excelente desde el punto de vista nutricional gracias a su contenido en vitaminas y minerales. El agua es el componente más abundante, seguido de los hidratos de carbono, siendo estos nutrientes los que aportan energía. La zanahoria presenta un contenido en carbohidratos superior a otras hortalizas. Al tratarse de una raíz, absorbe los nutrientes y los asimila en forma de azúcares. El contenido de dichos azúcares disminuye tras la cocción y aumenta con la maduración, pueden consumir de muy diversas formas se suelen trocear y se consumen crudas, cocidas, fritas o al vapor y se cocinan en sopas y guisos, así como en comidas preparadas para bebés y animales domésticos (Dalby, 1996).

1.2.- JUSTIFICACIÓN

- El presente trabajo tiene la finalidad de producir yogur enriquecido con pulpa de zanahoria, para estimular la agudeza visual en los niños por su elevado contenido en beta-caroteno (precursor de la vitamina A).
- Este tipo de producto (yogur enriquecido con pulpa de zanahoria), puede funcionar perfectamente como un sustituto alimenticio de los derivados lácteos, para personas con enfermedades diarreicas y desnutrición (especialmente en niños y personas adultas).
- Mediante la elaboración de yogur enriquecido con zanahoria, se logrará aprovechar de mejor manera la producción de zanahoria en épocas picos de oferta donde el precio es bajo; en comparación con otras hortalizas y de esta manera coadyuvar a los productores de zanahoria de la región en mejorar su ingreso económico.
- La elaboración de yogur enriquecido con zanahoria, permitirá motivar al sector productivo de leche en la región, a incrementar su producción lechera para coadyuvar el desarrollo agroindustrial del departamento de Tarija.
- Este producto, surge como alternativa para mejorar el consumo de zanahoria en la dieta alimentaria; ya que tiene un alto nivel de cualidades nutritivas como ser el contenido de fibra; especialmente para personas con problemas de constipación.

1.3.- OBJETIVOS

Los objetivos a desarrollar en el presente trabajo son:

1.3.1.- OBJETIVO GENERAL

- Elaborar yogur enriquecido con pulpa de zanahoria mediante el proceso tecnológico fermentativo, con la finalidad de obtener un producto nutritivo e inocuo.

1.3.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las características físico-químicas y microbiológicas de la materia prima, con la finalidad de conocer su composición nutricional.
- Definir correctamente el proceso de la elaboración del yogur enriquecido con pulpa de zanahoria con la finalidad de producir un buen producto.
- Realizar la evaluación sensorial para determinar el tamaño de las rallas de zanahoria para el proceso de elaboración de pulpa de zanahoria.
- Realizar la evaluación sensorial para determinar el tiempo de tratamiento térmico para el proceso de pre-cocción de las rallas de zanahoria.
- Realizar el diseño experimental para determinar las variables en el proceso de pre-cocción de las rallas de zanahoria.
- Realizar la evaluación sensorial para determinar el grado de dulzor en la pulpa de zanahoria para el proceso de dosificación del yogur.

- Realizar el diseño experimental para determinar las variables en el proceso de concentración de la pulpa de zanahoria.
- Determinación de la variación de los sólidos solubles en el proceso de la concentración de pulpa de zanahoria.
- Realizar la evaluación sensorial para determinar para los atributos de textura, sabor, aroma y color para el proceso de saborización.
- Determinar las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y organolépticas del producto terminado (pupa de zanahoria y yogur enriquecido con pulpa de zanahoria), con la finalidad de conocer su composición.

1.4.- FORMULACIÓN DEL PROBLEMA GENERAL

¿Cuales son las condiciones tecnológicas del proceso fermentativo a ser utilizado para elaborar yogur enriquecido con pulpa de zanahoria; con el fin de obtener un producto nutritivo e inocuo?

1.5.-FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL

Con la aplicación del proceso tecnológico de fermentación láctica y condiciones de (0,20g de stater, 94g de azúcar y 36g leche en polvo descremada) y adición de pulpa de zanahoria (40g/litro), se obtiene yogur enriquecido con pulpa de zanahoria nutritivo e inocuo.

2.1.- CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA LECHE

Se puede definir la leche como el líquido que segregan las glándulas mamarias de hembras sanas; esto es desde el punto de vista fisiológico, pues si se quiere un concepto desde el punto de vista comercial o industrias se puede definir como el producto del ordeño higiénico efectuado en hembras de ganado lechero bien alimentado y en buen estado de salud, no debiendo contener calostro (Calostro es una secreción líquida de color amarillento, de aspecto viscoso y amargo, ácido que segrega la vaca aproximadamente 6 o 7 días después del parto) (Garijo, 2001).

La palabra o término leche se utiliza generalmente para el producto de origen vacuno; cuando se quiere referir a la leche de otro origen se nombra el mamífero del cual proviene (leche de cabra, leche de oveja, leche humana, etc.) (Garijo, 2001).

Actualmente, la leche que más se utiliza en la producción de derivados lácteos es la de vaca (debido a las propiedades que posee, a la cantidad que se obtiene, agradable sabor, fácil digestión, así como la gran cantidad de derivados obtenidos). El consumo de determinados tipos de leche depende de la región y el tipo de animales disponibles (Alaís, 1985).

La leche proveniente de la vaca (*Bos taurus*), es la más importante para la dieta humana y la que tiene más aplicaciones industriales (Dargal, 2006).

Desde un punto de vista fisicoquímico, la leche es una mezcla homogénea de un gran número de sustancias (lactosa, glicéridos, proteínas, sales, vitaminas, enzimas, etc.), que están unas en emulsión (grasa y sustancias asociadas), algunas en suspensión (caseína ligada a sales minerales) y otras en disolución verdadera (lactosa, vitaminas hidrosolubles, proteínas del suero, sales, etc.) (Ordoñez, 1998).

No todas las leches de los mamíferos poseen las mismas propiedades. Por regla general puede decirse que la leche es un líquido de color blanco mate y ligeramente viscoso, cuya composición y características físico-químicas varían sensiblemente según las especies animales, e incluso según las diferentes razas. Estas características también varían en el curso del periodo de lactación, así como el curso de su tratamiento (Inlac, 2006).

2.1.1.- CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DE LA LECHE DE VACA

Según (Garijo, 2001), las características más destacadas de la leche de vaca son:

a) ASPECTO

La leche fresca es de color blanco aporcelanado, presenta una cierta coloración crema cuando es muy rica en grasa. La leche descremada o muy pobre en contenido graso presenta un color blanco con un ligero tono azulado.

b) OLOR

Cuando la leche es fresca casi no tiene un olor característico, pero adquiere con mucha facilidad el aroma de los recipientes en los que se guarda; una pequeña acidificación ya le da un olor desagradable al igual que ciertos contaminantes.

c) SABOR

La leche fresca tiene un sabor ligeramente dulce, dado por su contenido de lactosa. Por contacto, puede adquirir fácilmente sabor a hierbas.

2.1.2.- PROPIEDADES FÍSICAS DE LA LECHE DE VACA

Según (Garijo, 2001), las propiedades físicas de la leche son:

a) DENSIDAD

La densidad de la leche puede fluctuar entre (1,028 a 1,034) g/cm^3 a una temperatura de 15°C; su variación con la temperatura es 0,0002 g/cm^3 por cada grado de temperatura.

La densidad de la leche varía entre los valores dados según sea la composición de la leche, pues depende de la combinación de densidades de sus componentes, que son los siguientes:

- Agua: 1,000 g/cm^3
- Grasa: 0,931 g/cm^3
- Proteínas: 1,346 g/cm^3
- Lactosa: 1,666 g/cm^3
- Minerales: 5,500 g/cm^3

La densidad mencionada (1,028 y 1,034) g/cm^3 es para una leche entera, pues la leche descremada está por encima de esos valores de 1,036 g/cm^3 ; mientras que una leche aguada tendrá valores menores a 1,028 g/cm^3 .

b) pH DE LA LECHE

La leche posee un pH neutro que puede variar de (6,50 a 6,65). Valores distintos de pH, se producen por deficiente estado sanitario de la glándula mamaria; por la cantidad de CO_2 disuelto, el desarrollo de microorganismos que desdoblan o convierten la lactosa en ácido láctico, o por la acción de microorganismos alcalinizantes.

c) ACIDEZ DE LA LECHE

Una leche fresca posee una acidez de (0,15 a 0,16) %. Esta acidez, se debe en un 40% a la anfotérica, el otro 40% al aporte de la acidez de las sustancias minerales, CO₂ disuelto y acidez orgánica, y el 20 % restante se debe a las reacciones secundarias de los fosfatos.

Una acidez menor al 15% puede ser debida a la mastitis, al aguado de la leche o bien por alteración provocada con algún producto alcalinizante.

Una acidez superior al 16%, es producida por la acción de contaminantes microbiológicos. (La acidez de la leche puede determinarse por la titulación con NaOH 0,1N ó 0,09N).

d) VISCOSIDAD

La leche natural (fresca), es más viscosa que el agua, tiene valores entre (1,7 a 2,2)cp para la leche entera; mientras para una leche descremada tiene una viscosidad alrededor de 1,2cp. La viscosidad disminuye con el aumento de la temperatura hasta alrededor de los 70°C y por encima de esta temperatura aumenta su valor.

e) PUNTO DE CONGELACIÓN

El valor promedio es de (-0,54) °C que puede variar de (-0,513 a -0,565) °C. Como se puede apreciar, es menor al del agua y es consecuencia por la presencia de sales minerales y lactosa.

f) PUNTO DE EBULLICIÓN Y CALOR ESPECÍFICO

La temperatura de punto de ebullición es de 10,17°C y el calor específico de la leche completa tiene un valor de (0,93-0,94) cal/g °C y la leche descremada (0,94-0,96) cal/g °C.

2.1.3.- PROPIEDADES QUÍMICAS DE LA LECHE

La leche, es un líquido de composición compleja que se puede aceptar que está formada aproximadamente por un 12,5 % de sólidos o materia seca total y 88,55 % de agua (Garijo, 2001).

El agua, es el soporte de los componentes sólidos de la leche y se encuentran presente en dos estados: como agua libre que es la mayor parte (intersticial) y como agua absorbida en la superficie de los componentes (Garijo, 2001).

En lo que se refiere a los sólidos o materia seca la composición porcentual más comúnmente hallada según (Garijo, 2001), es la siguiente:

- Materia grasa (lípidos): 3,5 % a 4,0%
- Lactosa: 4,7 % (aproximado)
- Sustancias nitrogenadas: 3,5 % (proteínas entre ellos)
- Minerales: 0,8 %

A pesar de estos porcentajes en la composición de la leche se acepta como los más comunes, no es fácil precisar con certeza los mismos; pues dependen de una serie de factores, aún para una misma vaca, no solo varía la composición; sino también la producción (Garijo, 2001).

Esto hace que no todas las leches sean iguales en sus propiedades y la variación en una composición hace que determinadas leches sean útiles para la elaboración de un

cierto derivado lácteo, pero a su vez es inapropiado para otros. De la misma manera, se tendrá algunas leches más nutritivas que otras (Garijo, 2001).

2.1.4.- COMPOSICIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA LECHE

En la tabla 2.1, se muestra la composición físicoquímica de la leche de diversos mamíferos (Dargal, 2006).

