

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El yogur es un alimento que se ha venido utilizando desde hace mucho tiempo atrás, se dice que sus orígenes remontan en la época prehistórica, donde las antiguas tribus que eran pastores nómadas, preservaron la leche (vaca, oveja, cabras, caballos y camellos) en recipientes hechos de piel de animales. De acuerdo a la leyenda se dice que el yogur fue descubierto por el descuido de un pastor, que se olvidó un poco de leche en una de estas pieles. Posteriormente la encontró transformada en algo más denso y apetitoso.

Las continuas migraciones de estas tribus por los llanos del Este europeo, originaron la dispersión del yogur en el mediterráneo. Más tarde, durante las campañas militares de los fenicios, egipcios, griegos, romanos, el yogur llegó a ser común en todo el Oeste.

En el imperio romano el yogur se lo utilizaba para la purificación de la sangre y contra los problemas intestinales. La tradición persa nos dice que la longevidad y fecundidad de Abraham se debía a que ingería con frecuencia.

A principios del siglo XX se empieza a estudiar de manera más científica sus propiedades. En el año 1908 el trabajo del biólogo Stamen Grigorov, contribuyó con el descubrimiento del microorganismo que provocaba la fermentación en la leche para obtener este producto. También el ruso Ilay Ilyich Metchnikov, investigador del instituto Pasteur de Francia, quien fue el que registró los efectos del yogur en la flora bacteriana y en los problemas intestinales.

Después de la segunda guerra mundial la tecnología del yogur y el entendimiento de los factores que afectaban sus propiedades organolépticas avanzó rápidamente.

En el siglo XXI el yogur abarca todos los mercados del mundo en sus diferentes presentaciones y variedades. Entre las variedades de yogures producidos en general se encuentran el yogur natural, yogur batido, yogur líquido, yogur aplanado, yogur frutado, yogur congelado y también el yogur con fibra.

En la actualidad existen en el mundo industrias lácteas que fabrican yogures enriquecidos con fibra, esto se debe a la necesidad que las personas no consumen la suficiente fibra en su dieta alimentaria, como La Central Lechera Asturiana de España, que nació en 1967 y en el 2002 Obtiene la Certificación Sistema I+D+I Norma UNE 166002 EX convirtiéndose así, en la primera empresa española en conseguirla, en la actualidad cuenta con una grande línea de productos y entre ellos se encuentra su yogur fibra con cereales. Otra industria láctea es DENONE que nació en el año 1919 en España y en su línea se encuentra el yogur – cereal. Otra industria es SERENÍSIMA de la Argentina, que también produce yogures enriquecidos con fibra.

En Bolivia no hay industrias lecheras, que elaboren un yogur enriquecido con fibra.

La “Planta Industrializadora de Leche PIL Tarija S.A.” que nació en el año 1978 en el departamento de Tarija, adoptó en su línea de producción al yogur en algunas variedades como el yogur bebible, yogur natural, yogur frutado, yogur aplanado. En la planta PIL Tarija aún no se produce un yogur con contenido de fibra, siendo ésta una buena opción para la misma.

La fibra alimentaria es muy esencial para la alimentación humana y ha sido estudiada por muchos siglos, y a través de los años se han ido comprendiendo los beneficios de una dieta alta en fibra para la salud.

Hipócrates (Siglo 4, A.C.), considerado como el Padre de la Medicina, fue el primero en reconocer los beneficios de la fibra alimentaria presente en los alimentos (cereales, verduras, leguminosas, frutas y otros), para ayudar al intestino grueso a mantenerse saludable.

En 1929, McCance y Lawrence introdujeron en la clasificación de los hidratos de carbono el concepto de «hidratos de carbono no disponibles» para aquellos hidratos de carbono no metabolizables como la hemicelulosa y la fibra.

Hasta principios de los años setenta del siglo pasado no se le prestó demasiada atención, pero a partir de los trabajos de Trowell, Burkitt, Walker y Painter publicados en esa época, el término empezó a adquirir importancia. Estos autores

establecieron la hipótesis que el consumo de fibra podría ser beneficioso para la salud de los habitantes de los países occidentales, a partir de las observaciones sobre los componentes de la dieta en las culturas rurales africanas. Hasta la fecha se han publicado multitud de definiciones del término que han intentado conjugar el conocimiento nutricional y los métodos analíticos disponibles en cada momento para la cuantificación de los diversos componentes de la fibra.

Algunos alimentos que contiene fibra son: salvado de trigo, centeno, hojuela de avenas, maíz, frijoles, lentejas, haba, soya, brócoli, acelga, berenjena, tomates, apio, frambuesa, arándanos, tunas, kiwi, naranja, papaya, manzana, ciruelas pasa, uvas pasas, higos, mango, etc.

En la actualidad hay muchas industrias alimentarias que dan mucha importancia a la fibra alimentaria, por tal motivo introducen este componente en alimentos que son escasos de fibra.

1.2 Objetivos

En este trabajo se pretende realizar una investigación para determinar el proceso más adecuado para la elaboración de yogur con fibra, determinando la influencia de cada uno de las variables que interviene en el proceso.

1.2.1 Objetivo general

Determinar el proceso para la elaboración de yogur con fibra para la planta industrializadora de leche PIL Tarija S.A.

1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar el estado de la técnica en la elaboración de yogur con fibra.
- Seleccionar el proceso adecuado para la elaboración de yogur con fibra.
- Determinar las fuentes de fibra a utilizar y su procedencia.
- Obtención de yogur con fibra a nivel experimental.
- Determinar las variables de control en la elaboración de yogur con fibra.
- Definir las características organolépticas, microbiológicas y fisicoquímicas propias

del producto obtenido.

- Estimar los costos del proceso propuesto.

1.3 Justificación

Es importante la búsqueda de nuevas alternativas de producción en la industria lechera, puesto que ayuda al pequeño, mediano productor a superar su situación actual aumentando su producción, fortificando ante las caídas económicas de la región, por este motivo la producción de un nuevo producto en este caso yogur con contenido de fibra natural es una interesante alternativa, que no sólo ayudará a los productores lecheros , sino a los productores o comercializadores de cereales que en su mayoría contiene fibra.

Entre otros beneficios de implementar un nuevo producto en una industria lechera es el de mayor trabajo en el área agrícola por la extensión e iniciativa de siembra de cereales, garantiza un mejor posecionamiento en el mercado, beneficios económicos.

La producción, en cuanto a diversificación en la línea de yogures en las plantas lecheras, no ha demostrado un cambio significativo, y el hecho de incorporar a la línea de yogures una alternativa, diversifica su variedad, aumenta su consumo y comercialización de la industria productora.

La variedad en la línea de yogures, como yogur con contenido de fibra natural en la presente investigación aplicada, es un producto no tradicional a nivel nacional y departamental, que tiene la finalidad de diversificar la línea de yogures, ya que este producto tiene el beneficio de ser un alimento funcional, y por ende tiene mucha demanda en el mercado. Este producto se lo puede adoptar como un alimento para subsidio que se entregan a nivel nacional y departamental, así también en el desayuno escolar.

Y en definitiva esta investigación beneficia a PIL Tarija S.A. si se implementa este nuevo producto en su línea de producción.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedente de la Planta Industrializadora de Leche PIL Tarija S.A.

PIL Tarija, nace gracias al Programa Mundial de Alimentación, el cual se encargó de traer plantas lecheras y repartiros a algunos departamentos, esta iniciativa se la realizó junto con la Corporación Bolivia de Fomento en el año 1978, con el objetivo único de contribuir a la nutrición de la población infantil y promover la producción lechera para atender las necesidades locales.

A un inicio, las plantas empezaron su producción de leche pasteurizada, utilizando leche en polvo (proporcionada por PMA), ya que sólo se contaban con vacas criollas, las mismas proporcionaban poca leche.

Pasado un tiempo, se trajo vacas lecheras (holandesas), las mismas proporcionan bastante leche y se las repartió a diferentes zonas en los diferentes departamentos.

Con esta ayuda las plantas lograron trabajar con leche fluida.

Posteriormente en 1986 bajo el decreto 21060 pasa a depender de la Corporación Regional de Tarija CODETAR.

En marzo de 1996, dentro de la política de privatización emprendida por el Estado Boliviano, PIL Tarija, pasa a propiedad de los productores lecheros y bajo el nombre de PIL Tarija S.A. quienes, observando el objetivo primario y el de contar con un mercado seguro para su producto se embarcaron en este reto.

En este contexto, PIL Tarija S.A. se constituye en una empresa que genera actividad a más de 300 familias dedicadas a la actividad lechera en la región de Tarija, promoviendo desarrollo social y económico.

2.1.1 Misión

PIL Tarija S.A. es la industria encargada de la producción de lácteos y derivados del sur de Bolivia, que busca contribuir a la sociedad con sus productos, una mejor nutrición y mejor calidad de vida.

2.1.2 Visión

Al 2015, PIL Tarija S.A. al ser una industria eficiente y reconocida por sus clientes, pretende conquistar al menos el 70% de la población rural y aproximadamente el 100% de la población urbana del sur de Bolivia.

2.1.3 Objetivos

- Mejorar la productividad y competitividad de los productores lecheros del sur de Bolivia.
- Fomentar el consumo de productos lácteos en el sur de Bolivia.
- Asegurar la calidad de los productos lácteos.
- Asegurar la satisfacción de los consumidores.
- Asegurar el bienestar de sus trabajadores de la industria.

2.1.4 Ubicación

PIL Tarija S.A. se encuentra ubicada al sudeste de la ciudad de Tarija, zona industrial de Morros Blancos, carretera a Bermejo kilómetro 2.

2.1.5 Organización

La misma se divide en tres departamentos.

2.1.5.1 Administración

Está comprendido por una parte gerencial, conformada por un directorio el cual cumple con las siguientes funciones:

- Administración de los recursos económicos de la empresa.
- Control del personal en el cumplimiento de sus funciones.
- Proporcionar a la empresa el personal adecuado y capacitado para los puestos que le sean requeridos.

2.1.5.2 Producción

Se encarga de la elaboración y control de calidad de los productos lácteos. Cuenta con un jefe de producción, jefe de laboratorio y trabajadores, los cuales cumplen las siguientes funciones:

- Planificar, programar, coordinar y controlar las actividades de transformación de la materia prima en producto terminado.
- Control de calidad de los productos elaborados.
- Realizar pruebas de nuevos productos y su implementación.
- Controlar y supervisar trabajos de mantenimiento en los lugares donde son necesarios.

2.1.5.3 Comercialización

Se encarga de las ventas del producto y el personal encargado cumple las siguientes funciones:

- Crear estrategias para la venta de los productos.
- Controlar ingresos y egresos de los productos e insumos de cámaras y de almacenes.
- Controlar los egresos de los productos destinados a subsidios.

2.2 Leche

La leche de vaca es un líquido de color blanco amarillento que ha adquirido gran importancia en la alimentación humana.

La leche fresca de vaca deberá presentar un aspecto limpio, libre de materias extrañas, sabores y olores, por lo tanto la leche fresca para su venta se obtendrá de vacas acreditadas sanas y libres de toda enfermedad contagiosa como ser: mastitis, tuberculosis y brucelosis.

Se considera la leche de vaca, como el alimento más valioso para la nutrición del hombre contiene todos los principios nutritivos necesarios para la conservación y el desarrollo de la vida.

Hoy en día la leche cruda de vaca no se destina directamente al consumo humano, sino que se somete a diferentes tratamientos térmicos a través de la cuales se obtiene las leches de consumo.

2.3 Composición de la leche

La leche de vaca está compuesta de una mezcla de sustancias definidas como ser: agua como humedad, grasa como lípidos, proteínas como caseína, carbohidratos como lactosa, ceniza como minerales, enzimas y vitaminas.

Tabla II-1 Composición general de la leche en porcentaje

Constituyentes	Variación	Promedio
Agua (%)	70.00-90.50	87.00
Grasa (%)	2.20-8.00	3.80
Proteína (%)	2.70-4.80	3.50
Lactosa (%)	3.50-6.00	4.90
Ceniza (%)	0.65-0.90	0.80

Fuente: Revilla A. 1982.

El conocer los constituyentes de la leche se basa en que éste es un alimento de primera necesidad y que para determinar su valor nutritivo, es necesario conocer la clase de sustancias (nutrimentos) y la cantidad en el que estos se encuentran en ella.

Es importante conocer los componentes de la leche para producir nuevos productos que permitan el incremento en el consumo de este alimento.

Los constituyentes de la leche se encuentran en tres estados: solución o fase hídrica, suspensión micelar o suspensión de la de la caseína ligada a sales minerales, y emulsión de materia grasa en forma globular, lo que permite la división de los ingredientes en tres grandes grupos: Agua, sólidos no grasos (SNG), grasa (G).