Tabla 2.1
Composición físicoquímica de la leche de diversos mamíferos

Nutrientes	Humano	Vaca	Cabra	Oveja	Búfalo
Agua (g)	87,5	89,6	86,6	82,7	84
Energía (Kcal)	70	48	68	96	97
Proteína (g)	1,0	3,4	5,3	3,7	3,7
Grasa (g)	4,4	3,6	6,3	3,9	6,9
Lactosa (g)	6,9	4,7	4,5	4,7	5,2
Minerales (g)	0,20	0,72	0,85	1,2	0,79

Fuente: Dargal, 2006

a) AGUA

La leche suministra una gran cantidad de agua, con un contenido aproximadamente del 90%. La cantidad de agua en la leche es regulada por la lactosa que se sintetiza en las células secretoras de la glándula mamaria. El agua que va en la leche, es transportada a la glándula mamaria por la corriente circulatoria (Dargal, 2006).

b) HIDRATOS DE CARBONO

El principal hidrato de carbono en la leche es la lactosa que no se percibe por el sabor dulce, a pesar de que es un azúcar. La concentración de lactosa en la leche, es relativamente constante entre 5%. Las moléculas de lactosa, se encuentran constituida

en una concentración mucho menor en la leche; glucosa (14 mg/100 g) y galactosa (12 mg/100 g) (Dargal, 2006).

En una proporción significativa de la población humana, la deficiencia de la enzima lactasa en el tracto digestivo resulta en la incapacidad para digerir la lactosa. La mayoría de los individuos con baja actividad de lactasa desarrollan síntomas de intolerancia a grande dosis de lactosa, pero la mayoría puede consumir cantidades moderadas de leche sin padecer malestares (Dargal, 2006).

No todos los productos lácteos poseen proporciones similares de lactosa. La fermentación de lactosa durante el procesado baja su concentración en muchos productos, especialmente en los yogures y quesos (Dargal, 2006).

c) PROTEÍNA

La mayor parte del nitrógeno de la leche, se encuentra en la forma de proteína. Los bloques que construyen a todas las proteínas son los aminoácidos. Existen 20 aminoácidos que se encuentran comúnmente en las proteínas. El orden de los aminoácidos en una proteína, se determina por el código genético, y le otorga a la proteína una conformación única. Posteriormente, la conformación espacial de la proteína le otorga su función específica (Dargal, 2006).

Según (Dargal, 2006), la concentración de proteína en la leche varía de (3,0 a 4,0) %. El porcentaje varía con la raza y en relación con la cantidad de grasa. Existe una estrecha relación entre la cantidad de grasa y la cantidad de proteína de la leche, cuanto mayor es la cantidad de grasas mayor es la cantidad de proteína. Las proteínas, se clasifican en dos grandes grupos: caseína (80%) y proteína (20%).

d) GRASA

Según (Garijo, 2001), debido a los diversos factores que intervienen en la composición de la leche el contenido de grasa de la leche vacuna varía notablemente; los valores porcentuales más comunes se encuentran entre (3,2 y 4,2)%. Una ración demasiado rica en concentrados que no estimula la rumia en la vaca, puede resultar en una caída en el porcentaje de grasa (2,0 a 2,5%). Esta grasa, se encuentra presente en pequeños glóbulos suspendidos en agua. Cada glóbulo, se encuentra rodeado de una capa de fosfolípidos, que evita que los glóbulos se aglutinen entre sí repeliendo otros glóbulos de grasa y atrayendo agua, formando una emulsión.

Según (Garijo, 2001), la materia grasa está constituida por tres tipos de lípidos:

1. Las sustancias grasas propiamente dichas es decir los triglicérido y que forman el 96% del total de la materia grasa.
 2. Los fosfolípidos, que representan entre el 0,8 y el 1,0%.
 3. Sustancias no saponificables que constituyen otro 1,0%.
- El resto lo constituyen diglicéridos, monoglicéridos, ácidos grasos libres, etc.

Esta es una característica única de la grasa de la leche comparada con otras clases de grasas animales y vegetales. Los ácidos grasos de cadena larga en la leche son principalmente los insaturados (deficientes en hidrógeno), siendo predominantes el oleico y los polisaturados, linoléico y linolénico (Dargal, 2006).

e) MINERALES Y VITAMINAS

Las concentraciones de minerales y vitaminas que contiene la leche (Dargal, 2006), se muestran en la tabla 2.2.

Tabla 2.2
Concentraciones minerales y vitamínicas en la leche

Minerales	mg/100 ml	Vitaminas	0,001 g/1000 ml
Potasio	138	A	30
Calcio	125	D	0,06
Cloro	103	E	88
Fósforo	96	K	17
Sodio	8,0	B1	37
Azufre	3,0	B2	180
Magnesio	12	B6	46
Minerales trazas	<0,1	B12	0,42

Fuente: Dargal, 2006

Incluye cobalto, cobre, hierro, manganeso, molibdeno, zinc, selenio, yodo y otros (Dargal, 2006).

La leche, es una fuente excelente de minerales para el crecimiento del lactante. La digestibilidad del calcio y fósforo es generalmente alta, en parte debido a que se encuentran en asociación con la caseína de la leche (Dargal, 2006).

Como resultado, la leche es la mejor fuente de calcio para el crecimiento del esqueleto del lactante y el mantenimiento de la integridad de los huesos en el adulto. Otro mineral de interés en la leche es el hierro, es esencial para el crecimiento de muchas bacterias (Dargal, 2006).

f) ENZIMAS

En la leche de vaca se han detectado 60 enzimas diferentes cuyo origen, es difícil de determinar. Puede decirse que proceden algunas de las células del tejido mamario, algunas del plasma sanguíneo y otras de los leucocitos de la sangre (Ordoñez, 1998).

Las enzimas, se encuentran en bajas concentraciones; pero como catalizadores bioquímicos pueden provocar importantes cambios (Ordoñez, 1998).

Según (Ordoñez, 1998), las enzimas son importantes por las siguientes razones:

- Algunas son agentes que provocan la hidrólisis de los componentes de la leche (proteasas, lipasas, etc.).
- La sensibilidad al calor de algunas de ellas, se utiliza para controlar tratamientos térmicos (fosfatasa alcalina y lacto oxidasa).
- Su origen sirve como índice de contaminación microbiana (superóxido dismutasa).
- Su actividad bacteriana puede inhibir el crecimiento microbiano (sistema lactoperóxidasa-tiocianato).

2.1.5.- PROPIEDADES NUTRICIONALES DE LA LECHE

Su diversificada composición, en la que entran grasas (donde los triglicéridos son la fracción mayoritaria con el 98% del total lipídico y cuyos ácidos grasos que los forman son mayormente saturados), proteínas, (caseína, albúmina y proteínas del suero) y glúcidos (lactosa, azúcar específica de la leche), la convierten en un alimento completo. Además, la leche entera de vaca, es una importante fuente de vitaminas (vitaminas A, B, D3, E). La vitamina D, es la que fija el fosfato de calcio a dientes y huesos, por lo que es especialmente recomendable para niños. El calostro, es un líquido de color amarillento, rico en proteínas y anticuerpos, indispensables para la inmunización del recién nacido. A pesar de ello, no tiene aplicación industrial (Ordoñez, 1998).

2.1.6.- MICROBIOLOGÍA DE LA LECHE

La leche debido a su composición química y su elevada actividad de agua, es un magnífico sustrato para el crecimiento de una gran diversidad de microorganismos. De entre los que se pueden encontrar en la leche, unos son beneficiosos (por ejemplo, bacterias lácticas), algunos son alterantes y otros son perjudiciales para la salud (Ordoñez, 1998).

La contaminación de la leche ocurre, ya en las zonas inferiores del interior de la ubre y cuando el producto abandona ésta, la leche está expuesta a múltiples contaminaciones externas (Ordoñez, 1998).

De acuerdo a la (UMNS, 2000), los grupos microbianos más importantes en lactología se pueden dividir, desde un punto de vista funcional en:

1. Bacterias lácticas.
2. Bacterias esporuladas.
3. Bacterias psicocrotrófas, bacterias de origen fecal y microorganismos patógenos.
4. Grupo misceláneo. Bacterias lácticas

El desarrollo microbiano en la leche ocasiona una serie de modificaciones químicas que pueden dar lugar a procesos alterativos y útiles. Muchos de sus componentes pueden degradarse, pero las alteraciones más acusadas resultan de la degradación de los tres fundamentales: lactosa, proteínas y grasa (UMNS, 2000).

La lactosa (azúcar de la leche), es la principal fuente de energía de las bacterias y puede experimentar diferentes fermentaciones. Cual sean las bacterias que fermentan la lactosa, siempre habrá producción de ácidos orgánicos, con la coagulación o no de las proteínas de la leche (dependiendo del nivel de acidificación) y la formación o no de gas. Por otra parte, algunas bacterias que actúan sobre el azúcar de la leche, pueden formar sustancias viscosas (UMNS, 2000).

Las proteínas en general, se descomponen tras la coagulación de la leche; dando lugar a sabores y olores desagradables. La materia grasa, es hidrolizada por las lipasas microbianas (reacción lenta), que influye rápidamente sobre el sabor y olor de la leche (Fox y McSeeney, 2003).

Dentro de los tipos de deterioro que suelen observarse en la leche cruda, se incluyen: la fermentación, coagulación, proteólisis, mucosidad, coloraciones diversas, producción de aromas y sabores anormales (Reyes et al, 2000).

2.1.7.- TIPOS DE LECHE

Según (Garijo, 2001), el contenido de materia grasa suelen clasificarse en:

- **Entera:** Contiene como mínimo el 3% de grasa.
- **Semi-desnatada:** Contienen el 1,5% de grasa, la separación de la grasa se consigue por centrifugación.
- **Desnatada:** Contiene en 0,5% de grasa, es conocida también como descremada.

2.1.8.- TRATAMIENTOS TÉRMICOS DE LA LECHE

Según (Alais, 1985), la leche puede ser tratada para el consumo humano mediante la aplicación de calor para la eliminación parcial o total de bacterias, se emplea varios métodos como la termización, la pasteurización, la ultra pasteurización o la esterilización. El tratamiento térmico que se utilizará, es la pasteurización para la eliminación de microorganismos existentes en la leche.

- **Pasteurización (*Slow High Temperature, SHT*):** Con este procedimiento la leche se calienta a temperaturas determinadas para la eliminación de microorganismos patógenos específicos, principalmente conocida como *Streptococcus thermophilus*. Inhibe algunas otras bacterias.

2.2.- CARACTERÍSTICAS DE LA LECHE FERMENTADA

Los productos fermentados de la leche, denominados también lácteos fermentados, son productos lácteos procedentes de los cultivos lácticos debido a la acción de las

bacterias del ácido láctico (*lactobacillales*) tales como los *lactococcus*, y *leuconostoc*. El proceso de fermentación incrementa la vida útil y de consumo del lácteo, mejorando la digestibilidad del mismo frente a la leche. Existen evidencias que demuestran la existencia de productos fermentados de la leche ya desde hace 10.000 años. Se ha diseñado en el laboratorio un rango de diferentes *lactobacilli* capaces de proporcionar a los lácteos fermentados diferentes sabores. El efecto de los lácteos fermentados, es el de restablecer y fortalecer la flora intestinal (Alais, 1985).

Las leches fermentadas tienen un valor nutritivo semejante al de la leche original, pero deben tenerse en cuenta algunas modificaciones en su contenido vitamínico, debidas al desarrollo de las especies que pueden consumir o producir vitaminas (Alais, 1985).

Según (Barco, 2007), bajo la denominación específica de yogur, se incluyen las leches fermentadas fundamentalmente con *streptococcus thermophilus* y *lactobacilus bulgaricus*; estos dos microorganismos consiguen que el producto tenga:

- Una acidez que dificulte el crecimiento de microorganismos alterantes.
- Que el número alcanzado sea elevado, lo que impide la existencia de otros microorganismos.
- Que además tenga un sabor ácido suave y agradable.

En el caso de yogur, se ha observado la desaparición de la vitamina B12, aumentándose el contenido de vitamina B6 (piridoxina) y permaneciendo sin cambio la riboflavina y los otros factores de este grupo (Alais, 1985).

Las leches fermentadas contienen cantidades variables de ácido láctico; su riqueza raramente rebasa el 1%. A esta sustancia, se le atribuye un papel antiséptico intestinal. La digestibilidad de las proteínas de la leche y se ve mejorada a causa de la pequeña hidrólisis que sufren (Alais, 1985).