2.4 Propiedades organolépticas de la leche

2.4.1 Sabor

La leche fresca normalmente tiene un sabor ligeramente dulce debido principalmente a su alto contenido de lactosa, todos los elementos e inclusive las proteínas que son insípidas participan en forma directa o indirecta en la sensación del sabor que percibe directamente el consumidor

La leche absorbe los sabores procedentes de los alimentos que come el animal, del medio ambiente en el que se recepciona la leche y de los utensilios que se utilizan. El sabor rancio es causado por las bacterias que produce la hidrólisis en la materia grasa.

2.4.2 Olor

La leche recién ordeñada tiene un ligero olor al medio donde se recibe, pero el olor luego va desapareciendo, la acidificación le da un olor especial a la leche mientras que el desarrollo de las bacterias coliformes confiere un olor típico a establo en la leche fresca.

El olor de la leche comercial es difícil de percibir, salvo que sea un olor ajeno a la misma entre los olores ajenos a la leche, podemos mencionar los que provienen de los alimentos, de los utensilios, del medio ambiente y de algunos microorganismos procedentes en la leche cruda.

2.4.3 Color

La leche es un líquido blanquecino medio amarillento y opaco, este color característico se debe principalmente a la dispersión de la luz, por las micelas de fosfocaseinato de calcio (caseína- $\text{COO}^{-1} \dots \text{Ca}^{+2} \dots (\text{HPO}^{-2})_4 \dots \text{Ca}^{+2} \dots \text{COO}^{-1}$ -caseína).

Los glóbulos grasos también dispersan la luz pero contribuyen muy poco en el color blanco de la leche. Por último el caroteno (pigmento soluble en grasa) y la riboflavina (en la caseína) contribuyen al color amarillento.

A si mismo el color de la leche varía según el proceso que haya sido sometida, como la pasteurización a altas temperaturas intensifica su blancura y opacidad, el descremado deja a la leche descremada de color blanco azulado.

2.5 Propiedades físicas de la leche

Todas las propiedades físicas que tiene la leche de vaca están determinadas por sus constituyentes por lo que cualquier tipo de procesos y operación que altere a estas propiedades se refleja en la leche, por lo tanto las propiedades físicas más importantes se verán a continuación:

2.5.1 Viscosidad

La viscosidad de la leche está dada por la resistencia al fluir, es decir depende de la resistencia de frotamiento entre las moléculas. La viscosidad aumenta con la disminución de la temperatura, el incremento del contenido graso, la homogenización, fermentación y altas temperaturas seguidas de un enfriamiento.

A consecuencia de la grasa emulsionada y de las proteínas suspendidas, la viscosidad de la leche (1.5 a 4.2 centipoise) es mayor a la del agua (1.0 centipoise).

2.5.2 Calor específico

El calor específico de la leche puede ser utilizado para calcular y cuantificar el costo del calentamiento y enfriamiento, esta propiedad varía respecto a la temperatura que se encuentre la leche, sin embargo se puede observar una gran diferencia del calor específico entre la leche entera y la leche descremada en función a la temperatura.

El calor específico se expresa en número de calorías necesarias para elevar la temperatura de un gramo de sustancia en un grado centígrado, y varía según la temperatura en la leche se han encontrado los siguientes valores: 0.92 cal/g a 0°C, 0.94 cal/g a 15°C, 0.93 cal/g a 40°C y 0.92 cal/g a 60°C.

2.5.3 Punto de congelación

La leche se congela a -0.55°C, es la característica más frecuente de la leche y se la utiliza para detectar adulteraciones con agua. Una lectura de -0.53°C, ya permite

sospechar una posible adición de agua a la leche, sin embargo es importante aclarar que los límites normales están entre -0.50°C y -0.61°C .

Después de la congelación no es posible lograr que la grasa vuelva a dispersarse con la misma perfección que ésta como leche fluida. De ahí que los resultados obtenidos con la leche congelada son diferentes al de una leche fresca.

2.5.4 Punto de ebullición

El punto de ebullición de la leche es más alto que el agua destilada (100.2°C). Hierve a esta temperatura debido a las sustancias solubles que contiene, esta propiedad física varía en función a la altura sobre el nivel del mar, a medida que baja la presión del líquido disminuye la temperatura de ebullición.

Se puede inducir este fenómeno a menor temperatura, con sólo disminuir la presión del líquido, práctica aplicada en las leches concentradas, al evaporar mediante la aplicación de presión al vacío parte del agua de la leche hierve entre 50 a 70°C este proceso tiene la ventaja de no afectar las componentes termosensibles.

2.5.5 Gravedad específica

Es el peso de un líquido o sólido a una determinada temperatura, comparado con el peso de un volumen igual de agua a la misma temperatura.

La gravedad específica de la leche puede ser determinada encontrando el peso de un volumen conocido (un litro de leche) o el volumen de un peso conocido (un kilogramo de leche).

Los sólidos no grasos y la materia grasa, determinan la gravedad específica en formas opuestas como ser a mayor contenido de grasa menor gravedad específica y a menor contenido graso mayor gravedad específica. La gravedad específica de la leche es 1.032 g/l mientras que de leche descremada es 1.036 g/l.

2.6 Propiedades químicas de la leche

Todas las propiedades químicas que tiene la leche de vaca, están determinadas por sus constituyentes aproximadamente 87.50% de agua y 12.50% de sólidos totales.

Cualquier tipo de proceso u operación que altere a estas propiedades químicas se reflejan directamente en la leche principalmente por una posible adulteración mediante adición directa de agua.

2.6.1 Acidez

La leche cruda presenta una acidez titulable resultante de cuatro reacciones, de las cuales las tres primeras corresponden a la acidez natural de la leche cruda y la cuarta reacción corresponde a la acidez que se va formando en la leche por acción de las bacterias contaminantes.

La determinación de la acidez de la leche es muy importante porque puede dar lugar a determinar el grado de alteración de la leche. Regularmente una leche fresca debe tener una acidez de 0.15 a 0.16%, valores menores a 0.15% (15°D) pueden indicar que es una leche proveniente de vacas con mastitis, valores mayores a 0.16% (16°D) indica que la leche contiene bacterias contaminantes.

2.6.2 pH de la leche

Las variaciones del pH depende de la cantidad de dióxido de carbono disuelto en la leche fresca, como del desarrollo de los microorganismos que al desdoblar la lactosa promueven la producción de ácido láctico y el desarrollo de microorganismos tipo alcalizantes, la determinación del pH no es un método práctico para seleccionar tipos de leche, la mayor parte de los potenciómetros comerciales, dan variación de 0.20 en la lectura del pH de cualquier sustancia.

El pH varía entre 6.50- 6.65 la oscilación de 0.20 podían dar lecturas entre 6.30-6.85 además los electrodos de los potenciómetros, se cubren de una película grasa y proteína en poco tiempo pueden dar mayores variaciones en la lectura del valor del pH.

2.6.3 Humedad

La leche contiene un nivel relativamente alto de agua, lo que hace que algunas personas duden de su valor alimenticio. Gracias a esa cantidad de agua la distribución

de sus componentes es bastante uniforme y permite que pequeñas cantidades de ésta contengan casi todas las sustancias.

El agua constituye la fase continua de la leche y es el medio de transporte para sus componentes sólidos y gaseosos.

El agua libre es la de mayor cantidad y en ella se mantiene en solución la lactosa y las sales. El agua libre es la que sale en el suero de la cuajada. El agua de enlace, es la formada por la cohesión de los diferentes componentes no solubles, se encuentra en la superficie de estos compuestos y no forma parte de la fase hídrica de la leche por lo cual su eliminación es bastante difícil.

2.6.4 Sólidos totales

Está formada por los compuestos sólidos de la leche, pueden determinarse por el método directo mediante la evaporación de la fase acuosa de la leche, o por el método indirecto, mediante la relación de la densidad y su contenido de grasa y a partir de estos datos la cantidad de materia seca se puede calcular mediante las siguientes fórmulas:

Según Richmond:

$$\% \text{ S.T.} = (0.25 \times D) + (1.21 \times \% G) + 0.66 \quad (2-1)$$

Donde:

D= densidad de la leche, si D= 1.032 se debe usar 32

G= porcentaje de materia grasa

S.T. (%)= sólidos totales

Según Queensville:

$$\text{S.T. (gr/lit)} = (10.6 \times \%G) + 2.75 (D - 1000) \quad (2-2)$$

Donde:

D= densidad de la leche, si D= 1.032 se debe usar 1032

G= porcentaje de materia grasa

S.T. (gr/lt)= sólidos totales

2.6.4.1 Sólidos no grasos

La leche esta compuesta por agua, grasa, sólidos no grasos. Los sólidos no grasos comprenden las proteínas, lactosa y las cenizas mientras que los sólidos totales están compuestos de sólidos no grasos y la materia grasa.

La determinación de sólidos no grasos es importante en el control de calidad de la leche, ya que de este modo se puede identificar si existe alteración. Su determinación se la puede realizar usando un lactómetro, así también se puede determinar mediante métodos gravimétricos.

2.6.5 Grasa

La grasa de la leche está formada por varios compuestos que hacen de ella una sustancia relativamente compleja. La grasa interviene en la economía ya que el contenido de grasa de la leche determina el precio al igual que los sólidos no grasos, en la nutrición ya que aporta buena fuente de energía dado que rinde 9 cal/gr además sirve como medio de transporte de vitaminas liposolubles (vitaminas liposolubles, A, D, E y K, se consumen junto con alimentos que contienen grasa), el sabor de la grasa de la leche le da un toque único al mismo, y otras propiedades físicas como la textura el cual imparte suavidad, finura de la leche.

La grasa de la leche se encuentra en forma de pequeños glóbulos pequeños no visible a simple vista, los glóbulos grasos forman racimos a medida que se elevan, debido a su menor peso específico en comparación con el líquido que lo rodea, y forma una capa de crema en la superficie del líquido, estos glóbulos están recubiertos con una película protectora que está formada por una asociación de tres sustancias como ser: glicéridos, fosfolípidos y próticos.

Los valores de la grasa en la leche oscilan entre 3.2 a 4.2 % vale decir 32 a 42 gramos de grasa por cada litro de leche

La grasa de la leche probablemente contiene más ácidos grasos (grupo de ácidos orgánicos, con un único grupo carboxilo, $-\text{COOH}$) que cualquier otra grasa, donde se ha identificado más de 60 ácidos grasos.

La cantidad de ácido graso saturado es 62% y ácido graso no saturado es 37%.

Los ácidos grasos presentes en la leche más importantes son: oleico ($\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$), palmítico ($\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$), esteárico ($\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$), mirístico ($\text{C}_{13}\text{H}_{27}\text{COOH}$), láurico ($\text{C}_{11}\text{H}_{23}\text{COOH}$) y butírico ($\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH}$). Donde el ácido butírico se lo considera de gran importancia porque se cree que es responsable del sabor característico de la mantequilla y crema, siendo los mismos subproductos.

2.6.6 Proteínas

Las proteínas constituyen la parte más importante de la leche. Las proteínas de la leche están formadas por 78% de caseína (compuesta de proteínas fosfatadas y calcio, es de color blanco amarillento y forma granular), 17% de proteínas de suero y 5% de sustancias nitrogenadas no proteicas.

La mayor parte de las proteínas lácteas son retenidas en la leche sin contenido de los glóbulos grasos. Las proteínas de la leche se pueden separar en cuatro fracciones:

La caseína, que constituye el 80% del nitrógeno total de la leche de vaca.

Albumina o globulina, son solubles en agua y en cuanto a la globulina son insolubles en agua pero sí en soluciones diluidas de sales neutrales.

Estas proteínas pueden ser precipitadas por la adición de ciertas sales y coaguladas por el calor. Cuando se calienta la leche la albumina forma un precipitado floculento que se asienta en el fondo de las paredes del recipiente.

Nitrógenos no proteicos, que se encuentran en fracciones de menor importancia.

2.6.7 Carbohidratos

La lactosa es el carbohidrato más importante de la leche y está formada por moléculas de glucosa y galactosa. Su formulación general es igual a la de la sacarosa, pero tiene diferentes propiedades dada a su estructura cíclica.

La lactosa representa la mitad de los sólidos no grasos y contribuye al valor energético de la leche con aproximadamente el 30% de calorías. Se encuentra en solución en el suero y su solubilidad es equivalente a un tercio de la solubilidad (que se puede disolver) de la sacarosa.

Cuando la leche está expuesta a 100°C a 130°C sufre una parcial descomposición de la lactosa y se manifiesta en el cambio del color de la leche a café claro o caramelo.

La lactosa es el principal factor en el control de la fermentación y maduración de los productos lácteos, y contribuyen al valor nutritivo de la leche y subproductos, está relacionado con la textura y solubilidad de algunos alimentos congelados y juega un papel importante en el color, sabor de los productos lácteos a temperaturas altas como el que utiliza el tratamiento UHT.