2.2.1.- GENERALIDADES DEL YOGUR

Se entiende por “yogur” o “yoghourt” el producto de leche coagulada obtenida por fermentación láctica mediante la acción de “*lactobacillus bulgaricus*” y “*streptococcus thermophilus*” a partir de leche pasteurizada, leche concentrada pasteurizada, leche total o parcialmente desnatada pasteurizada, leche concentrada pasteurizada total o parcialmente desnatada, con o sin adición de nata pasteurizada, leche en polvo entera, semi desnatada o desnatada, suero en polvo, proteínas de leche y/u otros productos procedentes del fraccionamiento de la leche (Mori, 1989).

Los microorganismos productores de la fermentación láctica deben ser viables y estar presentes en el producto terminado en cantidad mínima de 1 por 10⁷ colonias por gramo o mililitro (Mori, 1989).

2.2.2.- CLASIFICACIÓN DEL YOGUR

Según (Veisseyre, 1990), el yogur se clasifica según su consistencia y sabor:

- **Según su consistencia:**
 - a) Yogur firme
 - b) Yogur batido
 - c) Yogur líquido
- **Según su sabor:**
 - a) Yogur natural
 - b) Yogur con frutas o vegetales
 - c) Yogur aromatizado

2.2.3.- COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL YOGUR

En la tabla 2.3, se detalla el contenido nutricional del yogur por 200g del aporte alimenticio según (Keating et al, 1999).

Tabla 2.3
Contenido nutricional del yogur de leche pasteurizada

Nutrientes	Aporte alimenticio	Cantidad diaria recomendada	
		Hombre	Mujer
Valor energético (Kcal)	122		
Proteínas	3,3%		
Grasas totales	3,5%		
Carbohidratos	4%		
Minerales (mg)			
Calcio	415	800	800
Hierro	0,18	10	18
Magnesio	40	350	300
Fósforo	326	800	800
Zinc	2	15	15
Vitaminas (mg)			
Vitamina C	1,8	45	45
Vitamina B1- Tiamina	0,10	1,4	1,2
Vitamina B2- Riboflavina	0,36	1,6	1,2
Vitamina B12 (ug)	12,8	30	30

Fuente: Keating et al, 1999

Según (Mahaut et al, 2004), 200g de yogur natural tiene el mismo valor nutritivo que un vaso de leche, como ser:

- 4-5% de proteínas
- Contenido variable de lípidos
- 5,20% de glúcidos según esté o no azucarado

Pero durante el proceso de fermentación, se producen en la leche numerosas modificaciones; algunas de las cuales hacen que el yogur sea un producto con mayor valor nutritivo que la leche (Mahaut et al, 2004).

a) HIDRATOS DE CARBONO

La forma de azúcar que predomina en el yogur, es la lactosa pero como ya se ha dicho; al estar digerida por los microorganismos no provoca intolerancia (Emagister, 2008).

b) PROTEÍNAS DE ALTO VALOR BIOLÓGICO

Mantienen y renuevan todos los tejidos de nuestro cuerpo. La concentración protéica en este lácteo, es superior a la concentración presente en la leche; esto es debido a la incorporación de extracto seco lácteo en la elaboración, 250 ml de yogur cubren los requerimientos diarios de proteínas de origen animal (15 g) de un adulto promedio. Con respecto a las proteínas existen dos puntos muy importantes que mencionar (Emagister, 2008):

- Son altamente digestibles debido a la proteólisis provocada por las cepas bacterianas.
- Se encuentran ya coaguladas antes de ser ingeridas, por lo tanto al consumir yogur no existen molestias estomacales e intestinales.

c) GRASAS

Los lípidos influyen directamente en la consistencia y textura del producto. Siempre que el aporte de grasas en nuestra dieta este dentro de los valores normales establecidos, este será beneficioso para nuestra salud; ya que es una fuente energética que está presente en las membranas celulares y ejercen función de protección a nuestros órganos internos (Emagister, 2008).

d) MINERALES

El fósforo, magnesio, zinc y hierro, facilitan los procesos de mineralización de los huesos. Estos minerales son importantes para el sistema inmunológico que también contribuye a la correcta utilización energética de los carbohidratos (Emagister, 2008).

e) VITAMINAS

La riboflavina (vitamina B2) mejora la utilización energética de nuestro cuerpo, la vitamina B12, es nutriente esencial del tejido nervioso, la vitamina C es fundamental para cicatrizar heridas, mantenimiento de cartílagos, huesos y dientes sanos y la vitamina D, es un antioxidante que bloquea los efectos de los radicales libres (Emagister, 2008).

2.2.4.- FERMENTACIÓN

La fermentación mejora el contenido nutritivo de los alimentos por la biosíntesis de las vitaminas, aminoácidos esenciales y proteínas, ya que al volver más digeribles, las proteínas y las fibras proporcionan más micronutrientes degradando los factores anti nutritivos (Romero, 2000).

2.2.4.1.- FERMENTACIÓN ÁCIDO-LÁCTICA

Este tipo de fermentación, se lleva a cabo por 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 (Flores, 1997).

Durante la fermentación la producción de ácido láctico, se debe al *streptococcus thermophilus* y el sabor característico del yogur, es producido por el *lactobacillus*

bulgaricus; ambos cultivos pueden producir polímeros extracelulares que contribuyen a la viscosidad del yogur (Gómez et al, 1999).

Según (Inlac, 2006), la fermentación ácido láctica, es la responsable de la producción de productos lácteos acidificados como el yogur, cuajada, quesos, crema acida, etc.

2.2.5.- TECNOLOGÍA DE ELABORACIÓN DEL YOGUR

Las consideraciones del proceso de elaboración del yogur, son aplicables a otros tipos de leches fermentadas cuya descripción se detalla (Ordoñez, 1998):

1) Recepción y control de materias primas

En las centrales lecheras se analiza rutinariamente la leche en el momento de su recepción, para asegurarse que cumple los requisitos indispensables para poder procesarla.

2) Enriquecimiento en sólidos lácteos

Implica un incremento de la concentración de sólidos para conseguir las propiedades reológicas deseadas en el yogur. El objetivo primordial, es aumentar el porcentaje de sólidos lácteos no grasos y porcentaje de proteína. Con el fin de potenciar la viscosidad del producto terminado. Los métodos empleados para el enriquecimiento son:

- Concentración mediante calentamiento (no se usa comercialmente).
- Adición de leche o productos lácteos en polvo.
- Concentración mediante evaporación a vacío.
- Concentración mediante filtración por membrana (ultrafiltración u ósmosis inversa).

3) Filtración

La filtración, se recomienda para eliminar las posibles partículas de sólidos lácteos añadidos en la fase anterior no disueltas y los grumos procedentes de la leche base. Puede hacerse de dos formas: haciendo pasar la leche a través de filtros cónicos ajustados en el interior de las conducciones, con clarificadoras centrífugas o con filtros de nylon o de acero inoxidable.

4) Tratamiento térmico

Según (Ordoñez, 1998), los efectos de este tratamiento térmico pueden resumirse en:

- **Microorganismos:** Prácticamente, se destruyen todas las formas vegetativas; mientras que las esporuladas se mantienen viables. Puede asegurarse que se elimina toda la microbiota patógena no esporulada. Además, la reducción de la carga microbiana garantiza que el iniciador encontrará un sustrato bastante libre de competidores y crecerá velozmente.
- **Enzimas endógenas de la leche:** Los tratamientos térmicos utilizados no destruyen completamente todas las enzimas de la leche; pero las que mantienen su actividad no entrañan problemas para las leches fermentadas.
- **Las proteínas del suero:** se desnaturalizan parcialmente y pueden crear nuevos enlaces y unirse entre ellas o con otros componentes de la leche. Las *B-lactoglobulinas* pueden formar agregados uniéndose unas moléculas con otras, pero también pueden depositarse sobre la micela de caseína; uniéndose covalentemente con moléculas de *k-caseína* (enlaces disulfuro). Estos insumos aumentan la viscosidad del yogur.

- Con el calentamiento, se induce la insolubilización del fosfato de calcio y otros iones, que pasarán a formar parte de la fase coloidal. Esto no tiene repercusión en la formación del gel por acidificación.
- Se reduce la cantidad de oxígeno disuelto, con lo que se crean unas condiciones de microaerófila favorables para el crecimiento del cultivo iniciador.
- Al desnaturalizarse las proteínas del suero por acción del calor, pueden liberarse compuestos nitrogenados de baja masa molecular y pueden estimular el desarrollo de los microorganismos iniciadores.

5) Adición del cultivo iniciador

Antes de añadir el cultivo iniciador a la leche, ésta debe enfriarse hasta 43°C. Esta temperatura, es la misma de incubación y depende fundamentalmente de las características del cultivo iniciador. El iniciador puede añadirse en polvo, congelado concentrado o en forma de una suspensión líquida.

En el caso concreto del yogur, el cultivo iniciador añadido no debe aportar sólo un abundante número de microorganismos viables sino que, además, debe proporcionar una población en equilibrio con el mismo número de individuos de las dos especies que intervienen en la fermentación (*streptococcus thermophilus* y *lactobacillus delbrueckii sbsp. bulgaricus*). La cantidad de inóculo que se utiliza generalmente, es de 2-3% del volumen total de la leche para yogur. En el yogur, se pretende que la tasa inicial de microorganismos sea bastante elevada, del orden de 10^7 ufc/ml para que la fermentación se produzca con rapidez.

6) Incubación

La acidificación de la leche durante la fabricación del yogur, es un proceso biológico que debe controlarse al máximo una higiene esmerada y el uso de unas condiciones de incubación definidas.

Para obtener yogur suele incubarse a 42°C, temperatura que representa un compromiso entre la óptima de las dos especies responsables de su fermentación, 45°C para la mayoría de las cepas (*lactobacillus bulgaricus*) y 39°C para (*streptococcus thermophilus*). A esta temperatura, se completa la fermentación en unas 4 horas. Es evidente que si la temperatura de incubación es menor, el tiempo necesario para completar la fermentación y obtener yogur se prolonga.

7) Enfriamiento

Su finalidad, es frenar la actividad del iniciador y sus enzimas para evitar que la fermentación continúe. Se recomienda que la temperatura final del yogur no exceda los 5°C, de esta forma, la coexistencia de pH bajo y temperatura de refrigeración actúan sinérgicamente para mantener el yogur en un estado apropiado para su consumo durante 15 ó 20 días, para lo cual se utiliza agua a temperatura ambiente y finalmente, se llevan los tachos a refrigeración.

8) Envasado

Según (Paine, 1967), el envasado es una etapa muy importante del proceso de elaboración del yogur y lo definió de la siguiente manera. “El envasado, es una forma de asegurar la distribución del producto hasta el consumidor final en adecuadas condiciones y con un mínimo costo.

Por otra parte, los materiales de envasado en contacto directo con los alimentos deben ser atóxicos y químicamente inertes; es decir, no reaccionar con el producto que contienen, deben ser resistentes a los ácidos, evitar la pérdida de sustancias volátiles responsables del aroma del producto e impermeables al oxígeno. Por estas razones los plásticos son utilizados en la industria láctea y, debido a la naturaleza ácida del producto, el material más adecuado para las tapas son las láminas de aluminio (Ordoñez, 1998).

2.2.6.- PROBLEMAS DURANTE LA ELABORACIÓN DEL YOGUR

Según (Mahaut et al, 2004), los problemas durante la elaboración del yogur pueden clasificarse en: defectos del aspecto, textura y flavor.

2.2.6.1.- DEFECTOS DEL ASPECTO Y TEXTURA EN EL YOGUR

Dentro de los defectos que se pueden presentar en el aspecto y textura son:

- 1. Decantación y sinéresis**, debido a una mala fermentación (sobre acidificación o post-acidificación), debido a una temperatura demasiado elevada o una refrigeración excesivamente larga.
- 2. Producción de gas**, debido a la presencia de coliformes o levaduras.
- 3. Separación de una capa de nata**, consecuencia de una homogeneización insuficiente o inexistente.
- 4. Separación de suero**, causado por agitación o vibraciones durante el transporte después de la refrigeración en la cámara fría.
- 5. Falta de firmeza (yogures tradicionales)**, producida cuando la proporción de inóculo es muy baja, o condiciones de incubación inadecuadas.
- 6. Consistencia excesivamente líquida (yogures batidos)**, por un batido demasiado intenso, bajo contenido en extracto seco, tiempo de incubación muy corto, o la utilización de fermentos que no son suficientemente espesantes.
- 7. Consistencia demasiado espesa**, debido a la siembra de fermentos inadecuados o temperatura de incubación muy baja.

8. **Textura arenosa**, por muchos factores: extracto seco demasiado alto, tratamiento térmico muy fuerte, homogeneización a temperaturas muy altas, acidificación irregular y también a un batido incorrecto.

2.2.6.2.- DEFECTOS DEL SABOR

Según (Mahaut et al, 2004), dentro de los defectos que se pueden presentar en el sabor son:

1. **Amargor**, cuando la actividad proteolítica de los fermentos es excesiva, o por contaminación de gérmenes proteolíticos.
2. **Mucha acidez**, debido a un fallo en el control de la fermentación, dosis de fermento demasiado elevada, incubación demasiado larga o temperatura muy alta, enfriamiento muy lento o durante poco tiempo.
3. **Falta de acidez**, por la utilización de un fermento poco activo, incubación excesivamente corta o temperatura muy baja, o por la presencia de inhibidores o bacteriófagos.
4. **Sabor a levadura**, por contaminación de levaduras.
5. **Sabor a rancio**, por gérmenes lipolíticos.
6. **Sabor a moho (yogures con fruta)**, debido al empleo de fruta de mala calidad que contiene mohos.
7. **Carencia de aroma**, a causa de un contenido de extracto seco bajo, un desequilibrio de la flora (demasiados estreptococos) o una incubación muy corta o a una temperatura muy baja.
8. **Sabor arenoso**, mucha cantidad de leche en polvo.
9. **Sabor oxidado**, por falta de protección a la luz (vasitos de cristal) o a la presencia de metales.
10. **Sabor agrio**, por contaminación de flora láctica salvaje o por coliformes.
11. **Sabor grasoso**, cuando el contenido de materia grasa es muy elevado.

2.2.7.- INSUMOS Y ADITIVOS PARA LA ELABORACIÓN DE YOGUR

Los insumos y aditivos utilizados en la elaboración de yogur son:

2.2.7.1.- CULTIVOS INICIADORES

Los cultivos iniciadores más ampliamente utilizados son una mezcla simbiótica de (*streptococcus salivarius Subsp. thermophilus* y *lactobacillus delbrueckii Subsp. bulgaricus*). Aunque pueden crecer independientemente, el grado de producción de ácido láctico es mucho más alto cuando se utiliza ambos que cuando se utilizan individualmente. El *streptococcus thermophilus* crece más rápido y produce ácido fórmico y dióxido de carbono. El ácido fórmico y el dióxido de carbono producido estimula el crecimiento del *lactobacillus bulgaricus*. De otro lado la actividad proteolítica del *lactobacillus bulgaricus* produce péptidos y aminoácidos que estimulan el crecimiento del *streptococcus* (Ordoñez, 1998).

Es por este efecto sinérgico favorable del crecimiento conjunto que se utiliza esta mezcla simbiótica. Estos microorganismos, son los responsables finalmente de la formación del aroma y textura típica del yogur. Entre los compuestos responsables del aroma típico del yogur se encuentran: acetaldehído, acetoína, diacetilo, etanol. Durante la fermentación la mezcla de yogur coagula produciendo un descenso del pH (Ordoñez, 1998).

EL *streptococcus Thermophilus*; es el responsable de la caída inicial del pH hasta aproximadamente (5,0), son gram (+) homofermentadores (homolácticas, fermentan hexosas pero no hexosas, de glucosa pasa a lactato como producto final), microaerófilos, producen lactato, acetaldehído y diacetilo a partir de la lactosa en la leche. Su Temperatura óptima, es de 37°C. Requieren de vitaminas del grupo B y algunos aminoácidos como estimulantes de su crecimiento (Ordoñez, 1998).

El *lactobacilus bulgaricus*, es el responsable del descenso del pH hasta 4,0 (homofermentadores y heterofermentadores, esta ultima fermenta hexosas, de glucosa pasa a lactato, CO₂, acetaldehido y diacetilo). Produce D (+) lactato y acetaldehído a partir de lactosa en la leche, a diferencia de las otras subespecies, *delbrueckii* y *lactis*,

que solo producen lactato. Algunas producen exopolisacáridos. Crecen muy despacio por debajo de una temperatura de 10°C y la mayoría de las cepas pueden crecer a la temperatura de (50-55) °C (Ordoñez, 1998).

El *delbrueckii subsp. bulgaricus* libera, a partir de las proteínas lácteas, diversos aminoácidos (valina, ácido glutámico, triptófano y metionina) y algunos péptidos que estimulan el crecimiento de *thermophilus*. A su vez, esta bacteria produce formiato durante el metabolismo de la lactosa y CO₂ a partir de la urea presente en la leche. Ambos metabolitos estimulan el desarrollo del lactobacilo (Ordoñez, 1998).

2.2.7.2.- 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 (Tamine et al, 1991).

Según (Covas, 2005), los saborizantes se dividen en función de su origen en tres grupos:

- Sustancias aromatizantes artificiales (origen químico).
- Sustancias aromatizantes idénticas a los naturales.
- Aromas y aromatizantes naturales (origen natural).

2.2.7.3.- COLORANTES

Son aditivos para dar al consumidor las cualidades de apetitosidad y atractivo, así como también mejorar la presentación y coloración; ya que de esto dependerá el sabor y color proporcionado al yogur (Longo, 2004).

2.2.7.4.- CONSERVANTES

La principal causa de deterioro de los alimentos, es causada por la presencia de diferentes tipos de microorganismos (bacterias, levaduras y mohos). El agente conservador utilizado en diferentes productos, es el sorbato de potasio (0,1%) y benzoato de sodio. La relativa estabilidad de los yogures comparados con la leche, se debe al ácido láctico producido durante su fermentación (Fernández, 2005).

2.3.- ORIGEN DE LA ZANAHORIA

La zanahoria, es una especie originaria del centro asiático y del mediterráneo La palabra zanahoria se origina del idioma árabe y significa piel amarilla. Ha sido cultivada y consumida tanto por griegos y romanos. Durante los primeros años de su cultivo, las raíces de la zanahoria eran de color violáceo. El cambio de éstas a su actual color naranja se debe a las selecciones ocurridas a mediados del año 1700 en Holanda, que aportó una gran cantidad de caroteno, el pigmento causante del color y que han sido base del material vegetal, la zanahoria es oriunda de Europa y Asia sudoccidental (Infoagro, 2002).

Daucus carota subespecie *sativus*, la *zanahoria*, pertenece a la familia de las umbelíferas, también denominadas apiáceas. Es la hortaliza más importante y de mayor consumo de las pertenecientes a dicha familia. Es la forma domesticada de la zanahoria silvestre *Daucus carota*, pero continúa siendo la misma especie. Entre las hortalizas, pertenece al grupo de las verduras (Dalby, 1996).

En la actualidad la zanahoria, se cultiva por su raíz mucho más grande, sabrosa y de textura menos fibrosa, existen muchas plantaciones de zanahoria en todos los países. Según las condiciones climatológicas y situación geográfica, se distinguen tres zonas agrícolas en Bolivia: fría, templada y cálida. La zona templada, se caracteriza por tener la mayor producción agrícola en el país y comprende principalmente los

departamentos de Cochabamba, Chuquisaca y Tarija (Andrade, 2005). En la figura 2.1, se muestra la planta de zanahoria y su fruto (raíz).

Figura 2.1
La zanahoria



Fuente: Martínez, 2009

2.3.1.- BOTÁNICA DE LA PLANTA DE ZANAHORIA

La zanahoria pertenece a la familia de las umbelíferas; también denominadas Apiáceas, es una planta bienal que forma una roseta de hojas en primavera y verano, mientras desarrolla la gruesa raíz principal, la cual almacenará grandes cantidades de azúcar para la floración del año siguiente. El tallo floral crece alrededor de 1m con una umbela de flores blancas en el ápice. La raíz comestible suele ser de color naranja, blanca o en una combinación de rojo y blanco, con una textura crujiente cuando está fresca (Dalby, 1996).

La zanahoria, es una planta bastante rústica que tiene preferencia por los climas templados. La temperatura mínima de crecimiento es de 9° C y las temperaturas ideales entre (16 y 18) °C. Soporta heladas hasta de (-5) °C y arriba de los 28°C, se provoca una aceleración en los procesos de envejecimiento. La humedad ideal, es de

(80–90) % con una precipitación entre 800 mm y 1,200 mm. El bosque seco montano bajo, es ideal para el cultivo de zanahoria (Infoagro, 2002).

2.3.2.- DESCRIPCIÓN TAXONÓMICA DE LA RAÍZ DE ZANAHORIA

La zanahoria, es la hortaliza más importante y de mayor consumo de la familia de las umbelíferas, que cuenta con cerca de 250 géneros y más de 2500 especies. En la tabla 2.4, se identifica la clasificación taxonómica de la zanahoria (Oliva, 1987).

Tabla 2.4
Taxonomía de la zanahoria

Nombre científico	<i>Daucos Carota L.</i>
Nombre Común	Zanahoria
Reino	Vegetal
Clase subclase	Angiospermae
Subclase	Dicotiledoneae
Orden	Umbelliflorae
Familia	Umbelliferae
Genero	Daucos
Especie	Carota L.

Fuente: Huanca, 2001

2.3.3.- INFORMACIÓN NUTRICIONAL DE LA RAÍZ DE ZANAHORIA

Las cualidades nutritivas de las zanahorias son importantes; especialmente por su elevado contenido en beta-caroteno (precursor de la vitamina A), pues cada molécula de caroteno que se consume es convertida en dos moléculas de vitamina A. En general se caracteriza por un elevado contenido en agua y bajo contenido en lípidos y proteínas (Infoagro, 2002). En la tabla 2.5, se muestra la información nutricional de la zanahoria cruda.

Tabla 2.5
Información nutricional de la zanahoria cruda

Componentes	Composición
Agua (g)	87,7
Energía (Kcal)	43
Grasas (g)	0,19
Hidratos de carbono(g)	10,14
Fibra (g)	3,0
Potasio (mg)	323
Fosforo (mg)	44
Sodio (mg)	35
Calcio (mg)	27
Magnesio (mg)	15
Vitamina C (mg)	9,3
Vitamina A (IU)	28000
Vitamina B 6 (mg)	0,14
Niacina (mg)	92
Acido fólico (mg)	14

Fuente: Boticanal, 2009

2.3.4.- MORFOLOGÍA DE LA PLANTA DE ZANAHORIA

- a) **Planta:** Es una planta bianual. Durante el primer año se forma una roseta de pocas hojas y la raíz, se presenta un tallo corto en el que se forman las flores durante la segunda estación de crecimiento (Infoagro, 2002).
- b) **Raíz (sistema radicular):** Es de raíz napiforme, de forma y color variables. Tiene función almacenadora, y también presenta numerosas raíces secundarias que sirven como órganos de absorción. Al realizar un corte transversal se distinguen dos zonas bien definidas: una exterior, constituida por el floema secundario y otra exterior formada por el xilema y la médula. Las zanahorias más aceptadas son las que presentan gran proporción de corteza exterior, ya que el xilema es generalmente leñoso y sin sabor (Infoagro, 2002).
- c) **Flores y fruto:** Las flores de color blanco, con largas brácteas en su base, agrupadas en inflorescencias en umbela compuesta, un fruto diaquenio soldado por su cara plana (Infoagro, 2002).