En la fermentación de la lactosa, por las bacterias lácticas pueden producirse ácido láctico y algunos compuestos aromáticos como ser: acetil- metil carbinol, diacetilo, sin embargo el ácido láctico puede transformarse en ácido butírico por las bacterias anaeróbicas esporuladas.

2.6.8 Cenizas

Cuando la leche es sometida a temperaturas de 550°C, deja un residuo o ceniza blanquecina que representa 0.6 a 0.9% de la leche y que esta formada por los mismos minerales que contiene el cuerpo animal.

Los minerales se agrupan en macroelementos y oligoelementos (Elemento químico que en muy pequeñas cantidades es indispensable para las funciones fisiológicas).

Los macro elementos están formados por calcio, fósforo, magnesio, potasio, cloro, azufre, citratos, carbonatos y silicatos. Los microelementos u oligoelementos están formados por hierro, cobre, aluminio, zinc, manganeso, cobalto, yodo, níquel, boro, plomo, arsénico, cromo, selenio, molibdeno, flúor y bromo, entre otras trazas.

El contenido de cada elemento está determinado por factores genéticos, ya que incluso en condiciones alimenticias desfavorables mantiene el nivel de los minerales aunque tenga que usar sus reservas corporales.

2.6.9 Vitaminas

Están agrupadas en liposolubles (mediante la grasa) e hidrosolubles (mediante el agua). Los liposolubles son la vitamina A, D, E y K, y las hidrosolubles son las vitaminas del complejo B y la vitamina C.

La cantidad de vitaminas liposolubles en la leche depende de la alimentación, mientras que las hidrosolubles y la vitamina K no son afectadas por la alimentación, ya que la mayoría de ellas es sintetizada por los microorganismos.

Las vitaminas son sustancias orgánicas necesarias para mantener la vida. Están presentes en pequeñas cantidades en la mayoría de los alimentos y regulan el consumo de carbohidratos, grasas, proteínas y minerales. Su ausencia, como el exceso, causa trastornos que no benefician a la salud.

2.6.10 Enzimas

Son sustancias, químicas, secretadas por las células que estimulan las reacciones químicas, sin formar parte del producto como del compuesto resultante de la reacción, también se lo conoce como catalizadores (sustancia que altera la velocidad de una reacción química sin sufrir en sí ningún cambio químico) orgánicos o bioquímicos, su acción es específica y su actividad depende tanto del pH como acidez y las condiciones del medio donde actúa.

Las enzimas juegan un papel importante en la industria láctea, algunas enzimas son responsable del producto como ser: la enzima lipasa, va ocasionar la rancidez de la leche, la enzima fosfatasa va a controlar el sobrecalentamiento de la leche y la enzima lactoperoxidasa ocasiona la contaminación de la leche después del ordeño.

2.7 Microbiología de la leche

La leche está expuesta a contaminarse desde el ordeño, acopio, transporte y proceso, hasta el instante en que es consumida. Estas fuentes de microorganismos se encuentra en el cuerpo de la vaca que tiene una gran cantidad de suciedades, equipos y utensilios que se encuentra en contacto directo con la leche, las personas en el momento del ordeño pueden trabajar con las manos sucias lo que contamina la leche,

los insectos como la mosca que es uno de los principales vectores transportadores de las enfermedades gastrointestinales y factores medioambientales como el polvo, aguas, entre otros.

Debido a su composición y a sus propiedades físicas la leche es una fuente rica en nutrientes y en energía tanto para los mamíferos como para gran cantidad de microorganismos, que encuentran las condiciones óptimas para crecer en un medio como la leche. Entre estos microorganismos se encuentran las bacterias pero también pueden desarrollarse algunos mohos y levaduras.

La leche limpia con 20°C (1000germ/ml) se mantiene de 10 a 15 horas, pero con una leche muy contaminada dura entre 2 a 3 horas.

2.7.1 Bacterias psicrófilas

Son aquellas que se desarrollan a temperaturas entre 2 a 10°C, en este grupo se encuentran las bacterias del género *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Achromobacter*, estas bacterias afectan bioquímicamente a las proteínas, materia grasa y el azúcar de la leche (lactosa), produciendo sabores y olores fétidos.

2.7.2 Bacterias termófilas

Son las que se desarrollan a temperaturas de 50°C, en este grupo se encuentran los bacilos esporulados, aerobios y anaerobios facultativos como ser: *Bacillus subtilis*, *Calidolactis* y *Bacillus thermolequifaciens*, estas bacterias son originarias de los establos y aguas de bebederos de dichas bacterias que imparten mal sabor a la leche.

2.7.3 Bacterias termoresistentes

Estas bacterias resisten a la pasteurización 63°C por 30 minutos, pero no se desarrollan a altas temperaturas, algunas resisten 83°C por 10 minutos, en este grupo se encuentra las bacterias del género *Micrococcus*, *Streptococcus* y *Bacillus*, estas bacterias producen la coagulación y causa el sabor típico a fenol.

2.7.4 Bacterias coliformes

Estas bacterias son no esporuladas, aerobias y anaerobias facultativas, se encuentran en el intestino de los mamíferos y su presencia en el agua o la leche puede ser origen fecal, también se puede encontrar en el forraje o pasto, suelo y plantas.

Estos organismos se eliminan fácilmente por tratamiento térmico, por lo cual su presencia en alimentos sometidos al calor sugiere una contaminación posterior al tratamiento térmico.

Las bacterias coliformes se pueden clasificar en coliformes totales y coliformes fecales que se describe a continuación:

2.7.4.1 Coliformes totales

Estas bacterias tienen un crecimiento óptimo a 37°C, pero se desarrollan entre 10 a 42°C, resisten el efecto del calor por 15 minutos a temperaturas de 60°C, estas bacterias fermentan la lactosa. Este grupo incluye los géneros *Escherichia*, *Enterobacter*, *Citrobacter*, *Proteus* y *Klebsiella*. Son particularmente útiles como componentes de criterios microbiológicos para indicar contaminación postproceso térmico.

2.7.4.2 Coliformes fecales

Estas bacterias tienen un crecimiento óptimo de 44°C, se transmiten por malos hábitos de manipulación en los alimentos. En este grupo se incluye el 90% de las colonias de *E. coli* y algunas cepas de *Enterobacter*, *Citrobacter* y *Proteus*. En el género *Enterobacter* están dos grupos importantes el de *Salmonella* y el de *Shigella*. Su presencia en el alimento brinda información sobre las condiciones higiénicas del producto y la ocasional presencia de patógenos.

2.7.5 Levaduras

Las que se encuentran en la leche cruda son del género *Cándida* llamada también *Torula lactosa* y *T. Cremoris*, son levaduras no esporulantes que producen gas y poca cantidad de alcohol, en condiciones normales no se encuentran en la leche pero

cuando la contaminan son causa de la “leche espumosa”. En la leche también se pueden encontrar otras levaduras esporulantes como la *Sacharomyces fragilis* y *S. Lactis* que fermentan la lactosa con producción de alcohol.

Las levaduras pueden contaminar diferentes productos lácteos como cremas, cuajadas frescas de quesería, que pueden ocasionar alteraciones como las fermentaciones gaseosas y sabores indeseables.

2.7.6. Mohos u hongos

Realmente no se presentan en la leche cruda y en algunos productos lácteos solo atacan la parte superficial que está en contacto con el aire. Pero sí tiene importancia a nivel industrial, y entre los más importantes están:

- *Penicillium*, como el *P. Candidum* que se encuentra en los quesos de corteza blanca como el camembert y el *P. glaucum* var. *Roqueforti* en los quesos azules.
- *Geotrichum candidum*, que invade las cuajadas frescas. Pero la sal se retarda su desarrollo. Tanto las levaduras como los mohos se destruyen con la pasteurización.

2.8 Fermentación de la leche

Es un proceso donde ocurren cambios químicos en ella a causa de la actividad de las enzimas de origen lácteo o microbiano, siendo esta última la más importante, porque los cambios y el tipo de microorganismos están muy relacionados.

Al dejar la leche recién ordeñada a temperatura ambiente se puede observar los cuatro periodos de fermentación:

Periodo de germinación: las bacterias de una leche recién ordeñada disminuye durante un cierto tiempo, para luego aumentar. La acción germicida dura poco tiempo pero puede variar según la temperatura del ambiente, cuanto más alta es la temperatura menor es el periodo germicida.

Periodo de acidificación: en esta etapa, el crecimiento de las bacterias es alto, siendo los productos de ácido láctico los que predominan, donde este ácido se efectúa a partir de la lactosa.

Periodo de neutralización: ocurre cuando las bacterias acidificadoras ya no crecen, entonces lo hacen los mohos y levaduras, utilizando el ácido como alimento y produciendo algunos desechos que terminan por neutralizar el medio.

En esta etapa se observa en general una capa gruesa formada por el crecimiento de mohos y levaduras.

Periodo de putrefacción: los microorganismos que intervienen en ésta son aquellos que descomponen fácilmente las proteínas.

2.8.1 Fermentación ácida

La fermentación que normalmente ocurre en la leche es una fermentación láctica, en donde produce ácido láctico a partir de la lactosa por acción de las enzimas (son catalizadores típicos: son capaces de acelerar la velocidad de reacción sin ser consumidas en el proceso) producidas por ciertos microorganismos.

Cuando la leche aumenta su acidez, se la considera como leche alterada y puede no ser aceptada en las plantas procesadoras de leche. Este mismo fenómeno de acidificación es utilizado en la producción de leches fermentadas y quesos, aunque en este caso la fermentación es controlada por medio de la inoculación de cultivos lácticos.

Los organismos deseables mas importantes que producen ácido láctico son: *Streptococcus lactis*, *Streptococcus cremoris*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus fermenti*, entre otros.

Los organismos indeseables que pertenecen que producen ácido pertenecen a las microbacterias, micrococos, coliformes (*Escherichia coli* y *Aerobacte aerogenes*) son los más frecuentes en la leche y subproductos.

2.8.2 Fermentación gaseosa

El gas que se produce por la fermentación es el anhídrido carbónico y por lo general se produce en los productos ácidos.

Los microorganismos presentes en esta fermentación inestable son: *Escherichia coli*, *Aerobacter aerogenes*, *Clostridium butyricum*, *Torulopsis sphaerica*.

2.8.3 Fermentación proteolítica

En este proceso las proteínas de la leche son transformadas en compuestos solubles en agua por acción de los microorganismos. Su grado de descomposición puede ser parcial (maduración del queso) o total.

La presencia de peptonas (Sustancia producida por transformación de las proteínas, mediante la acción de la pepsina contenida en el jugo gástrico), en la leche y subproductos, causa un sabor amargo y en fermentación proteolítica avanzada se presenta un olor fétido.

Los microorganismos indeseables que causan esta fermentación son: *Streptococcus liquifaciens*, *Pseudomonas putrefaciens*, *Clostridium butyricum* entre otros.

2.8.4 Fermentación lipolítica

Esta fermentación de mucha importancia en la industria lechera, ya que la liberación de algunos ácidos grasos (ácido butírico) causan un olor rancio, característico en los productos lácteos.

Entre los microorganismos que causan la lipólisis (es el proceso metabólico mediante el cual los lípidos del organismo son transformados para producir ácidos grasos y glicerol para cubrir las necesidades energéticas) podemos citar: *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas fragi*, *Achromobacter lipolyticum*, *Candida lipolytica*, entre otros.

2.9 Control de calidad de la leche

El control de calidad de la leche en una planta involucra un conjunto de pruebas que permiten determinar si la leche es pura, limpia y apta para la fabricación de derivados lácteos.

Bajo el punto de vista industrial, los componentes más importantes son las proteínas, materia grasa y lactosa, por este motivo que la industria lechera debe ejercer un estricto control sobre la composición de la leche recibida.

Es de mucha importancia para la industria, realizar el análisis de la leche cruda, debido a que ésta es la materia prima para todos los productos.

Con el correcto análisis se obtienen los datos necesarios para controlar la calidad de la materia prima que se utiliza en la industria.

2.9.1 Prueba de alcohol

Esta prueba tiene la finalidad de detectar la estabilidad térmica de la leche cruda; es decir, si la leche tiene la capacidad de resistir altas temperaturas de procesamiento sin presentar coagulación visible.

Para realizar esta prueba se requiere de 2ml de leche fluida y 2ml de alcohol etílico a 68%, los mismos se mezclan batiendo en un tubo de ensayo. Si la prueba es positiva se observará una coagulación en las paredes del tubo.

La coagulación de la leche en esta prueba puede ser debida a varias causas y no necesariamente a que la leche esté ácida, porque la leche también se coagula cuando hay presencia de calostro o primera leche que dan las vacas, o bien cuando esta proviene de vacas con lactancia muy avanzada (terneros grandes) o porque la leche tenga falta de sales minerales. Por tanto debemos de tener claro que no se puede depender sólo de esta prueba para aceptar o rechazar la leche por acidez.

2.9.2 Prueba de acidez

La acidez de la leche, es un dato que nos indica la carga microbiana de la leche, el cuidado en cuanto a higiene y conservación. Una leche con alta acidez total se interpreta como un producto de mala calidad debido a que esta acidez es producto de la presencia de microorganismos.

Para este análisis, se requiere 9ml de leche en un baso precipitado o erlenmeyer de 100 ml y 3 a 4 gotas de fenolftaleína (indicador). La titulación se lo realiza con

hidróxido de sodio a 0,1 N que es colocado en la bureta, donde se hace gotear el hidróxido de sodio en la muestra de leche hasta que tome un color rosado. Este color debe mantenerse durante 10 segundos como mínimo. El color rosado que adquiere la leche es debido a la reacción de la fenolftaleína.

Para obtener datos en grados dornic, se emplea la siguiente fórmula:

$$^{\circ}\text{D} = V_{\text{NaOH}} * 10 \quad (2-3)$$

Donde.

$^{\circ}\text{D}$ = Grados dornic

V_{NaOH} = volumen gastado de hidróxido de sodio en la titulación (ml)

La leche fresca tiene una acidez titula en grados dornic es 13 a 18, en porcentaje de ácido láctico es 0.13 a 0.18. Por tanto, la leche con acidez mayor de 0,18 es rechazada, ya que la leche tiene mucha acidez, probablemente por tener demasiados microorganismos dañinos. Pero una leche con una acidez menor a 0.13, tiene la probabilidad que este enferma con mastitis, lo cual requiere otra prueba.

2.9.3 Prueba de mastitis

La mastitis es la inflamación de la glándula mamaria, en la mayoría de los casos como consecuencia de infecciones causadas por distintos microorganismos, especialmente bacterias, y con menos frecuencia debido a traumatismos, lesiones e irritaciones de origen químico. Los trastornos leves se manifiestan en el cambio de color, consistencia viscosa, los trastornos graves se manifiestan en forma de líquido acuoso, sanguinolento y consistencia espesa.

La prueba California Mastitis Test (CMT), es un método para la determinación del número de leucocitos (glóbulos blancos) en la leche.

Para esta prueba se requiere añadir el reactivo CMT en una paleta, y una muestra de leche, en las mismas proporciones que el reactivo, con movimiento giratorio se mezcla la muestra de leche y el reactivo. Existen cinco niveles: N=Negativo (No infectado) es decir no hay espesamiento de la mezcla, T=Trazas (Posible Infección)

ligero espesamiento de la mezcla, 1=positivo débil (Infectado) está definido espesamiento de la mezcla pero sin tendencia a formar gel, 2=positivo evidente (Infectado) tiene un espesamiento inmediato con una ligera formación de gel, 3=positivo Fuerte (Infectado) donde hay formación de gel y la superficie de la mezcla se eleva (como un huevo frito).

2.10 Yogur

Según el Instituto Boliviano de Normalización y Calidad, yogur o yogurt es aquel producto obtenido por coagulación de proteínas y fermentación ácido láctica, mediante la acción simbiótica del *Streptococcus salivarius subesp. Thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii subesp. Bulgaricus*, sobre la leche y los derivados lácteos.

Es el producto coagulado obtenido por fermentación láctica de la leche o mezcla de esta con derivados lácteos, mediante la acción de las bacterias lácticas. *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*, a partir de leches pasteurizadas enteras, parcialmente descremadas o descremadas, leches en polvo entera, parcialmente descremada, o descremada o una mezcla de estos productos.

La fermentación de la lactosa (el azúcar de la leche) en ácido láctico es lo que da al yogur su textura y sabor tan distinto. A menudo se añade frutas, vainillas, chocolate y otros, pero también puede elaborarse sin añadirlos, al que se lo conoce en algunos países como kumis (natural).

En su elaboración se podrá adicionar:

- a) ingredientes aromatizantes naturales: frutas (fresca, en conserva, congelada, en polvo, puré, pulpa, jugo), cereales, miel, chocolate, cacao, nueces, café, especias y otros aromatizantes autorizados;
- b) azúcares y/o edulcorantes autorizados de acuerdo a lo señalado en el artículo 146 del presente reglamento;
- c) aditivos alimentarios autorizados: aromatizantes, colorantes, estabilizantes y como conservantes.

2.11 Tipos de yogur

Según la norma Bolivia los tipos de yogures son los siguientes:

2.11.1 Yogur natural

Producto obtenido, sin adición alguna de saborizantes, azúcares y colorantes, permitiéndose solo la adición de estabilizantes y conservantes recomendados.

2.11.2 Yogur saborizado

Producto que puede obtener los aditivos recomendados y los saborizantes y colorantes naturales y/o artificiales permitidos, además podrá contener miel, chocolate, café, especias, fibra, y otros saborizantes naturales inocuos.

2.11.3 Yogur con fruta

Producto al que se le adiciona fruta procesada como por ejemplo pulpa, jugo, néctar, jalea o mermelada para productos industriales. Puede contener los aditivos recomendados, los saborizantes y colorantes naturales y/o artificiales permitidos.

2.11.4 Yogur ligero

Producto donde se realiza la reducción de más del 25% de algunos de sus componentes energéticos en relación al alimento normal.

2.11.5 Yogur dietético

Es el yogur sin adición de azúcar y/o la de grasa hasta un valor máximo del 0.5%.

2.11.6 Yogur afluado

Es el producto donde la fermentación y la coagulación de la leche se lleva a cabo en el envase mismo; el yogur así producido es una masa homogénea semi- sólida.

2.11.7 Yogur batido

Es el producto en el que la inoculación a la mezcla pasteurizada, se lo realiza en tanques de incubación produciéndose en ellos la coagulación, luego se somete a una acción mecánica y posteriormente se envasa.

2.11.8 Yogur líquido (bebible)

Se puede considerar como un yogur batido de baja viscosidad se puede elaborar a partir de la leche con un contenido mínimo de sólidos no grasos de 6% u homogenizar el producto antes del enfriamiento.

2.11.9 Yogur congelado

Es aquel producto semi congelado y batido para incorporación de aire y luego congelado en cámaras a 30°C – 40°C bajo cero. Los cultivos específicos pueden ser reactivados en cantidades razonables por descongelado.

2.11.10 Yogur concentrado o condensado

Se elabora eliminando parcialmente la fase líquida de yogur, hasta un nivel aproximado de 24% de sólidos totales obteniéndose un producto con propiedades reológicas y características muy diferentes a las del yogur normal.

2.11.11 Yogur orgánico

Producto sin adición alguna de saborizantes, colorantes, estabilizantes y conservantes en base a una leche agrobiológica para cuya obtención se ha obviado el uso de agentes químicos de síntesis en los estamentos suelo, planta y animal. Este producto está certificado. La cual se diferencia de la producción tradicional y debe estar avalada por la certificación de una tercera parte.

Según la norma Chilena también se menciona al yogur con agregados especiales:

2.11.12 Yogur con agregados especiales

Yogur líquido, batido o aplanado, que contiene miel, cacao, nueces y similares.

2.12 Clasificación

La siguiente clasificación esta dada según la norma Boliviana.

2.12.1 De acuerdo a su composición

a) Yogur natural

- b) Yogur saborizado
- c) Yogur con fruta o frutado
- d) Yogur con fibra (cereales)

2.12.2 De acuerdo al proceso de elaboración

- a) Yogur aplanado
- b) Yogur batido
- c) Yogur líquido o bebible
- d) Yogur congelado
- e) Yogur concentrado o condensado

2.12.3 De acuerdo a su origen

- a) Yogur
- b) Yogur orgánico

2.12.4 De acuerdo al contenido graso

- a) Yogur descremado
- b) Yogur semidescremado
- c) Yogur

2.12.5 De acuerdo al sabor del producto

- a) Yogur natural
- b) Yogur saborizado
- c) Yogur con frutas
- d) Yogur con agregados especiales

2.13 Requisitos de las materias primas

2.13.1 Leche

La leche con que se elabora el yogur puede ser : leche cruda y fresca, pasteurizada, concentrada, pasteurizada desnatada o descremada, concentrada parcialmente desnatada o descremada, pasteurizada desnatada o descremada, concentrada desnatada o descremada, nata o crema pasteurizada una mezcla de dos o más productos.

También puede contener leche en polvo, leche desnatada o descremada en polvo, suero de mantequilla sin fermentar, suero concentrado, suero en polvo, proteínas de suero, proteínas de suero concentradas, proteínas solubles en agua, caseína de grado alimentario, caseinato fabricados a partir de productos pasteurizado.

En las normas chilenas también se usa leche en polvo o sólidos lácteos.

2.13.2 Grasa

El contenido de grasa del yogur dependerá de la mezcla empleada donde mezcla, es la leche estandarizada utilizada para la elaboración del yogur ya sea leche fluida o reconstituida a la cual puede o no adicionar grasa vegetal para regular el contenido de grasa según lo establecido en la presente norma.

2.13.3 Inóculo láctico

Debe contener exclusivamente microorganismos seleccionados de *Streptococcus salivarius subesp. Thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii subesp. Bulgaricus* mantenidos en pleno vigor.

2.13.4 Fruta elaborada

Los jugos, néctares, pulpas, jaleas, mermeladas o frutas elaboradas en otras formas que se incorporen al yogur deben ser adecuadamente procesadas antes de incorporarlas y deben cumplir con las especificaciones indicadas.

2.13.5 Aditivos

El uso de estabilizantes y emulsionantes, en forma individual a una mezcla es permitido, también se permite el uso de aromatizantes y colorantes naturales y/o artificiales, inocuos. El uso de conservantes debe estar de acuerdo al CODEX alimentarius. En la lista de estabilizantes y emulsionantes se encuentra carragenina (actúa como gelificante, retenedor de humedad, espesante y estabilizante), pectina (es una sustancia que se encuentra en las frutas y se usa para espesar o coagular).

En la lista de los conservantes se encuentra el ácido sórbico (ácido orgánico normalmente permitido como conservador de alimentos) y sus sales de sodio, potasio, calcio y ácido benzoico (usado como conservantes en los productos ácidos, ya que actúan en contra de las levaduras y los hongos) y sus sales de sodio, potasio, calcio.

2.14 Requisitos generales

El producto debe ser acidificado solamente mediante fermentación biológica y estará libre de fermentación gaseosa o de cualquier otra naturaleza.

Debe cumplir con las disposiciones establecidas según el tipo de yogur.

Los ingredientes que se emplean en yogur deben ser pasteurizados o sometidos a un tratamiento equivalente.

Según la norma Chilena el producto debe presentar sabor y color característico según sus ingredientes.

El producto se debe mantener desde el término de su elaboración hasta su consumo en refrigeración.

2.15 Requisitos organolépticos

2.15.1 Sabor

El producto tendrá un sabor agradable con una acidez característica del mismo y libre de sabores extraños.

2.15.2 Olor

El producto tendrá un olor agradable y libre de olores ajenos.

2.15.3 Color

Estará en relación con el producto blanco o ligeramente crema para el yogur natural.

Para yogures frutados o saborizados, su color estará en lo posible, en relación con el sabor o fruta utilizada.

2.15.4 Aspecto

Todas las variedades de yogur deben tener un aspecto uniforme libre de burbujas y materiales ajenos, de consistencia característica al tipo de yogur.

2.16 Requisitos fisicoquímicos

El yogur en cualquiera de sus variedades, debe cumplir con los requisitos fisicoquímicos que se indican en la tabla II-2 a continuación:

Tabla II-2 Requisitos fisicoquímicos del yogur

Parámetro	Yogur		Yogur ligero		Yogur dietético	
	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
pH	-	4,6	-	4,6	-	4,6
Acidez titulable (ácido láctico) %	0,5	1,5	0,5	1,5	0,5	1,5
Materia grasa %	2,6		0,5	2,6	-	0,5
Sólidos no grasos	8,2					8,2

Fuente: Productos lácteos- yogur- requisitos. IBNORCA (2012).

2.17 Características microbiológicas

El producto debe estar libre de microorganismos patógenos y debe cumplir con lo especificado en la siguiente tabla II-3:

Tabla II-3 Características microbiológicas del yogur

Microorganismos	n	C	m	M
Coliformes totales	5	2	10	100
Escherichia coli	5	2	0	10
Mohos y levaduras	5	2	50	200

Fuente: Productos lácteos- yogur- requisitos. IBNORCA (2012).

Donde:

n = número de unidades de muestras a ser examinadas.

m = valor del parámetro microbiológico por el cual o por debajo del cual el alimento no representa un riesgo para la salud.

C = número máximo de unidades de muestra que puede contener un número de microorganismo comprendidos entre m y M para que el alimento sea aceptable.

M = valor del parámetro microbiológico por encima del cual el alimento representa un riesgo para la salud.

2.18 Operaciones básicas para el yogur

2.18.1 Estandarización

La estandarización de la leche es un proceso que permite normalizar el contenido de materia grasa en la leche, para este fin se requiere de un equipo llamado descremadora. Una leche estandarizada tiene un porcentaje de grasa es 2,8 %, y de sólidos no grasos 9,5 %.