2.3.5.- ORGANOLOGÍA DE LA PLANTA DE ZANAHORIA

La planta de zanahoria tiene un comportamiento anual o bianual, de acuerdo a la variedad y a las condiciones climáticas se forma un verticilo o roseta de hojas y por acumulación de sustancias de reserva se engrosan el hipocotilo y la raíz principal. Estos tejidos suculentos constituyen la parte comestible de la planta (García, 1999).

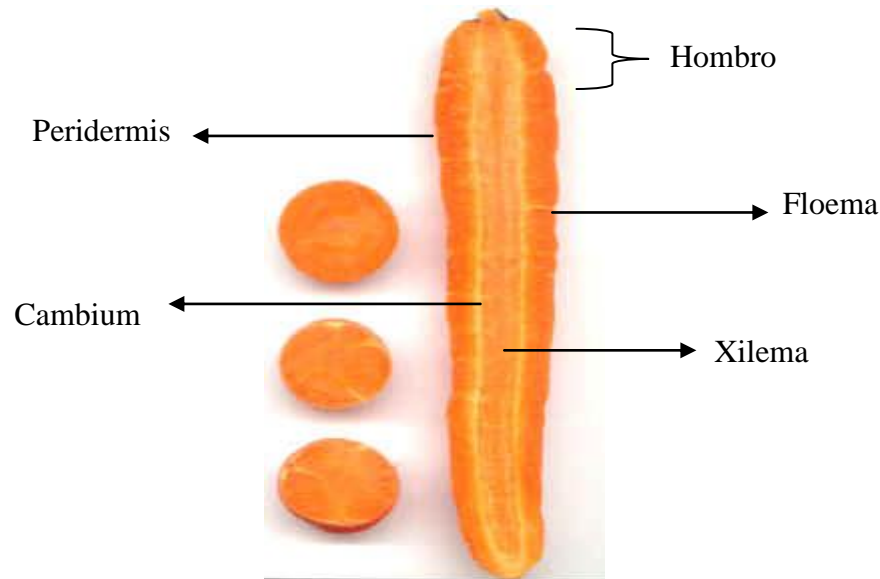
Según (García, 1999), en la fase reproductiva luego de la inducción floral provocada por las bajas temperaturas invernales, aparece el tallo floral hispido y ramificado que puede alcanzar más de un metro de altura y la planta de zanahoria se divide en:

- a) **Hojas:** Son alternas, presentan la lámina muy dividida en segmentos muy angostos, bi o tripinatisectas. Las hojas, se presentan en roseta (7 a 13), pubescentes con pecíolos largos.
- b) **Tallo:** Está reducido a un pequeño disco o corona en la parte superior de la raíz.
- c) **Raíz:** La raíz es el órgano de reserva y alcanza una longitud de (10 a 30) cm, según las variedades. Su forma puede ser cónica o cilíndrica, con su extremo superior redondeado y el inferior romo o puntiagudo, dependiendo de la variedad. La raíz principal, es una raíz reservarte que posee estructura secundaria en la cual el cambium produce abundante cantidad de parénquima, tanto a nivel de floema como del xilema.

Según (García, 1999,), haciendo un corte transversal de la raíz de zanahoria, se muestra las partes que son (figura 2.2):

- Peridermis
- Corteza y floema
- Cambium
- Cilindro central y xilema

Figura 2.2
Corte transversal de la zanahoria



Fuente: Fagro, 2001

El color de la raíz, es anaranjado y su intensidad está en relación con el contenido de caroteno (provitamina A). Las zonas de acumulación de caroteno son en las células más viejas del floema y del xilema (García, 1999).

2.3.6.- PROPIEDADES MEDICINALES DE LA ZANAHORIA

Muchos investigadores han llegado a la conclusión de que la “zanahoria” es, ni más ni menos: “una verdadera maravilla vegetal”, pues además de ser un alimento es a la vez un eficaz recurso terapéutico para diversas enfermedades (Pamplona, 2003).

Se le puede consumir cocida o cruda, estado en el que es muy agradable al paladar y buena para fortalecer la visión, los dientes y la encías. Se recomienda a quienes tienen problemas dentales o mala dentición a ingerirla rallada, sola o mezclada en ensalada con otras verduras (Pamplona, 2003).

El zumo de la zanahoria que se saca del extractor, es altamente beneficioso. Si se carece de este aparato, se ralla la zanahoria, colocando un lienzo, donde se toma por

las cuatro puntas y se exprime en un vaso. También la zanahoria cocida, es muy saludable; aunque cruda lo es más (Pamplona, 2003).

La raíz, es rica en pectinas, fibra, oligoelementos y agua, se la considera anti diarreico moderado, calmante estomacal que regula el tránsito intestinal, desintoxicante, depurativa y remineralizante. También, se la considera un remedio popular para la ictericia y otros (Pamplona, 2003).

2.3.7.- LA ZANAHORIA COMO MATERIA PRIMA

La zanahoria en la industria alimentaria, se emplea como materia prima para congelados, deshidratados, encurtidos, conservas, purés, alimentos para niños, enlatados y zumos. Las zanahorias pueden conservarse usando atmósferas modificadas, aunque un exceso de CO₂ en dicha atmósfera puede llevar a la aparición de un sabor desagradable y a una pérdida de firmeza del producto. Uno de los mejores métodos industriales para la conservación de las zanahorias, es la congelación; ya que dicho proceso mantiene intactas las características organolépticas y las propiedades del producto. Estas raíces, además; se usan como fuente para extracción de caroteno, que se emplea como colorante de margarinas y como componente de piensos de aves, para intensificar el color de la carne y de la yema de los huevos (Eroski, 2004).

2.3.8.- INSUMOS PARA LA ELABORACIÓN DE PULPA DE ZANAHORIA

Según (Coronado e Hilario, 2001), los insumos utilizados para la preparación de jalea de zanahoria son los siguientes:

2.3.8.1.- AZÚCAR

El azúcar desempeña un papel vital en la gelificación de la jalea. Se utiliza para dar los °Brix adecuados a la jalea. Se emplea la azúcar blanca, porque permite mantener las características propias de color y sabor de la fruta o verdura.

2.3.8.2.- BENZOATO DE SODIO

El benzoato de sodio, es un conservador que se usa para inhibir desarrollo de hongos y levaduras, y aseguran la conservación del producto después que se ha abierto el envase. La cantidad de conservador no debe exceder el 0,1% del peso de la jalea, preparado en recipientes limpio y seco disolviendo en una pequeña cantidad de agua tibia. Su efectividad, es mayor en productos ácidos (pH entre 3 y 4).

3.1.- INTRODUCCIÓN

La parte experimental del trabajo de investigación, “**Elaboración de Yogur Enriquecido con Pulpa de Zanahoria**”, se realizó en el Laboratorio Taller de Alimentos (LTA) de la Carrera de Ingeniería de Alimentos de la Universidad “Juan Misael Saracho”.

3.2.- DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS, INSTRUMENTOS, MATERIALES DE LABORATORIO, INSUMOS, MATERIAS PRIMAS Y REACTIVOS

A continuación, se describen todos los materiales, equipos, insumos, instrumentos, materias primas y reactivos que se utilizaron durante la realización de la parte experimental.

3.2.1.- EQUIPOS

Los equipos que se utilizaron en el trabajo experimental son:

Balanza electrónica: En la figura 3.1, se muestra la balanza electrónica que se utilizó para el pesado de la materia prima e insumos en el procesado y producto final, sus especificaciones técnicas son:

- Marca: CAMRY
- Modelo: EK5055
- Fuerza electromotriz: 9V
- Capacidad máxima: 5 kg
- Capacidad mínima: 1 g

Figura 3.1
Balanza electrónica



Balanza analítica digital: En la figura 3.2, se muestra el equipo utilizado para controlar el pesado de ingredientes e insumos, sus especificaciones técnicas son:

Figura 3.2
Balanza analítica

- Industria: española
- Marca: Mettler Toledo
- Capacidad máxima: 1510 g
- Rango de precisión: 0,01 g
- Modelo: PB1502
- Fuente: 9,5- 20 V
- Capacidad mínima: 0,5 g
- Voltaje: 8-14,5 V
- Frecuencia: 50/60
- E: 0,1 g



Cocina: Utilizada durante la etapa de pasteurización de la leche la cual tiene las siguientes especificaciones técnicas:

- Modelo: Industrial
- Número de hornillas: dos
- Combustible: gas natural

Heladera: Utilizada para refrigerar el producto elaborado tanto como la pulpa de zanahoria y el yogur esto para su conservación. Sus especificaciones técnicas son:

- Marca: Consul
- Frecuencia: 50/60
- Amperios: 2,5 Amperio
- Voltaje: 220 Vol.
- Pies: 12

3.2.2.- INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

Los instrumentos de laboratorio utilizados para el proceso productivo son:

Refractómetro: En la figura 3.3, se muestra el instrumento que fue utilizado para medir el porcentaje de sólidos solubles de la leche de vaca, pulpa de zanahoria y del producto final. Sus especificaciones técnicas son:

- Industria: Japonesa
- Marca: Atago
- Escala: 0-98 °Brix
- Modelo: N1

Figura 3.3
Refractómetro



Termómetro: En la figura 3.4, se muestra el instrumento que se utilizó para medir las diferentes temperaturas durante los procesos de concentración, fermentación y pasteurización. Sus especificaciones técnicas son:

- Termómetro de mercurio
- Marca: Nahita
- Escala: -10 a 110 °C

Figura 3.4
Termómetro



pH-metro de bolsillo: En la figura 3.5, se muestra el instrumento que se utilizó en la etapa de fermentación y en el producto final para medir su pH. Sus especificaciones técnicas son:

- Marca: Nahita
- Rango: 0 – 14
- Resolución: 0,1
- Temperatura de operación: 0-50°C
- Calibración: 2 puntos
- Potencia: DC4 * 1,5 V
- Peso: 90 g

Figura 3.5
pH-metro



3.2.3.- MATERIALES DE LABORATORIO

En la tabla 3.1, se muestran los materiales de laboratorio que se utilizaron en el proceso de elaboración de yogur enriquecido con pulpa de zanahoria

Tabla 3.1
Materiales para la elaboración de yogur enriquecido con pulpa de zanahoria

Descripción	Cantidad	Capacidad	Calidad
Probeta	1	100 ml	Vidrio
Jarra graduada	1	100 ml	Plástico
Jarra graduada	1	1000 ml	Plástico
Colador	1	50 cm	Plástico
Vasos de precipitación	4	250 ml	Vidrio
Vidrio de reloj	1	pequeño	Vidrio
Espátula	1	30 cm	Goma
Agitador	1	-	Acero inoxidable
Ollas	4	4 lt	Acero inoxidable
Recipientes	2	5 lt	Plástico
Cuchara	1	grande	Acero inoxidable
Cucharillas	5	2 cm	Plástico
Cuchillo	1	25cm	Acero inoxidable
Rallador de vegetales	1	15cm	Acero inoxidable
Sumidora	1	1000 ml	Plástico
Frascos	2	250 g	Vidrio
Vasitos	5	250 ml	Poliestireno
Bolsas	5	1000 g	Polipropileno

Fuente: Elaboración propia

3.2.4.- MATERIA PRIMA

Las materias primas que se utilizaron para realizar el presente trabajo son:

- Leche de vaca natural adquirida de la familia López de la provincia de San Lorenzo del Departamento de Tarija.
- Zanahoria (*Daucos Carota*); proveniente de la provincia de Río San Juan del Oro del Departamento de Tarija, que fue adquirida en el Mercado Campesino.

3.2.5.- INSUMOS ALIMENTARIOS

Los insumos utilizados en el trabajo de investigación, se citan en la tabla 3.2

Tabla 3.2
Insumos para la elaboración de yogur enriquecido con pulpa de zanahoria

Insumos	Descripción	Procedencia
Cultivos	Liofilizados	Europa
Azúcar	Bermejo	Bolivia
Esencias (naranja)	Esencial	Argentina
Colorantes (naranja)	Esencial	Argentina

Fuente: Elaboración propia

3.2.6.- REACTIVOS QUÍMICOS DE LABORATORIO

Los reactivos utilizados para la elaboración de yogur enriquecido con pulpa de zanahoria, se muestran en la tabla 3.3.