Para aumentar los sólidos totales se añade leche en polvo descremada.

2.18.2 Mezcla de ingredientes

El mezclado se lo realiza en un tanque (marmita) provisto de un agitador, en el mismo se añade las materias primas (leche, leche en polvo agua, azúcar) y se procede al a agitación hasta que de una mezcla homogénea.

2.18.3 Pasteurización

Esta operación permite eliminar los microorganismos patógenos dañinos al hombre, aumentando el periodo de conservación. Para esta operación se recomienda el uso de la marmita en donde se le coloca la mezcla que deberá ser llevada a una temperatura de 85°C, por 30 minutos.

2.18.4 Enfriamiento

Esta operación se realiza con el fin de que el producto tenga una temperatura adecuada para añadir el cultivo, donde se debe enfriar el mismo a una temperatura de 43 °C. Es importante que se realiza esta operación lo más rápido y lo más higiénico posible con el fin de no contaminar la mezcla.

2.18.5 Inoculación

La incubación consiste en adicionar el cultivo en la mezcla de leche, ambos se tienen que agitar muy bien para que la fermentación sea en toda la mezcla de leche. Se debe procurar las medidas higiénicas con el fin de evitar la contaminación.

2.18.6 Incubación

En este proceso la mezcla de leche con el cultivo se debe incubar a 43°C durante a unas 3-4 horas tiempo en el que el yogur debe adquirir un pH de 4,6-4,7 aproximadamente.

2.18.7 Enfriado

Este proceso permite paralizar la fermentación láctica. Consiste en enfriar primeramente a temperatura ambiente (20 °C), posteriormente se lo lleva a una cámara frigorífica donde su temperatura será menor (3 °C) con la finalidad de cortar definitivamente la fermentación.

2.18.8 Batido

En esta operación se realiza el mezclado de la esencia, colorante, conservante con el yogur, hasta que sea lo más homogénea posible.

2.18.9 Envasado

Esta operación se basa en el llenado del yogur en sachets, vasos o botellas de polietileno. Previamente al llenado se realiza la desinfección de los vasos y botellas, si es que se envasará en los mismos. Es importante que el trabajo se lo realice cumpliendo con los principios de sanidad e higiene.

2.18.10 Almacenamiento

Después del envasado se realiza el empacado de los productos, y se coloca en la cámara frigorífica con la finalidad de que se conserven los yogures.

2.19 Alimento funcional

Son alimentos en los que algunos de sus componentes ayudan en las funciones del organismo de manera específica y positiva, promoviendo un efecto fisiológico más allá de su valor nutritivo tradicional. Este efecto puede contribuir a la mantención de la salud y bienestar, a la disminución de riesgos de enfermedades.

Los alimentos funcionales deben consumirse dentro de una dieta sana y equilibrada y en las mismas cantidades en las que habitualmente se consumen el resto de los alimentos.

Los alimentos funcionales pueden formar parte de la dieta de cualquier persona. Pero además, están especialmente indicados en aquellos grupos de población con necesidades nutricionales especiales, estados carenciales, intolerancias a determinados alimentos, colectivos con riesgos de determinadas enfermedades (cardiovasculares, gastrointestinales, osteoporosis, diabetes, etc.) y personas mayores.

El desarrollo de los alimentos funcionales constituye una oportunidad real de mejorar la calidad de la salud y el bienestar del individuo.

Algunos de los alimentos de consumo habitual que contienen alimentos beneficiosos para la salud son: tomate, brócoli, zanahoria, ajo, té, pescados como el salmón, sardina, atún. Entre los alimentos procesados o modificados se encuentra el yogur, leches fermentadas, huevo, vino, cereales, que están fortificados con vitaminas,

calcio, ácido oleico, omega 3, ácido fólico, fibra, fermentos activos (probióticos, simbióticos).

Es importante no confundir alimento funcional con otros conceptos de reciente aparición como complemento alimenticio (productos alimenticios cuyo fin sea complementar la dieta normal y ser consistentes en fuentes concentradas de nutrientes o de otras sustancias que tengan un efecto nutricional o fisiológico, en forma simple o combinada, comercializados en forma dosificada, es decir cápsulas, pastillas, tabletas, píldoras y otras formas similares), aditivo (cualquier sustancia que no se consume como alimento en sí o ni se use como ingrediente característico en la alimentación, independientemente de que tenga o no valor nutritivo, y cuya adición intencionada a los productos alimenticios, con un propósito tecnológico en la fase de su fabricación, transformación, preparación, tratamiento, envase, transporte o almacenamiento tenga directa o indirectamente, como resultado que el propio aditivo o sus subproductos se conviertan en un componente de dichos productos alimenticios), medicamentos (aquella sustancia química capaz de interactuar con un organismo vivo y en consecuencia, que se puede utilizar en el tratamiento, la curación, la prevención o el diagnóstico de una enfermedad o para limitar en lo posible la aparición de un proceso fisiológico no deseado), etc.

Se puede decir desde un punto de vista práctico, un alimento funcional es:

- Un alimento natural, donde un componente se mejoró bajo condiciones especiales de cultivo.
- Un alimento con un componente añadido para que produzca beneficios (ej. bacterias probióticas).
- Un alimento con un componente eliminado para que produzca menos efectos adversos sobre la salud (ej. disminución de ácidos grasos saturados).
- Un alimento en el que la naturaleza de uno o más de sus componentes se modificó químicamente para mejorar la salud (ej. adicionados en preparados de lactantes para reducir el riesgo de alergias).

- Un alimento en el que la disponibilidad de uno o más de sus componentes se aumentó para mejorar la asimilación de un componente beneficioso.
- Cualquier combinación de las posibilidades anteriores.

Los componentes más frecuentes en los alimentos funcionales son los probióticos y prebióticos, simbióticos, fibra, así como ciertos aminoácidos, ácidos grasos, vitaminas y minerales. Su capacidad inmunomoduladores de determinados ingredientes (componentes), tanto nutrientes como los denominados “no nutrientes”, que aunque no son esenciales para el organismo, son capaces de interactuar con el sistema inmune para regularlo,

En esta tabla II-4 se ve algunos de los alimentos funcionales que hay en España y sus posibles efectos beneficiosos a la salud.

Tabla II-4 Alimentos funcionales y posibles efectos a la salud

Alimentos funcionales	Componentes funcionales	Posibles efectos en la salud
Leches enriquecidas	Con ácidos grasos omega 3.	Contribuye a reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares, el riesgo de ciertos tipos de cáncer, mejora el desarrollo del tejido nervioso y las funciones visuales. Puede reducir los procesos inflamatorios.
	Con calcio.	Ayuda al desarrollo de los huesos y dientes, interviene en la transmisión nerviosa y los movimientos musculares. Puede prevenir la osteoporosis.
	Con vitamina A y D.	Favorece en la función visual y la absorción de calcio respectivamente.
	Con fósforo y zinc.	Ayuda al desarrollo de los huesos y mejora el sistema inmunológico.
Yogures	Con calcio.	Ayuda al desarrollo de los huesos y dientes,

enriquecidos		interviene en la transmisión nerviosa y los movimientos musculares. Puede prevenir la osteoporosis.
	Con vitamina A y D.	Favorece en la función visual y la absorción de calcio respectivamente.
Leches fermentadas	Con ácido graso omega 3 y ácido oleico.	Contribuye a reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares, el riesgo de ciertos tipos de cáncer, mejora el desarrollo del tejido nervioso y las funciones visuales. Puede reducir los procesos inflamatorios.
	Con bacterias prebióticas específicas.	Favorecen el funcionamiento del sistema gastrointestinal y reduce la duración de diarreas. Mejora la calidad de la microflora intestinal.
Zumos enriquecidos	Con vitamina y minerales.	Vitamina A y D: favorecen la función visual y la absorción de calcio respectivamente. Calcio: ayuda al desarrollo de los huesos y dientes interviene en la transmisión nerviosa y los movimientos musculares. Puede prevenir la osteoporosis. Hierro: Facilita el transporte de oxígeno en la sangre. Puede prevenir la aparición de anemias.
Cereales fortificados	Con fibra y minerales.	Fibra: ayuda a reducir el riesgo de cáncer de colon. Mejora la calidad de la microflora intestinal. Hierro: Facilita el transporte de oxígeno en la sangre. Puede prevenir la aparición de anemias.
Pan enriquecido	Con ácido fólico.	Puede disminuir malformaciones en el tubo neural y ayuda a reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares.
Huevos	Con ácidos	Puede reducir el riesgo de enfermedades

enriquecidos	omega 3.	cardiovasculares.
Sal yodada	Con yodo.	Facilita la fabricación de hormonas tiroideas, imprescindibles para un desarrollo físico y psíquico normal.

Fuente: Guía de alimentos funcionales.

2.19.1 Probióticos

Los probióticos son aquellos microorganismos, ya sean bacterias o levaduras, que sobreviven al paso por el tracto gastrointestinal y que producen un efecto beneficioso sobre una o varias funciones del organismo, proporcionando un mejor estado de salud y bienestar y/o reduciendo el riesgo de enfermedad.

También hay que destacar que pueden ser Alimentos Funcionales para la población en general o para grupos particulares de la misma.

La utilización de los probióticos en los alimentos convenidos, como otras sustancias funcionales, debe conferir a estos alimentos la capacidad de ejercer un efecto beneficioso para la salud del consumidor más allá de sus propiedades nutricionales.

Estos microorganismos vivos, que por lo general están incorporados especialmente en productos lácteos, también se pueden encontrar en otro tipo de alimentos fermentados como por ejemplo, avena, verduras, embutidos o té.

2.19.1.1 Las bacterias lácticas con efectos probióticos

Los efectos positivos de los probióticos dependen de la cepa bacteriana que se utiliza donde se hará referencia a bacterias como microorganismos probióticos.

En efecto, en relación con la dosis, hay que tener en cuenta que cuando las bacterias lácticas son sometidas a tratamiento térmico, como tiene lugar en algunos productos que son fermentados, una cantidad de 10^8 unidades formadoras de colonias (ufc) puede reducirse a 10^2 ufc.

Según algunos autores es imprescindible una cantidad de 10^7 - 10^8 ufc para que el probiótico mantenga su función, que si baja a 10^6 , el probiótico es incapaz de ejercer

su beneficio sobre la salud. Además, es conveniente ingerir al menos una dosis diaria, puesto que se ha podido observar en algunos estudios que si se ingiere de forma alterna, aproximadamente 3 días a la semana, su acción es mucho menor o casi inapreciable.

Los microorganismos más utilizados en este tipo de alimentos pertenecen a los géneros *Lactobacillus*, *Streptococcus* y *Bifidobacterium*, que se engloban dentro de las bacterias ácido-lácticas (BAL). Aunque existe una lista más amplia de microorganismos que son candidatos a ser utilizados como probióticos, donde mencionamos algunos de ellos en la siguiente Tabla II-5.

Tabla II-5 Microorganismos utilizados como probióticos

Lactobacillus
• <i>Lb. acidophilus</i>
• <i>Lb. casei</i>
• <i>Lb. delbrueckii subsp. bulgaricus</i>
• <i>Lb. fermentum</i>
Bifidobacterium
• <i>C. bifidum</i>
• <i>B. longum</i>
• <i>B. infantis</i>
• <i>B. adolescentis</i>
Otras bacterias
• <i>Streptococcus salvarius subsp. thermophilus</i>
• <i>Lactococcus lactis subsp. lactis</i>
• <i>Pediococcus acidilactici</i>
• <i>Escherichia coli</i>
Levaduras
• <i>Saccharomyces boulardii</i>

Fuente: Alimentos Funcionales aproximación a una nueva alimentación.

2.19.1.2 Efectos de los probióticos sobre la salud

Entre los efectos beneficiosos de los probióticos para la salud se pueden enumerar los siguientes:

- Estimulación de la respuesta inmunitaria.
- Mejora del equilibrio de la microflora intestinal.
- Efecto adyuvante en la vacunación.
- Reducción de las enzimas fecales implicadas en la iniciación del cáncer.
- Tratamiento de la diarrea del viajero.
- Terapia antibiótica (control de Rotavirus, úlceras relacionadas).
- Reducción del colesterol sérico.
- Antagonismo con patógenos originados en alimentos y con microorganismos que provocan caries.
- Reducción de los síntomas de mal absorción de la lactosa.

2.19.2 Prebióticos

La definición de *prebiótico* fue propuesta por Gibson y Roberfroid en 1995 que aplicaron este término a los ingredientes no digeribles de la comida que promueven selectivamente el crecimiento y la actividad de un número limitado de especies bacterianas beneficiosas para la salud.