Tabla 3.3
Reactivos utilizados en la elaboración de yogur enriquecido con pulpa de zanahoria

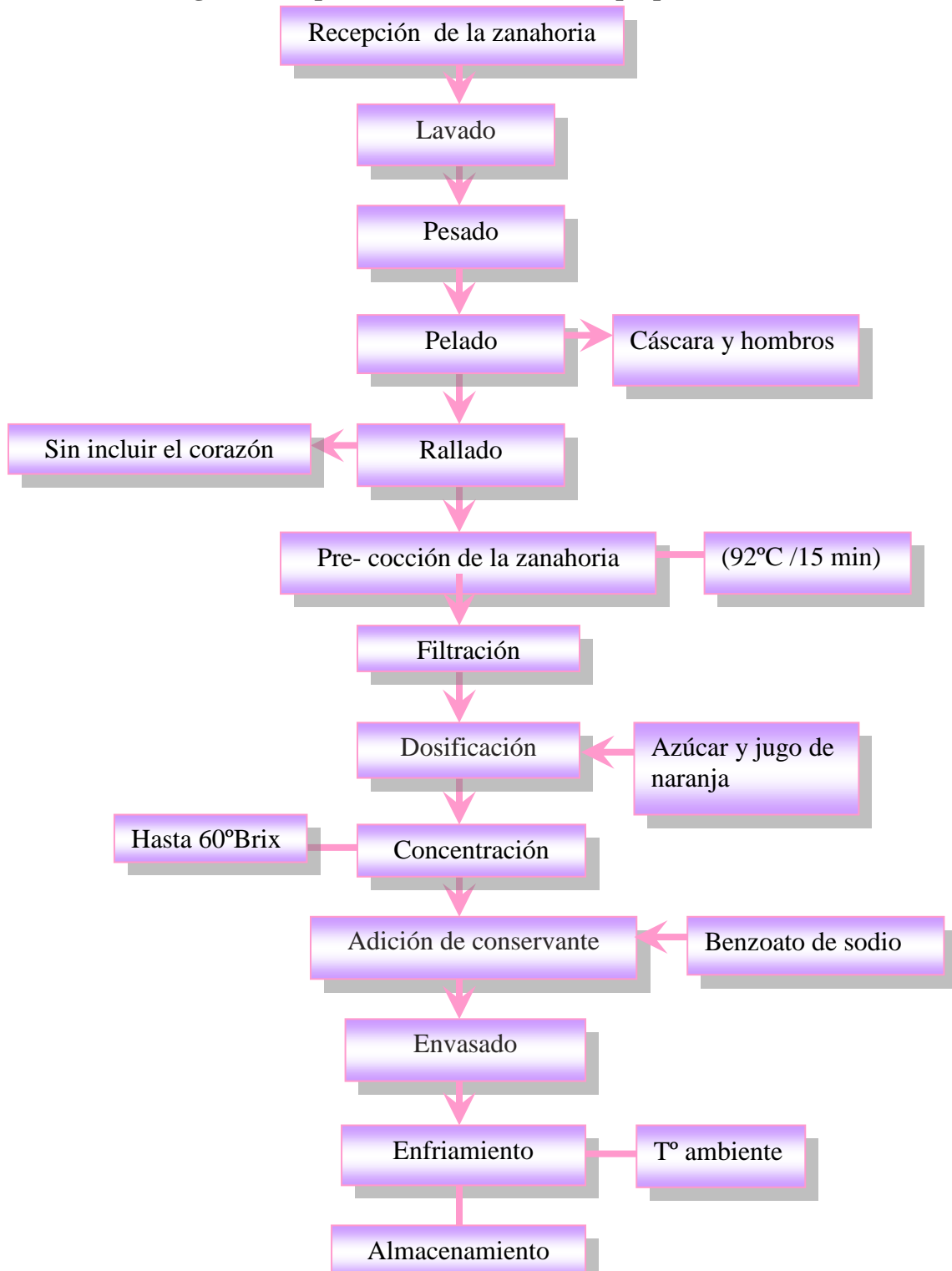
Reactivos	Cantidad	Concentración
Solución de hidróxido de Sodio	1 litro	0,1 N
Fenolftaleína	50 ml	0,1 %
Alcohol	500ml	95%

Fuente: Elaboración propia

3.3.- METODOLOGÍA DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE PULPA DE ZANAHORIA

En la figura 3.6, se muestra el diagrama de bloque del proceso de elaboración de pulpa de zanahoria.

Figura 3.6
Diagrama del proceso de elaboración de pulpa de zanahoria



Fuente: Elaboración propia

3.3.1.- DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PROCESO EXPERIMENTAL

El proceso de elaboración de pulpa de zanahoria, consta de los siguientes pasos:

3.3.1.1.- RECEPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA

La recepción de la materia prima, se realiza haciendo una inspección objetiva de la zanahoria, que garantice que cumpla con todas las condiciones necesarias para el proceso de rallado. Se realizó en forma manual, eliminando aquellas zanahorias que se encontraban dañadas (mal estado) y observando que estén maduras y aptas para el proceso.

3.3.1.2.- LAVADO

El proceso de lavado, se realizó en forma manual utilizando agua potable, con el fin de eliminar las impurezas como ser tierras y restos de raíces adheridos en la hortaliza; para luego dejarlas reposar hasta el secado a temperaturas ambiente.

3.3.1.3.- PESADO

Luego que se realizó la recepción de la materia prima que va a ser procesada, se realiza el pesado de las zanahorias; utilizando una balanza electrónica digital con la finalidad de determinar el rendimiento del proceso.

3.3.1.4.- PELADO

El proceso de pelado de la zanahoria, consistió en cortar manualmente con un cuchillo de acero inoxidable la cáscara de la zanahoria y los hombros (parte de la raíz).

3.3.1.5.- RALLADO

Para el proceso de rallado, se utiliza un rallador de acero inoxidable para raspar la pulpa de la zanahoria en cortes pequeños sin tomar en cuenta la parte central; con el fin de facilitar el proceso de pre- cocción.

3.3.1.6.- PRE-COCCIÓN

Este proceso consistió en la inmersión de las rallas de zanahoria cruda en una olla de acero inoxidable con agua a temperatura de ebullición (92°C) y controlando los tiempos de pre-cocción durante (10-15) minutos del momento que el agua empieza a hervir; con el fin de ablandar la pulpa de zanahoria.

3.3.1.7.- FILTRACIÓN

El proceso de filtración, consistió en sacar la pulpa de zanahoria del proceso de pre-cocción; utilizando un tamiz de plástico, con la finalidad de eliminar el exceso de agua caliente y evitar el cocimiento de la pulpa.

3.3.1.8.- DOSIFICACIÓN

En el proceso de dosificación, se agregó una relación porcentual de 1:1 es decir, (500g azúcar/500g pulpa de zanahoria pre-cocida). Así mismo, con 120ml de jugo de naranja, con el fin de tener una pulpa de zanahoria consistente y que no se pegue en el recipiente concentrador. Para tal efecto, se utilizó una olla de acero inoxidable de 2 litros de capacidad.

3.3.1.9.- CONCENTRACIÓN

Este proceso consistió en llevar la pulpa con azúcar e ingredientes a fuego lento hasta obtener un producto concentrado de punto jalea. Es decir dejando alrededor los sólidos solubles entre 60°Brix.

3.3.1.10.- ADICIÓN DEL CONSERVANTE

Este proceso consistió en añadir el benzoato de sodio en polvo a la pulpa de zanahoria (0,3g/600g de pulpa), con la ayuda de una cuchara de madera se mezcla homogéneamente la pulpa con el conservante por unos cinco minutos, con el fin de disolver el conservante y no quede grumos.

3.3.1.11.- ENVASADO

Primero, se esterilizan los frascos de vidrio de (250g), se realiza colocando los frascos parados sobre una madera en la base de la olla; luego se llena con agua caliente hasta que cubra los frascos en su totalidad y se esteriliza por 10 minutos con el fin de eliminar los microorganismos patógenos y templar los frascos evitando que se rompan cuando se envasan en caliente. Pasado el tiempo, se sacan los frascos con ayuda de una pinza y se colocan sobre una tela limpia boca abajo, hasta que seque por un tiempo de (10 a 15) minutos.

El proceso de envasado, consistió en introducir la jalea en caliente poco a poco en los frascos; dando golpes en la base para eliminar el aire residual en el interior del recipiente. Una vez llenado el producto, se procede a pesar el frasco y se registra los datos.

3.3.1.12.- ENFRIAMIENTO

Una vez que se ha envasado el producto terminado, se deja enfriar a temperatura ambiente de 25°C.

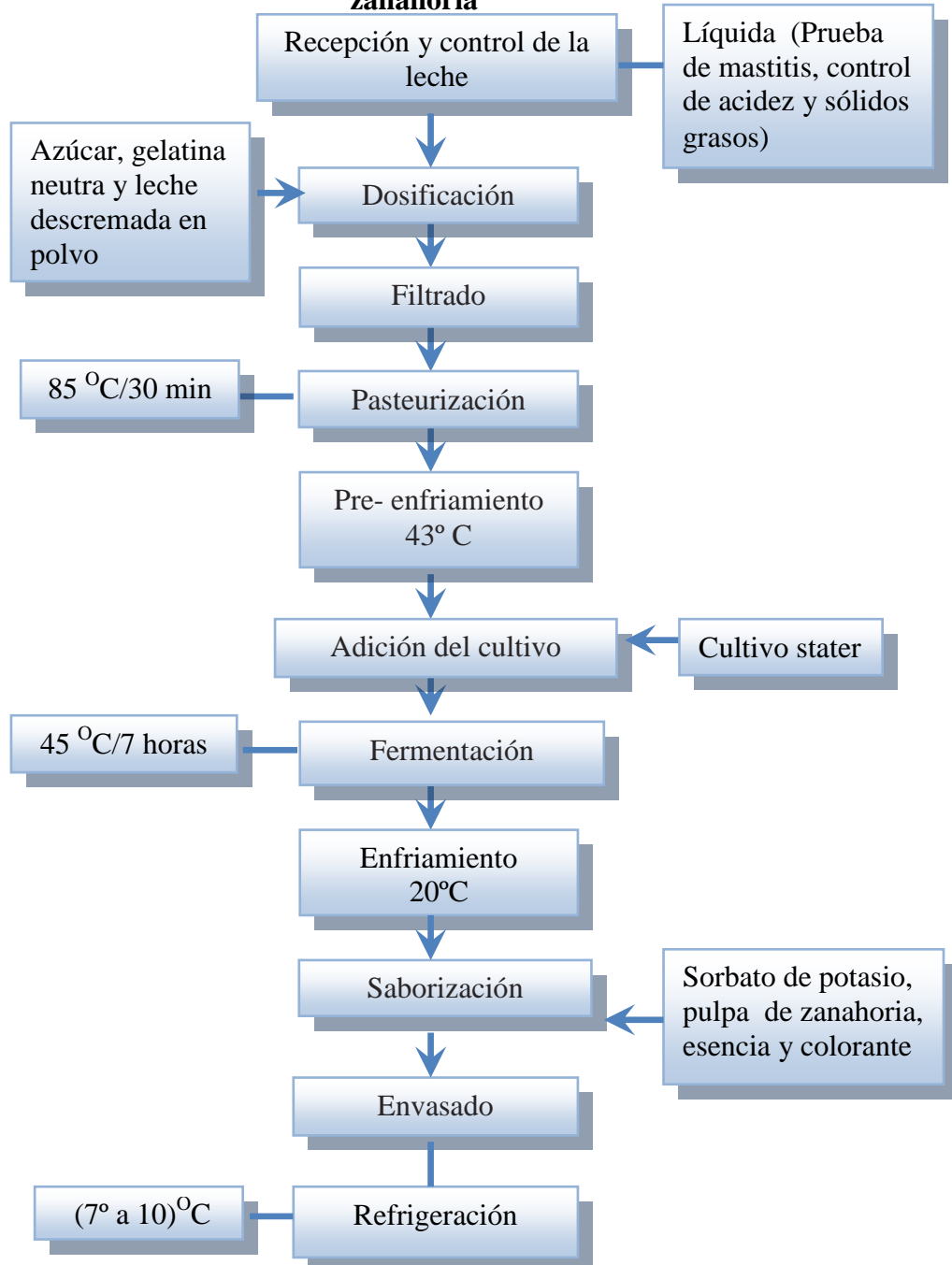
3.3.1.13.- ALMACENAMIENTO

Se almacena el producto terminado, evitando que esté en contacto directo con la luz solar o con alguna otra fuente de calor.