Los prebióticos más estudiados son carbohidratos como la inulina y las oligo-fructosas derivadas de la inulina (anteriormente denominadas fructo-oligo-sacáridos o FOS). Como son polímeros no hidrolizables, no se absorben y transitan virtualmente intactos por el intestino delgado de modo que llegan al colon prácticamente sin modificación alguna en su estructura química.

Esta ventaja metabólica les brinda la oportunidad de proliferar de modo selectivo gracias al aporte de energía específico que consiguen de dichos sustratos.

El concepto de prebiótico se define por tres criterios esenciales:

- Debe ser una sustancia no alterable, ni hidrolizable, ni absorbible durante su tránsito por el tracto digestivo superior (estómago e intestino delgado).
- Debe ser un sustrato fermentable por un grupo o grupos de bacterias comensales del colon.
- Su fermentación debe ser selectiva estimulando el crecimiento y/o la actividad de bacterias intestinales asociadas a efectos saludables para el anfitrión. Estos tres criterios deben demostrarse por procedimientos científicos como requerimiento ineludible para que una sustancia sea considerada como prebiótico.

En la siguiente tabla II-6 se nombra algunas de las sustancias que han sido propuestas como prebióticos y se detalla la información disponible sobre los tres criterios mencionados.

Tabla II-6 Lista de carbohidratos y valoración de su posible efecto prebiótico

	indigerible	fermentable	selectivo
Inulina	si	si	si
Oligofructosas	si	si	si
Lactosacáridos	ND	si	Probable
Lactosa	no	si	no
Almidón resistente	si	si	ND
Alcohol azucres	Variable	ND	ND

Fuente: Alimentos funcionales.

ND = no ha sido demostrado.

2.19.3 Simbióticos

Los simbióticos se definen como “una mezcla de probióticos y prebióticos destinada a aumentar la supervivencia de las bacterias que promueven la salud, con el fin de modificar la flora intestinal y su metabolismo” y el término debe reservarse exclusivamente para los productos que poseen verificación científica de la simbiosis, es decir en los cuales los prebióticos favorecen selectivamente a los probióticos adicionados en este simbiótico en particular.

2.20 Fibra

El concepto de fibra se ha ido modificando a lo largo de los últimos años debido al descubrimiento de los diferentes efectos beneficiosos que su consumo tiene para el hombre.

Actualmente hay cuatro definiciones de importancia, entre las que se aprecian ciertas diferencias, pero todas ellas representan una evolución en la misma dirección con respecto a lo considerado hasta ahora. Cronológicamente son:

- *FAO/WHO Expert Consultation. FAO (1998).* Los principales componentes de la fibra dietética se derivan de las paredes celulares de vegetales presentes en la dieta y comprenden celulosa, hemicelulosa y pectina (los polisacáridos no-almidón). La lignina, un componente no-hidrato de carbono de la pared celular, también se incluye a menudo como tal.
- *Ha y colaboradores (2000).* Cualquier componente de la dieta que llega al colon sin haber sido absorbido en el intestino humano sano. La fibra se divide en, microbiológicamente *degradable* o *no degradable* por la flora colónica y éstas a su vez se subdividen en material de las paredes vegetales, material no proveniente de las paredes vegetales.
- *Food and Nutrition Board. Institute of Medicine (2001/2002).* La *fibra dietética* consiste en hidratos de carbono y lignina no digeribles en el intestino delgado humano procedentes de plantas comestibles en los cuales la matriz vegetal está mayoritariamente intacta. Adicionalmente se define la *fibra añadida* o *funcional* como hidratos de carbono no digeribles compuestos de al menos tres moléculas de monosacáridos aislados, añadidos, modificados o fabricados sintéticamente que tienen efectos beneficiosos en los seres humanos. La fibra total sería la suma de las dos anteriores.
- *American Association of Cereal Chemists (2001).* La fibra dietética es la parte comestible de las plantas e hidratos de carbono análogos que son resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado humano con fermentación parcial o total en el colon. La fibra dietética promueve efectos fisiológicos beneficiosos como

efectos laxantes, disminución de la tasa de colesterol en la sangre y/o de la glucemia (glucosa en la sangre).

Como se aprecia en estas definiciones, el concepto de fibra dietética se ha ampliando con la inclusión de sustancias no necesariamente de origen vegetal y con el efecto fisiológico que va a producir su fermentación por la flora colónica. Esto posiblemente tendrá importantes repercusiones tanto dietéticas como en nutrición entera en un futuro próximo.

2.20.1 Clasificación de la fibra

Desde el punto de vista nutricional, se considera apropiado clasificar y organizar a las fibras alimentarias o dietéticas según su comportamiento en medio acuoso.

2.20.1.1 La fibra soluble.- Se puede disolver en agua. De hecho, puede absorber agua y, al hacerlo, forma una especie de gel. El consumo de fibra soluble incrementa la sensación de saciedad, puede ayudar a disminuir los niveles de colesterol en la sangre (de lipoproteínas de baja densidad, conocido también como el “colesterol malo”) y a mantener estables los niveles de glucosa sanguínea al reducir el aumento en los niveles de glucosa en la sangre que ocurre después de comer. Algunos ejemplos de fibras solubles son: salvado de avena, avena, manzanas, peras, leguminosas y cebada.

2.20.1.2 La fibra insoluble.- No se disuelve en agua. Son aquellas parcialmente fermentables en el intestino por las bacterias colónicas y no forman dispersión en agua. Además, la fibra insoluble contribuye a acelerar el movimiento de los alimentos a través del sistema digestivo y ayuda a promover la regularidad y reducir la incidencia de estreñimiento. Algunos ejemplos de fibra insoluble son: el salvado de trigo, salvado de maíz, trigo integral verduras y frutas.

2.20.2 Recomendaciones nutricionales de la fibra

Diferentes organizaciones internacionales han elaborado recomendaciones nutricionales para fibra dietaria.

De acuerdo con el Comité de Expertos FAO/OMS, la recomendación diaria de fibra dietética total para adultos es de 25 g/día. El rango de recomendaciones entre diversos países alrededor del mundo va desde 21-40 g/día.

El National Cancer Institute (NCI, Estados Unidos) considera un consumo óptimo entre 20-30 g/día para la prevención de cáncer de colon, sugiriendo no excederse de los 35 g/día de fibra dietaria.

La American Dietetic Association (ADA) recomienda a los adultos consumir una dieta que contenga de 20-30 g/día de fibra dietaria, de la cual 3-10 g deben ser de fibra soluble procedente de diversas fuentes vegetales.

Así como el Código Alimentario Argentino (CAA) establece valores específicos para que un alimento sea considerado Fuente o con Alto Contenido de fibra. Un alimento fuente deberá contener como mínimo 3 g/ 100 g (sólidos) o 1,5 g/100 ml (líquidos).

El Alto contenido de fibra podrá rotularse con un aporte mínimo de 6 g/100 g (sólidos) o 3 g/100 ml (líquidos).

2.20.3 Propiedades físicas de la fibra

Las características físicas de las distintas sustancias que componen la fibra dietética determinan en parte sus funciones fisiológicas. Las principales serían cuatro:

- **Viscosidad.-** En general, los polisacáridos complejos suelen formar soluciones viscosas. A mayor peso molecular, mayor viscosidad. Es el caso de las pectinas, las gomas y los mucílagos. Esta viscosidad influirá en el tránsito intestinal, enlenteciéndolo, y en la mezcla con las enzimas digestivas, entorpeciendo su acción sobre los sustratos nutritivos del contenido intestinal.
- **Capacidad de retención de agua.-** Las distintas fibras poseen diferentes capacidades de retención de agua. La celulosa, por ejemplo, tiene una baja capacidad, mientras que las pectinas o la CMC, entre otros tienen una gran capacidad. Esta característica influirá en su propiedad para formar soluciones viscosas, su fermentabilidad por las bacterias intestinales y su efectividad en aumentar la masa fecal.

- **Capacidad de adsorción de sustancias.-** Ciertas fibras son capaces de adsorber sales minerales y sustancias presentes en la luz intestinal. Éste es el caso de la fibra de trigo, la de avena, entre otros que adsorben sales biliares. Esta adsorción haría que esas sustancias estuvieran menos disponibles para ser absorbidas por el intestino.
- **Tamaño de la partícula.-** Habitualmente las fibras en los alimentos se encuentran en forma de partículas. El tamaño de éstas viene influido por el procesado del alimento, como por ejemplo la molienda de cereales, y por la masticación. El tamaño de estas partículas, que indica la destrucción más o menos profunda de estructuras vegetales, será la que determine el acceso de las enzimas intestinales y las bacterias colónicas a las sustancias contenidas en esas estructuras y, por lo tanto, el efecto de la fibra.

2.20.4 Funciones de la fibra

Las fibras poseen propiedades importantes en la salud, tales como:

- La fibra ayuda a mantener un peso estable, es decir una dieta alta en fibra promueven la pérdida de peso y ofrecen numerosos beneficios más allá del control de peso.
- La fibra ayuda a que los alimentos sigan su recorrido por el sistema digestivo y aumenta el volumen del bolo para que los elementos no digeridos, puedan ser eliminados más fácilmente. Una dieta alta en fibra puede ayudar a reducir la sensación de inflamación.
- La fibra ayuda a mantener el corazón estable, reduce la absorción de colesterol que proviene de los alimentos y disminuir el colesterol malo en la sangre. También puede reducir la presión arterial y ayuda a controlar los niveles de glucosa en la sangre.
- La fibra ayuda a que las paredes del colon se mantengan saludables y reduce el tiempo que las sustancias tóxicas permanecen en contacto con el intestino, lo que puede ayudar a prevenir el cáncer del colon. Los alimentos ricos en fibra tienden a ser ricos en antioxidantes, vitaminas y minerales, los cuales a su vez han sido vinculados a la prevención del cáncer.

2.21 Salvado de trigo

Salvado de trigo, el subproducto de la molienda de trigo que consiste principalmente de la cubierta externa fibrosa del grano, contiene mayor proporción de proteína que el grano, en cambio tiene un escaso contenido de almidón.

El salvado de trigo es la cascarilla de la semilla, que proporciona beneficios para el organismo como la cantidad de fibra dietética insoluble.

El consumo de salvado de trigo implica un mayor incremento en el bolo fecal y esto da lugar a la reducción del tiempo del tránsito intestinal, lo que es un efecto fisiológico beneficioso.

El Salvado de trigo tiene un olor característico y deberá estar libre de olores extraños y rancidez. Tiene un color crema a café rojizo y esta se presenta como hojuelas o escamas.

2.21.1 Componentes del salvado de trigo

En la siguiente tabla II-7, se describe la información o componentes del salvado de trigo.

Tabla II-7 Composición del salvado de trigo

Componentes principales para 100 g de proporción comestible	
Agua	14,0 g
Proteína	16,3 g
Grasa	5,5 g
Hidratos de carbono	14,1 g
Fibra	44,7 g
Ceniza	5,4 g

Fuente: FAO ,2012.

2.21.2 Aplicaciones del salvado de trigo

Las aplicaciones básicas del salvado de trigo, se lo dan, en el área de panificación, especias, pastas, quesos, bebidas, lácteos y en algunos casos para forraje de animales, aunque en la actualidad se le dio mucho valor en la industria de alimentos para salud.

2.22 Hojuelas de avena

Las Hojuelas o Copos de Avena son producto de Laminación del Grano De Avena Pelado Limpio, Estabilizado (Tratamiento Térmico 120 °C), Cortado, Clasificado Humectado y físicamente acondicionado (Acondicionamiento Térmico 100 °C).

Su color es blanco con una ligera tonalidad de color castaño, su olor y sabor será característico a avena tostada y tendrá un aspecto con bordes redondeados, superficie suave y compacta, sin desprendimiento de partículas.

Las hojuelas de avena son un derivado de la avena, pero en si la avena es un cereal con una fuente importante de fibra dietaría soluble, el cual tiene muchos beneficios en cuanto la reducción del colesterol tanto de personas como de animales y disminuye la cantidad de glucosa y ácidos grasos en la sangre.

2.22.1 Composición de hojuelas de avena

La composición de la avena que es similar a las hojuelas se describe en la siguiente tabla II-8.

Tabla II-8 Composición de las hojuelas de avena

Componentes principales para 100 g de proporción comestible	
Agua	12,0 g
Proteína	12,9 g
Grasa	2,80 g
Hidratos de carbono	65,2 g
Fibra	5,3 g
Ceniza	1,7 g

Fuente: FAO ,2012.

2.22.3 Aplicaciones de las hojuelas de avena

Se aplica mucho en el área de lácteos, como en preparación de jamones y chorizos por su capacidad de absorción de agua, así también en repostería, por sus grandes propiedades es de habitual consumo para muchas personas a nivel mundial en los diferentes preparados alimenticios.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.1 Introducción

La parte experimental de este proyecto, que lleva el nombre de “**determinación del procesos de elaboración de yogur con fibra en la planta industrializadora de leche (PIL Tarija S.A.)**”, se realizó en las instalaciones de la planta PIL Tarija S.A., ubicada en la zona industrial de Morros Blancos, carretera a Bermejo kilómetro 2.

3.2 Descripción de materias primas, insumos, reactivos, equipos, instrumentos, materiales de laboratorios

En los siguientes puntos se describe todos los insumos, materiales, reactivos, equipos, instrumentos y materiales de laboratorios que se utilizó durante el desarrollo de la parte experimental de este trabajo.

3.2.1 Materias primas

Las materias primas que se utilizaron para el siguiente trabajo son:

3.2.1.1 Leche entera en polvo

Es un producto obtenido por la eliminación de agua de la leche fluida, el cual permite una mayor conservación. La leche en polvo entera fue proporcionada por la planta industrializadora de leche PIL Tarija.

3.2.1.2 Salvado de trigo o afrecho de trigo

Este producto proveniente de la empresa FAMOSA ubicado en el departamento de Santa Cruz y es adquirida en una distribuidora en el mercado Campesino. El kilogramo de este producto, tiene un precio de 3 Bs.

3.2.1.3 Hojuelas de avena

Este producto es proveniente del departamento de La Paz, SIMSA (Sociedad Industrial Molinera S.A.), pero es adquirida en el mercado campesino. El kilogramo de avena en hojuelas es de 8 Bs.

3.2.2 Insumos

Los insumos usados en este trabajo de investigación son los siguientes:

3.2.2.1 Agua pasteurizada

Pasa por un tratamiento térmico por debajo del punto de ebullición y después de un cierto tiempo se dará la destrucción total de los microorganismos patógenos. Este insumo fue proporcionado por la planta PIL Tarija.

3.2.2.2 Azúcares

Es azúcar blanca de caña, procede de la Industria Agrícola de Bermejo S.A., pero la industria PIL Tarija nos proporcionó este insumo.

3.2.2.3 Cultivo láctico YF-L812

Es un cultivo termófilo, útil para la fabricación del yogur, tiene un aroma suave y un aspecto físico granulado, se conserva a baja temperatura (5°C), su vida útil es de 24 días y tiene procedencia europea.

Este insumo fue proporcionado por la planta PIL Tarija.

3.2.2.4 Conservante

Se usa el sorbato de potasio y el benzoato de sodio, sólidos ambos que son disueltos en agua. Procede de la industria “PROCERCO” ubicada en el departamento de Santa Cruz. Pero este conservante fue proporcionado por la planta PIL Tarija.

3.2.3 Reactivo químicos de laboratorio

Los reactivos utilizados para el análisis de las muestras de yogures enriquecidos con fibra y que fueron proporcionados por PIL Tarija S.A., se los ve en la siguiente tabla III-1.

Tabla III-1 Reactivos utilizados para el análisis de las muestras de yogures enriquecidos con fibra

Reactivo	Características
Solución de hidróxido de sodio	Este reactivo debe tener una normalidad de 0,1. Se usa para la titulación de lácteos.
Fenolftaleína	Es un indicador que se usa en la titulación de lácteos. Tiene una concentración de 1 % en etanol.
Disolución de Bacoxin	Esta disolución nos permite eliminar los microorganismos presentes en cualquier superficie. En este caso sirvió para desinfectar los vasos de envasado.

Fuente: elaboración propia.

3.2.4 Equipos

Los siguientes equipos son los que se usaron en la parte experimental de este trabajo.

3.2.4.1 Autoclave vertical

En la figura 3-1, se observa el equipo autoclave, el nos permitió la pasteurización y la incubación en el proceso para la elaboración de los productos. A continuación mencionamos sus especificaciones técnicas:

- Marca : QUIMIS
- Temperatura máxima de trabajo: 127°C
- Presión máxima de trabajo: 1,5 kgf / cm²
- Capacidad: 50 litros

**Figura 3-1
Autoclave**



3.2.4.2 Balanza electrónica portátil

En la figura 3-2, se muestra la balanza electrónica, es donde se realizó el pesado de los insumos y materias primas para la elaboración del producto final. Las especificaciones técnicas del equipo son los siguientes:

Figura 3-2
Balanza electrónica

- Marca: OHAUS
- Modelo: SPU 6000
- Capacidad máxima: 6 kilogramos



3.2.4.3 Refrigeradora

En la siguiente figura 3-3 se observa la refrigeradora que se utilizó para colocar los vasos de yogur después del envasado así también los sobres y botellas de cultivo ya preparadas.

Figura 3-3
Refrigeradora

- Marca: CCE
- Modelo: 310
- Medidas: 1,53 alto*0,60 ancho*66,5 profundo
- Congelador: 30 litros



3.2.5 Instrumentos de laboratorio

Instrumentos de laboratorio utilizados para el proceso del producto son los siguientes:

3.2.5.1 Termómetro de control

En la figura 3-4, se muestra el instrumento que se utilizó para controlar la temperatura en el momento de la pasteurización y enfriamiento para la inoculación del producto. Las especificaciones técnicas del instrumento son las siguientes:

**Figura 3-4
Termómetro**

- Marca: FUNKE GERBER
- Escala: -10 a 100 °C
- Con relleno especial rojo



3.2.5.2 pH-metro de bolsillo

En la figura 3-5, se muestra el instrumento que se utilizó para medir el Ph del producto final. Sus especificaciones técnicas son las siguientes:

- Marca: ATAGO
- Modelo IP67
- Rango 0 – 14 pH
- Resolución: 0,1
- Temperatura: 0 a 50°C

**Figura 3-5
pH-metro**



3.2.6 Materiales de laboratorio

En la siguiente tabla III-2, se muestra los materiales de laboratorio que se utilizaron durante el proceso de elaboración del producto final.

Tabla III-2 Materiales de laboratorio

Material de laboratorio	Cantidad	Capacidad	Calidad
Probeta	1	1000 ml	Vidrio
Jarra graduada	1	1000 ml	Plástico
Bureta	1	25 ml	Vidrio
Vasos precipitados	4	100 ml	Vidrio
Recipiente de acero	2	5000 lit.	Acero inoxidable
Espátula	1	-	Acero inoxidable
Olla	1	2 lit.	Acero inoxidable
Cuchara	2	-	Acero inoxidable
Vasitos	16	160 ml	Polietileno

Fuente: Elaboración propia.

3.2.7 Fuente de calor en el laboratorio. Material calefactor

3.2.7.1 Mechero de bunsen

En la siguiente figura 3-6, se observa el mechero de Bunsen que se utilizó para la etapa de pre-cocción del salvado de trigo como la avena en hojuelas. El combustible que se utiliza para este mechero es gas.

Figura 3-6
Mechero de Bunsen



3.3 Descripción del método para el proceso de elaboración de yogur con fibra

En el siguiente contexto se describe los pasos necesarios que se requieren para obtener un yogur enriquecido con fibra. Para este objetivo se realiza la producción de dos

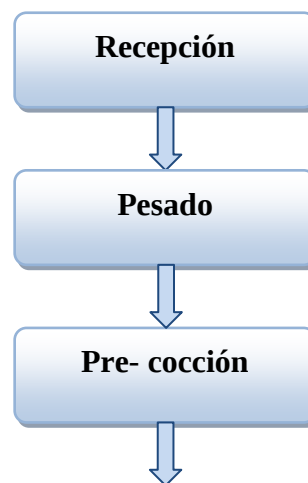
productos como alternativa, donde a uno se le adiciona salvado de trigo y al otro se la adiciona hojuelas de avena, ambos aportaran fibra al producto final.

Cada producto consta de dos etapas, una es la pre-cocción del cereal (sea el salvado de trigo o las hojuelas de avena) y otra es la elaboración en si del yogur enriquecido con fibra mediante el cereal.

3.3.1 Metodología en el proceso de pre-cocción

En la siguiente figura 3-7, se muestra el diagrama de bloques del proceso de pre-cocción que es el mismo tanto para el producto uno que es con salvado de trigo, como para el producto dos que es con hojuelas de avena.

Figura 3-7 Diagrama del proceso de pre- cocción del salvado de trigo



Fuente. Elaboración propia.

3.3.1.1 Descripción técnica del proceso experimental

El proceso de pre-cocción sea del salvado de trigo o sea las hojuelas de avena, constituye los siguientes pasos:

3.3.1.1.1 Recepción

En la recepción se realiza una inspección del cereal, observando que la misma no contenga partículas raras, como también olores y colores raros. Esto garantiza que este producto pase al siguiente proceso.

Esta inspección se lo realiza en forma manual, eliminando aquellas partículas raras donde se usa nuestro sentido de la vista.

3.3.1.1.2 Pesado

Luego de la recepción del cereal, se realiza el pesado que se lo efectúa en una balanza electrónica con la finalidad de determinar el rendimiento del proceso.

3.3.1.1.3 Pre-cocción

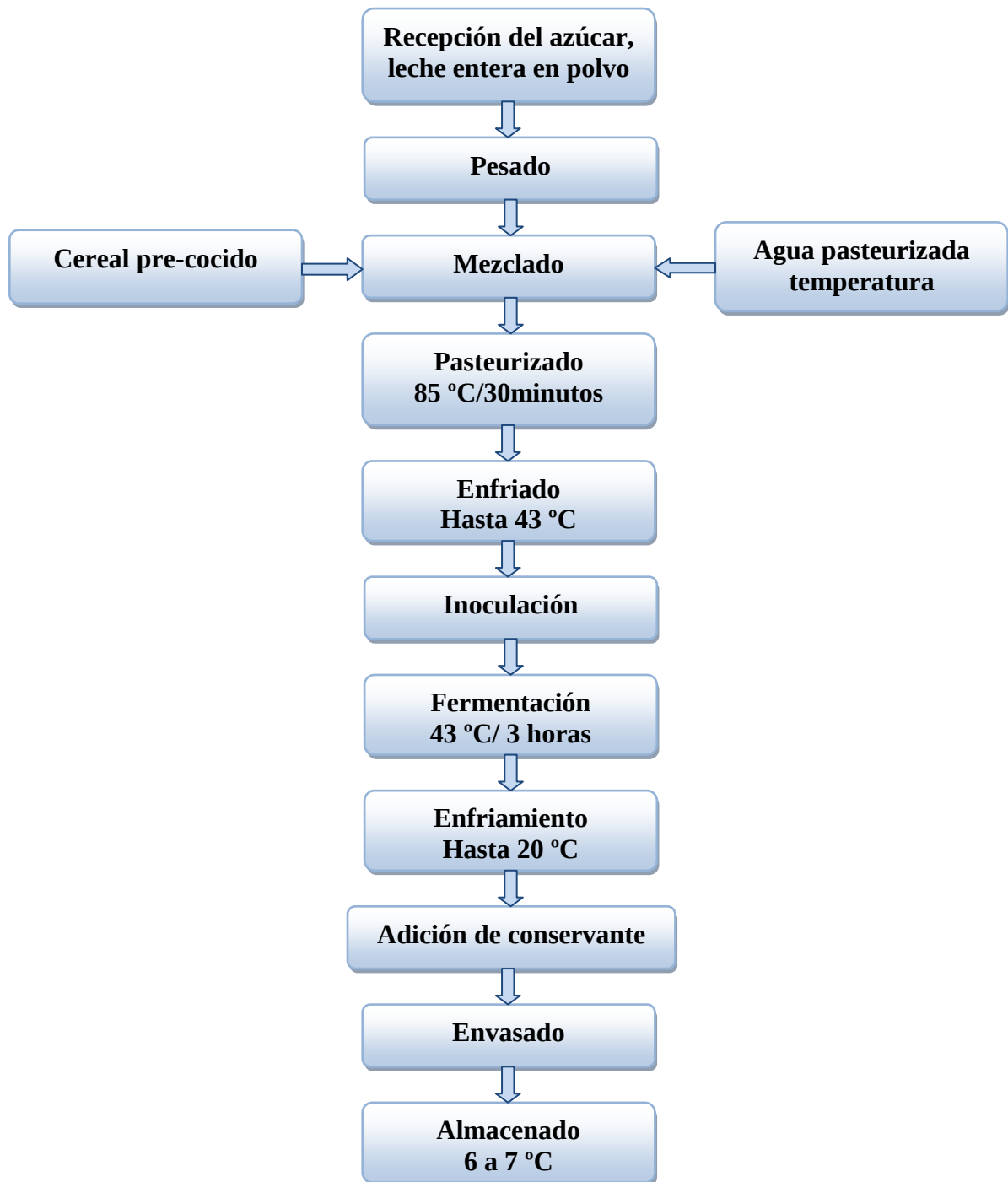
Para este proceso se le añade agua a la olla donde se encuentra el cereal ya pesado, tiene que llegar la mezcla de agua con cereal a una temperatura de ebullición (93°C) y desde ese momento se controla la pre-cocción durante unos 10 minutos del momento en el que el agua empieza a hervir. Este proceso tiene la finalidad de eliminar cualquier microorganismo que contenga el cereal en esta etapa, así también ayuda a ablandar al mismo.