3.4.- METODOLOGÍA DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DEL YOGUR ENRIQUECIDO CON PULPA DE ZANAHORIA

En la figura 3.7, se muestra el diagrama de bloques del proceso de elaboración de yogur enriquecido con pulpa de zanahoria. Este proceso fue adaptado, según (Ordoñez, 1998).

Figura 3.7
Diagrama del proceso de elaboración de yogur enriquecido con pulpa de zanahoria



Fuente: Elaboración propia

3.4.1.- DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PROCESO

El proceso de elaboración del yogur enriquecido con pulpa de zanahoria, consta de los siguientes pasos:

3.4.1.1.- RECEPCIÓN Y CONTROL DE LA LECHE

Es necesario analizar la leche en el momento de su recepción para asegurarse que cumpla los requisitos indispensables para el proceso, como ser:

- **Determinación de sólidos no grasos:** Esta determinación, es muy importante para poder establecer el rendimiento de la leche y verificar si la leche está adulterada con agua ó no. La cantidad de sólidos recomendada, es igual o mayor a 9,0 °Brix (LTA, 2012).
- **Prueba de mastitis:** Mastitis, se refiere a la inflamación de las glándulas mamarias de las vacas que pueden alterar las características fisicoquímicas y características bacteriológicas de la leche. Esta prueba, se realiza a través de un test de mastitis, utilizando un reactivo de (bromocresol) de la marca “REACTIMAST” (LTA, 2012).
- **Control de acidez:** Se realiza un control de acidez a la leche, la cual no debe ser mayor a 16 °Dornic y en cuanto al pH debe ser igual a 6,6 o 6,7 (LTA, 2012).

3.4.1.2.- DOSIFICACIÓN

Mezclamos en seco azúcar, gelatina neutra y leche en polvo descremada, una vez mezclados estos ingredientes se, incluirá a la leche batiendo con una cuchara de acero inoxidable hasta su total disolución. Mediante la adición de leche de vaca en polvo descremada, se desea que la mezcla alcance un (13-14) % de sólidos solubles; luego

se agregó un 8 % de azúcar a la mezcla, donde fue realizada a temperatura ambiente siendo agitada manualmente. La dosificación de la leche implica un incremento de la concentración de sólidos para conseguir las propiedades deseadas en el yogur, es decir potenciar la viscosidad en el yogur.

3.4.1.3.- FILTRACIÓN

Una vez que la leche es verificada que es apta para procesarla, se procede al colado o filtración de la misma, se realiza haciendo pasar la leche dosificada a través de filtros cónicos de nylon, con el propósito de eliminar toda las posibles partículas e impurezas (pelos, paja, tierra, etc.); procedentes de la leche base y de los insumos.

3.4.1.4.- PASTEURIZACIÓN

Las condiciones de pasteurización utilizadas fueron: 85°C durante 30 minutos a baño María en un recipiente de acero inoxidable. La pasteurización, se realizó con el objetivo de destruir los microorganismos patógenos y bacteriófagos que puedan existir en la leche dosificada.

3.4.1.5.- PRE-ENFRIAMIENTO

Una vez que la leche haya alcanzado la temperatura de 85°C, se procede al enfriamiento, este proceso consistió en colocar la leche pasteurizada en un recipiente de acero inoxidable a baño María (temperatura del agua 20°C), hasta que alcance la temperatura deseada de 43°C; con el fin que las bacterias lácticas puedan desarrollarse en el nuevo medio de cultivo.

3.4.1.6.- ADICIÓN DEL CULTIVO

Primero, se mezcla el cultivo congelado en un poco de leche hasta que se disuelva completamente, luego se adiciona el cultivo preparado a la leche (cultivo stater 0,2 g/litro de leche pasteurizada y dosificada), con el fin de que los microorganismos puedan adaptarse y distribuirse homogéneamente por toda la cantidad de leche dosificada.

3.4.1.7.- FERMENTACIÓN

Una vez mezclado el cultivo con el yogur, se procede a dejar reposar la leche durante un periodo de tiempo de 7 horas. Durante este tiempo, se produce el proceso de fermentación a una temperatura constante de 45°C que es la temperatura optima para que el cultivo trabaje en forma más eficaz hasta que el yogur alcance un pH=4,5. Debe encontrarse en forma gelatinosa o espesa y el aroma debe ser típico al yogurt

3.4.1.8.- ENFRIAMIENTO

Una vez concluido el proceso de fermentación, se procede a colocar el tacho madurador en el refrigerador entre (6 a 8) °C y se refrigera por el espacio de 3 horas con la finalidad de frenar la actividad de las bacterias y enzimas para evitar que la fermentación continúe.

Pasado este tiempo, se saca el tacho con el mezclador y se procede a su mezclado hasta conseguir que quede totalmente homogéneo y brillante, se coloca nuevamente al refrigerador y se mantiene por el espacio de 9 horas más con la finalidad de que mantenga una temperatura constante para evitar que la fermentación continúe.

3.4.1.9.- SABORIZACIÓN DEL YOGUR

Pasada las horas 9 horas, se procede a sacar el tacho madurador del refrigerador para poder saborizar el yogur de la siguiente manera:

1. Se añade al yogur el conservante. (0,4g de conservante/litro de yogur).
2. Se añade al yogur la pulpa de zanahoria (40g de pulpa de zanahoria/litro de yogur).
3. Se añade al yogur el saborizante o esencia (0,8g de esencia/litro de yogur).
4. Se añade al yogur el colorante (0,10g de colorante/ litro de yogur).

Por ultimo, se tiene que agitar vigorosamente para lograr que el yogur obtenga una consistencia homogénea tanto en color, sabor, aroma y textura.

3.4.1.10.- ENVASADO

El proceso de envasado, se realiza de forma manual en condiciones asépticas del producto terminado, que consistió en llenar los envases ya esterilizados (bolsas de polipropileno de 1kg y vasos plásticos de 250g), con ayuda de una jarra plástica graduada para luego ser cerradas las bolsas mediante una selladora eléctrica y los vasos de plásticos tapados adecuadamente a presión.

3.4.1.11.- ALMACENAMIENTO

El proceso de almacenamiento, consistió en colocar los envases bajo refrigeración a una temperatura de (7-10) °C por un tiempo máximo de 15 a 20 días, con el fin de mejorar el sabor y estabilizar el producto.

3.5.- METODOLOGÍA PARA LA OBTENCIÓN DE RESULTADOS

Los métodos utilizados para cumplir con los objetivos propuestos en el presente trabajo fueron:

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

Las determinaciones, se realizaron tanto en la materia prima (leche entera pasteurizada, zanahoria cruda y pulpa de zanahoria), como al producto final yogur enriquecido con pulpa de zanahoria (Anexo B). En la tabla 3,4, se muestran los parámetros evaluados en el análisis fisicoquímico de la leche pasteurizada-dosificada, pulpa de zanahoria y producto terminado.

Tabla 3.4
Análisis fisicoquímico de leche pasteurizada, zanahoria, pulpa zanahoria y producto

Zanahoria	Leche pasteurizada y dosificada	Pulpa de zanahoria	Yogur enriquecido con pulpa de zanahoria
Azúcares totales	Acidez	Acidez	Fibra
Azúcares reductores	Fibra	Fibra	Materia grasa
Acidez	Materia grasa	pH	Humedad
Cenizas	Humedad	Humedad	Acidez
Hidratos de carbono	Sólidos no grasos		pH
Hierro			Hidratos de carbono
Humedad			Proteína total
Proteína total			Valor energético
Sólidos totales			
Valor energético			

Fuente: Elaboración propia

3.5.1.1.- NORMAS Y MÉTODOS PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

En la tabla 3.5, se muestran las normas y métodos utilizados para determinar las propiedades fisicoquímicas de la materia prima y del yogur enriquecido con pulpa de zanahoria.

Tabla 3.5
Normas y métodos para determinar propiedades fisicoquímicas

Detalle	Norma	Método	Unidad
Humedad	NB 028-88	Gravimétrico	%
Proteína total(N*6.25)	NB 466-81	Volumétrico	%
Fibra	Manual CEANID	Gravimétrico	%
Hidratos de Carbono	Cálculo	Cálculo	%
pH	Potencio métrico		
Materia grasa	NB 103-75	Gravimétrico	%
Cenizas	NB 075-74	Gravimétrico	%
Acidez % ácido láctico	NB 229-98	Volumétrico	%
Sólidos no grasos	Cálculo	Cálculo	%
Valor energético	Cálculo	Cálculo	Kcal/100g
Azúcares totales*	AOAC 923-09		%
Azúcares reductores*	AOAC 923-09		%
Hierro	SM 3500-FeB		mg/100g
Sólidos totales	NB 231:1-98		%

Fuente: CEANID, 2012. (*) referido al total de hidratos de carbono

3.5.2.- NORMAS Y MÉTODOS PARA EL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

En la tabla 3.6, se muestran las normas y métodos utilizados para determinar las propiedades microbiológicas de la materia prima y del yogur enriquecido con pulpa de zanahoria.

Tabla 3.6
Normas y métodos para determinar el análisis microbiológico

Detalles	Norma	Método
Coliformes totales	NB 657-95	Tubos múltiples
Coliformes fecales	NB 657-95	Tubos múltiples
Mohos y levaduras	NB 658-95	Recuento de placa fluida

Fuente: CEANID, 2012

3.5.3.- ANÁLISIS SENSORIAL

Detrás de cada alimento que nos llevamos a la boca existen múltiples procedimientos para hacerlos apetecibles y de buena calidad para el consumo. Uno de estos aspectos es el análisis sensorial, que consiste en evaluar las propiedades organolépticas de los productos es decir, todo lo que se puede percibir por los sentidos, y determinar su aceptación por el consumidor (Barda, 2000).

Se trabaja con personas, en lugar de utilizar una máquina, el instrumento de medición es el ser humano, por lo que se toman todos los recaudos para que la respuesta sea objetiva; estas personas no necesariamente deben ser expertos, por eso es tan importante trabajar con un grupo de evaluadores o lo que habitualmente denominamos Panel de Evaluación Sensorial (Barda, 2000).

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

1. Análisis descriptivo

Consiste en la descripción de las propiedades sensoriales (parte cualitativa) y su medición (parte cuantitativa). "Es el más completo". Para la primera etapa tratamos de ver qué nos recuerda y cómo se describe cada olor (Barda, 2000).

2. Análisis discriminativo

Es utilizado para comprobar si hay diferencias entre productos, y la consulta al panel es cuánto difiere de un control o producto típico, pero no sus propiedades o atributos (Barda, 2000).

3.5.3.1.- EVALUACIÓN SENSORIAL PARA DETERMINAR EL TAMAÑO DE LAS RALLAS DE ZANAHORIA EN LA ELABORACIÓN DE PULPA DE ZANAHORIA

Se realizó una evaluación sensorial para determinar el tamaño de las rallas de zanahoria en el proceso de elaboración de pulpa de zanahoria, a través de un test de escala hedónica (Anexo C), de dos muestras de diferente tamaño de ralladura de zanahoria, donde fueron evaluadas por diez jueces no entrenados (Anexo D).

3.5.3.2.- EVALUACIÓN SENSORIAL PARA DETERMINAR EL TIEMPO DE TRATAMIENTO TÉRMICO EN EL PROCESO DE PRE-COCCIÓN DE LAS RALLAS DE ZANAHORIA

Se realizó una evaluación sensorial para determinar el tiempo de tratamiento térmico en el proceso de pre-cocción de las rallas de zanahoria, a través de un test de escala hedónica (Anexo C). Para tal efecto, se utilizó tres muestras con diferentes tiempos de cocción, donde fueron evaluadas por diez jueces no entrenados (Anexo D).

3.5.3.3.- EVALUACIÓN SENSORIAL PARA DETERMINAR EL GRADO DE DULZOR EN LA PULPA DE ZANAHORIA PARA PROCESO DE DOSIFICACIÓN DEL YOGUR DE ZANAHORIA

Se realizó una evaluación sensorial para determinar la cantidad de azúcar en la pulpa de zanahoria para proceso de dosificación del yogur de zanahoria, a través de un test de escala hedónica (Anexo C), de tres muestras para determinar cual es de mayor aceptabilidad en el grado de dulzor, donde fueron evaluadas por diez jueces no entrenados (Anexo D).

3.5.3.4.- EVALUACIÓN SENSORIAL PARA DETERMINAR LA SABORIZACIÓN DEL YOGUR ENRIQUECIDO CON PULPA DE ZANAHORIA

Se realizó una evaluación sensorial de la saborización del yogur enriquecido con pulpa de zanahoria. Mediante un test (Anexo C), de escala hedónica compuesta por diez jueces no entrenados para el atributo textura, sabor, aroma y color (Anexo D).

3.5.3.5.- EVALUACIÓN SENSORIAL DEL PRODUCTO FINAL

Una vez elegido el producto final saborizado, se realizó un análisis sensorial de la muestra elegida, mediante un test de evaluación sensorial (Anexo C), según su agrado o desagrado a diez jueces no entrenados (Anexo D) de los atributos de aroma, sabor, textura y acidez.

3.5.4.- DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental aplicado al trabajo, 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).

Según (Montgomery, 1991), uno de los diseños factoriales de dos niveles más utilizados son:

$$2^k \qquad \text{Ecuación [3.1]}$$

Donde: k = Número de variables

2 = Número de Niveles

3.5.4.1.- DISEÑO EXPERIMENTAL EN LA ETAPA DE PRE-COCCIÓN

Para determinar el tiempo en la etapa de pre-cocción de la pulpa de zanahoria, se realizó el siguiente diseño factorial:

$$2^k = 2^2 = 4 \text{ tratamientos}$$

Ecuación [3.2]

En la tabla 3.8, se muestra el arreglo matricial de las variables en la etapa de pre-cocción, se tomaron en cuenta dos factores (cantidad de agua y tiempo de pre-cocción); siendo un factor constante la cantidad de pulpa de zanahoria; dos niveles de variación en cada factor en la etapa de pre-cocción.

- Cantidad de agua (A) = 2 niveles
- Tiempo de pre-cocción (t) = 2 niveles

En la tabla 3.7, se muestran los niveles de variación de los factores en el proceso de pre-cocción.

Tabla 3.7
Variación de los factores en el proceso de pre-cocción de la pulpa de zanahoria

Factores	Nivel Inferior	Nivel Superior
Cantidad de agua	120g/l	180 g/l
Tiempo de pre-cocción	7 min	10 min

Fuente: Elaboración propia

Las combinaciones realizadas entre los factores y los diferentes niveles analizados en el proceso de pre-cocción, se detallan en la tabla 3.8.

Tabla 3.8
Diseño factorial en la etapa de pre-cocción de la pulpa de zanahoria

Pruebas	Tratamientos	Factores		Interacción de efectos	Total
		A	t	A*t	Y_i
1	(1)	-	-	+	Y_1
2	a	+	-	-	Y_2
3	b	-	+	-	Y_3
4	ab	+	+	+	Y_4

Fuente: Elaboración Propia

Donde:

Y_i = Contenido de humedad de la pulpa de zanahoria pre-cocida

3.5.4.2.- DISEÑO EXPERIMENTAL EN LA ETAPA DE CONCENTRACIÓN DE LA PULPA DE ZANAHORIA

Para determinar la cantidad de rallas de zanahoria y azúcar a ser adicionada en la etapa de concentración, se realizó el siguiente diseño factorial:

$$2^k = 2^2 = 4 \text{ tratamientos}$$

Ecuación [3.3]

En la tabla 3.9, se muestra el arreglo matricial de las variables del proceso de concentración, se tomaron en cuenta dos factores (cantidad de rallas de zanahoria pre-cocida y azúcar); dos niveles de variación en cada factor para la elaboración de pulpa de zanahoria.

- Cantidad de azúcar (D) = 2 niveles
- Cantidad de zanahoria pre-cocida (Z) = 2 niveles

En la tabla 3.10, se muestran los niveles de variación de los factores en el proceso de concentración.

Tabla 3.9.
Variación de los factores en el proceso de concentración

Factores	Nivel Inferior	Nivel Superior
Cantidad de Azúcar	50 g	60 g
Cantidad de zanahoria pre cocida	50 g	55 g

Fuente: Elaboración propia

Las combinaciones realizadas entre los factores y los diferentes niveles analizados en el proceso de concentración, se detallan en la tabla 3.10.

Tabla 3.10.
Diseño factorial en la etapa de concentración

Pruebas	Tratamientos	Factores		Interacción de efectos	Total
		D	Z	Z*D	Y_i
1	(1)	-	-	+	Y_1
2	a	+	-	-	Y_2
3	b	-	+	-	Y_3
4	ab	+	+	+	Y_4

Fuente: Elaboración Propia

Donde:

Y_i = Concentración de Sólidos Solubles (SS) °Brix en la pulpa de zanahoria

5.1.- CONCLUSIONES

- ✚ En cuanto a los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico de la leche pasteurizada y dosificada, se tiene una acidez (ácido láctico) de 0,10%, fibra 1,67%, hidratos de carbono 13,50%, lactosa 12,61%, materia grasa 2,40%, proteína 2,94%, sólidos no grasos 19,10%. En el caso del análisis microbiológico, coliformes totales y fecales 0,00 NMP/ml, mohos y levaduras (0,00 ufc/g) y ausencia total de salmonella.
- ✚ De acuerdo a los resultados del análisis fisicoquímico de la zanahoria cruda, se tiene un contenido de humedad 90,30%, proteína total 0,36%, fibra 0,89%, materia grasa 0,34%, hidratos de carbono 7,69%, azúcares reductores 14,81%, hierro 0,58 mg/100g y valor energético de 35,26 Kcal/100g.
- ✚ Para el proceso de rallado, se realizó la evaluación de dos muestras para determinar el tamaño de las rallas de zanahoria, donde se pudo constatar que la muestra de mayor aceptación por los jueces; es la muestra A (tamaño mediano); con mayor puntaje de 7,70 en escala hedónica.
- ✚ Para el proceso de pre-cocción, se realizó la evaluación de tres muestras para determinar el tiempo de tratamiento térmico de la pulpa de zanahoria cruda, donde se pudo constatar que la muestra de mayor aceptación por los jueces; es la muestra E, con el tiempo de pre-cocción de (15 minutos); con mayor puntaje de 6,80 en escala hedónica.
- ✚ De acuerdo a los resultados experimentales en el proceso de pre-cocción, se puede observar que el factor A (cantidad de agua) y el factor B (tiempo de cocción), no existe evidencia estadística de variación en el proceso de dosificación para una $p < 0,05$; en tal sentido, se puede decir que la variación

de los factores de cantidad de agua y tiempo de cocción, no tienen influencia en el proceso de pre-cocción en función del contenido de humedad de las rallas de zanahoria pre-cocida.

- ✚ Para el proceso de dosificación, se realizó la evaluación sensorial de tres muestras para determinar la cantidad de azúcar en la pulpa de zanahoria; se pudo constatar que la muestra más aceptada por los jueces es la muestra A2, que contenía un 50% de pulpa pre-cocida con 50% de azúcar con mayor puntaje de 7,00 en escala hedónica.
- ✚ De acuerdo a los resultados experimentales en el proceso de dosificación, se puede observar que el factor A (cantidad de azúcar) y el factor B (cantidad de pulpa de zanahoria pre-cocida), no existe evidencia estadística de variación en el proceso de dosificación para una $p < 0,05$; en tal sentido, se puede decir que la variación de los factores de cantidad de azúcar y pulpa de zanahoria pre-cocida, no tienen influencia en el porcentaje de sólidos solubles de la pulpa de zanahoria.
- ✚ Para determinar la variación de sólidos solubles en el proceso de concentración de la elaboración de la pulpa de zanahoria, se estableció la concentración inicial de 19°Brix (pulpa, azúcar y jugo de naranja) y concentración final de 60°Brix de la pulpa para un tiempo de 30 minutos, como máximo en el proceso de concentración de pulpa de zanahoria.
- ✚ Para el proceso de saborización, se realizó la evaluación sensorial los atributos textura, sabor, aroma y color; se pudo constatar que las muestras más aceptadas por los jueces es la muestra D en el (atributo textura) con mayor puntaje 7,10, la muestra E en el (atributo sabor) con mayor puntaje 7,20, la muestra D en el (atributo aroma) con mayor puntaje 7,20 y la muestra E en el (atributo textura) con mayor puntaje 7,60, en escala hedónica.

- ✚ De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico de la pulpa de zanahoria, se tiene una acidez de 0,60%, fibra 3,76%, humedad 22,78% y pH 2,91.
- ✚ Al producto final, se realizó una evaluación sensorial de los atributos aroma (8,3), sabor (8,7), textura (8,3) y acidez (8,1); se pudo constatar que el producto tiene una gran aceptación por los jueces.
- ✚ De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico del producto terminado yogur enriquecido con pulpa de zanahoria, se tiene: una acidez de 0,35%, cenizas 0,45%, fibra 0,36%, hidratos de carbono 11,41%, materia grasa 3,16%, humedad 82%, proteína total 2,62%, sólidos solubles 17,7°Brix y valor energético de 84,56 Kcal/100g.
- ✚ En cuanto al análisis microbiológico del producto yogur enriquecido con pulpa de zanahoria, se pudo observar que los parámetros analizados, existe ausencia de coliformes totales y fecales (0,00 NMP/g), <10 ufc/g de mohos y levaduras.
- ✚ En las pruebas realizadas al yogur enriquecido con pulpa de zanahoria y al yogur batido del taller de alimentos (LTA), se llegó a la conclusión que después de 15 días de almacenamiento a 4°C y en las mismas condiciones, el pH del yogur de zanahoria mantiene en un pH=4,6, por más tiempo (8 días); en comparación al yogur batido del LTA. que varía de (pH=4,6 a un pH=4,5), en 5 días de almacenamiento.

5.2.- RECOMENDACIONES

- ✚ Se recomienda realizar pruebas en laboratorio con otras variedades de hortalizas (zanahoria blanca), como una alternativa importante para promover el cultivo en la provincia del Río San Juan del Oro del departamento de Tarija.

- ✚ Se recomienda elaborar un estudio a nivel de planta piloto, para la implementación de una planta procesadora de yogur enriquecido con pulpa de zanahoria, con el fin de coadyuvar a los productores de la región y mejorar el desarrollo agroindustrial del departamento de Tarija.

- ✚ Se recomienda realizar estudios de eficacia y asimilación del yogur enriquecido con pulpa de zanahoria, en niños de etapa escolar y personas adultas; con la finalidad de poder evidenciar la calidad nutritiva y sus posibles aplicaciones en personas que sufren enfermedades diarreicas y desnutrición.