3.3.2 Metodología del proceso de elaboración de yogur con la adición del cereal pre-cocido

En la siguiente figura 3-8, se muestra el diagrama de bloques del proceso de elaboración de yogur enriqueciéndolo con fibra, mediante la adición del cereal (salvado de trigo o hojuelas de avena) después de la etapa de pre-cocción.

Como ya se mencionó, esta etapa es la misma para el producto uno que es con salvado de trigo, como para el producto dos que es con hojuelas de avena.

Figura 3-8 Diagrama de proceso de elaboración de yogur con fibra mediante la adición del cereal



Fuente: Elaboración propia.

3.3.2.1 Descripción técnica del proceso

El proceso de elaboración de yogur con fibra mediante la adición del cereal (sea el salvado de trigo o las hojuelas de avena) son los siguientes:

3.3.2.1.1 Recepción del azúcar y leche en polvo entera

Tanto la leche entera en polvo como el azúcar se traen del área de almacenamiento.

La leche entera en polvo tiene que cumplir los parámetros establecidos de humedad 2.6-2.8%, materia grasa 25-26%, sólidos no grasos 8,5-9%.

En el caso del azúcar es un insumo ya garantizado por la empresa proveedora.

3.3.2.1.2 Pesado

En este proceso se realiza el pesado en la balanza electrónica de la leche en polvo y el azúcar. Su finalidad es que los insumos se encuentran en las cantidades correctas para la elaboración del producto.

3.3.2.1.3 Mezclado

El mezclado se lo realiza en un recipiente de acero inoxidable, donde se mezcla el azúcar, leche en polvo, agua y el cereal (sea el salvado de trigo o las hojuelas de avena) pre-cocido hasta que quede bien mezclado.

3.3.2.1.4 Pasteurizado

En el proceso de pasteurización se trabaja en las siguientes condiciones: 85 °C y por un tiempo de 30 minutos, donde se acomoda el recipiente de acero inoxidable en el autoclave. El fin de la pasteurización es el de destruir cualquier microorganismo patógeno presente en la mezcla.

3.3.2.1.5 Enfriado

Después de que transcurra los 30 minutos en la pasteurización, se procede al enfriamiento de la mezcla, el mismo consiste en colocar el recipiente de acero que contiene la mezcla pasteurizada en agua fría. Tiene que llegar tanto la mezcla como el

agua a un equilibrio de temperatura de 43°C. Esta temperatura es adecuada para el desarrollo de las bacterias lácticas.

3.3.2.1.6 Inoculado

En este proceso se añade el cultivo preparado a la mezcla de leche. El cultivo preparado consiste en la mezcla del cultivo liofilizado con la leche reconstituida, se mezcla este cultivo con la leche hasta que se disuelva. Esto se realiza con el fin de que los microorganismos puedan adaptarse y distribuirse homogéneamente por toda la leche. Esto se puede ver a detalle en el ANEXO B.

3.3.2.1.7 Fermentado

Una vez añadido el cultivo preparado, se procede a dejar reposar por aproximadamente unas 3 horas a una temperatura constante de 43°C. En este periodo se realiza la fermentación, hasta que el yogur alcance una acidez de 0.58 a 0.6 de ácido láctico y de 58 a 60 en grados dornic. Al finalizar este proceso la mezcla obtendrá un aspecto gelatinoso y poseerá un aroma típico a yogur.

3.3.2.1.8 Enfriamiento

Una vez terminado el proceso de fermentación se procede al enfriado, hasta una temperatura de 20°C, posteriormente se coloca a la cámara de frío (3°C), por un tiempo aproximado de 12 a 16 horas, para frenar completamente la actividad de las bacterias y enzimas de modo que se corta completamente la fermentación.

3.3.2.1.9 Adición de conservante

Pasado este lapso de tiempo, se procede a sacar el recipiente de la cámara de frío para poder añadir el conservante, que se realiza de la siguiente manera:

Se añade 2.5 ml de conservante preparado por un litro de yogur y posteriormente se agita muy bien, hasta que la mezcla sea homogénea.

3.3.2.1.10 Envasado

Para el envasado se requiere de una desinfección previa de los vasitos, posteriormente se llena los vasitos con 160 ml de yogur y a continuación se lleva a una máquina donde realiza el sellado automático, finalizando este proceso.

3.3.2.1.11 Almacenado

El proceso de almacenamiento consiste en llevar los vasitos a refrigerar a una temperatura de 6 a 7°C, el fin de este proceso es conservar el producto por al menos 20 días.

3.4 Métodos o técnicas empleadas para la obtención de resultados

Los métodos empleados para la realización del presente trabajo son:

3.4.1 Normas y métodos para determinar el análisis fisicoquímico

En la tabla III- 3, se encuentra las normas y métodos utilizados para determinar las propiedades fisicoquímicas del yogur enriquecido con fibra mediante la adición de salvado de trigo y del yogur enriquecido con fibra mediante la adición de hojuelas de avena.

Tabla III- 3 Normas y métodos para determinar las propiedades fisicoquímicas

Parámetro	Norma	Método	Unidad
Humedad	Cálculo	Cálculo	%
Proteína total	NB 466-81	Volumétrico	%
Grasa	Manual tec. CEANID	Gravimétrico	%
Hidratos de carbono	Cálculo	Cálculo	%
Ceniza	NB 075-74	Gravimétrico	%
Fibra	Manual tec. CEANID	Gravimétrico	%
Sólidos totales	NB33018	Gravimétrico	%
Acidez	NB 229	Volumétrico	%
pH	Potencio métrico	-	-
Sólidos no grasos	Cálculo	Cálculo	%

Fuente: CEANID 2012. Planta industrializadora de leche PIL Tarija. S.A. 2012.

3.4.2 Normas y métodos para los análisis microbiológicos

En la tabla III- 4 se muestra las normas y métodos utilizados para la determinación de los análisis microbiológicos del yogur con la adición de salvado de trigo y yogur con la adición de avena en hojuelas.

Tabla III- 4 Normas y métodos para determinar las propiedades microbiológicas

Parámetro	Norma	Método	Unidades
Coliformes totales	NB 32005	Tubos múltiples	NMP/ml
Coliformes fecales	NB 32005	Tubos múltiples	NMP/ml
Mohos y levaduras	NB 32006	Recuento de la placa fluida	ufc/ml
Aerobios	AOAC 986.33	Recuento de la placa fluida	MNP/ml
Estafilococos	AOAC 986.33	Recuento de la placa fluida	MNP/ml

Fuente: CEANID 2012. Planta industrializadora de leche PIL Tarija. S.A. 2012.

Donde:

NMP /ml = número más probable en un mililitro de muestra

ufc /ml = unidad formadora de colonias en un mililitro de muestra

3.5 Análisis sensoriales

Por siglos los sentidos humanos han sido utilizados para evaluar la calidad de los alimentos.

En la industria alimentaria la vista, el olfato, el gusto, el tacto y el oído son elementos importantes para determinar el color, olor, sabor y textura de los alimentos, los cuales son características de calidad. Cuando un alimento es evaluado haciendo uso de los sentidos se realiza una evolución sensorial.

El instrumento de medición en la evaluación sensorial es el ser humano, ya que comparando con un aparato de medición carecen de sensibilidad e interpretación de un alimento. Esta persona que realizan la evaluación sensorial, puede ser entrenada o no.

El objetivo de una evolución sensorial en una industria es el de proveer información válida y confiable, también una evaluación sensorial influye sobre la decisión de un producto.

Las pruebas sensoriales empleadas en la industria de alimentos se dividen en tres grupos:

- **Pruebas discriminativas**

Las pruebas discriminativas consisten en comparar dos o más muestras de un producto alimenticio, en donde el panelista indica si se percibe la diferencia o no, además se utilizan estas pruebas para describir la diferencia y para estimar su tamaño.

- **Pruebas descriptivas**

Estas pruebas permiten conocer las características del producto alimenticio y las exigencias del consumidor. A través de las pruebas descriptivas se realizan los cambios necesarios en las formulaciones hasta que el producto contenga los atributos para que el producto tenga mayor aceptación del consumidor. Las pruebas analíticas

descriptivas se clasifican en: escalas de clasificación por atributos, en pruebas de análisis descriptivo, análisis cuantitativo y libre.

- **Pruebas afectivas**

Las pruebas afectivas, son pruebas en donde el panelista expresa el nivel de agrado, aceptación y preferencia de un producto alimenticio, puede ser frente a otro. Se utilizan escalas de calificación de las muestras.

3.5.1 Evaluación sensorial del producto final

Para evaluar al producto final se realizó un test de evaluación sensorial donde se realizó la prueba descriptiva, se valoró los siguientes parámetros: olor, color, sabor, textura y consistencia.

Para esta evaluación sensorial se necesitó diez jueces, quienes a través de los siguientes parámetros ya mencionados evaluarán las pruebas para obtener el producto final (yogur con la adición de salvado de trigo y yogur con la adición de hojuelas de avena).

3.5.1.1 Evaluación sensorial del yogur con la adición de salvado de trigo

En el gráfico 3-9 nos indica la evaluación de las pruebas (S11; S12; S21; S22) en función de los parámetros organolépticos (olor, color, sabor, textura, consistencia).

Esta evaluación es un promedio de las evaluaciones sensoriales que se hizo a cada juez.

Donde:

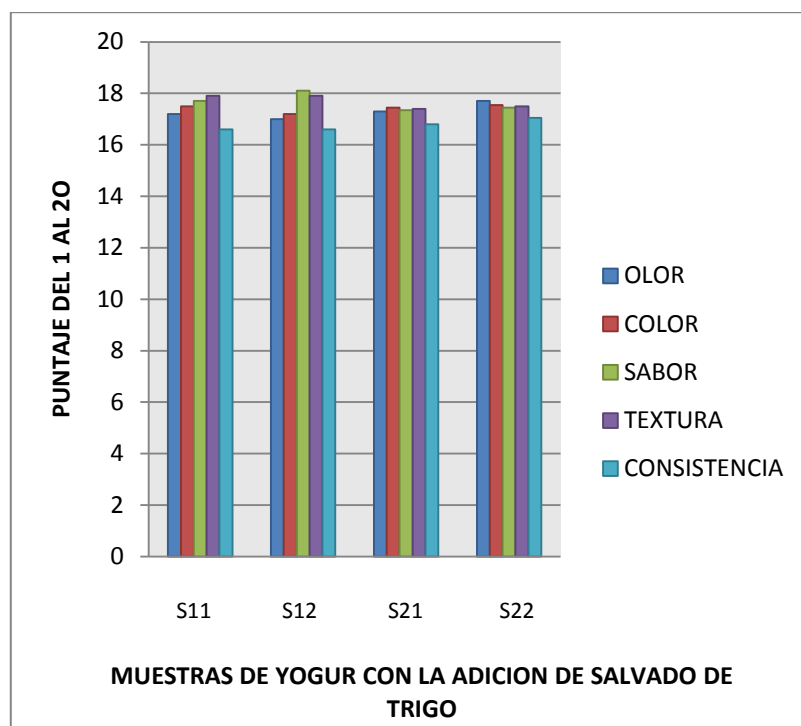
S_{11} = Yogur con una concentración 6g/l y con un tiempo de 5 minutos de pre- cocción

S_{12} = Yogur con una concentración 6g/l y con un tiempo de 10 minutos de pre- cocción

S_{21} = Yogur con una concentración 8g/l y con un tiempo de 5 minutos de pre- cocción

S_{22} = Yogur con una concentración 8g/l y con un tiempo de 10 minutos de pre- cocción

Gráfico 3-9 Evaluación de las muestras en función de los parámetros organolépticos



Fuente: Elaboración propia.

Analizando este gráfico se puede decir que la muestra S₂₂, tiene mayor puntuación en tres parámetros organolépticos (olor, color y consistencia) en comparación a las otras pruebas.

En la siguiente tabla III- 5 se observa los puntajes obtenidos en cada uno de los parámetros organolépticos.

Tabla III- 5 Puntaje obtenido en cada una de las muestras en sus parámetros organolépticos

Parámetros organolépticos	S₁₁	S₁₂	S₂₁	S₂₂
Olor	17,2	17,0	17,3	17,7
Color	17,5	17,2	17,45	17,55
Sabor	17,7	18,1	17,35	17,45
Textura	17,9	17,9	17,4	17,5
Consistencia	16,6	16,6	16,8	17,05

Fuente: Elaboración propia.

3.5.1.2 Evaluación sensorial del yogur con la adición de hojuelas de avena

En el gráfico 3-10 nos indica la evaluación de las pruebas (A_{11} ; A_{12} ; A_{21} ; A_{22}) en función de los parámetros organolépticos (olor, color, sabor, textura, consistencia).

Esta evaluación es un promedio de las evaluaciones sensoriales que se hizo a cada juez.

Donde:

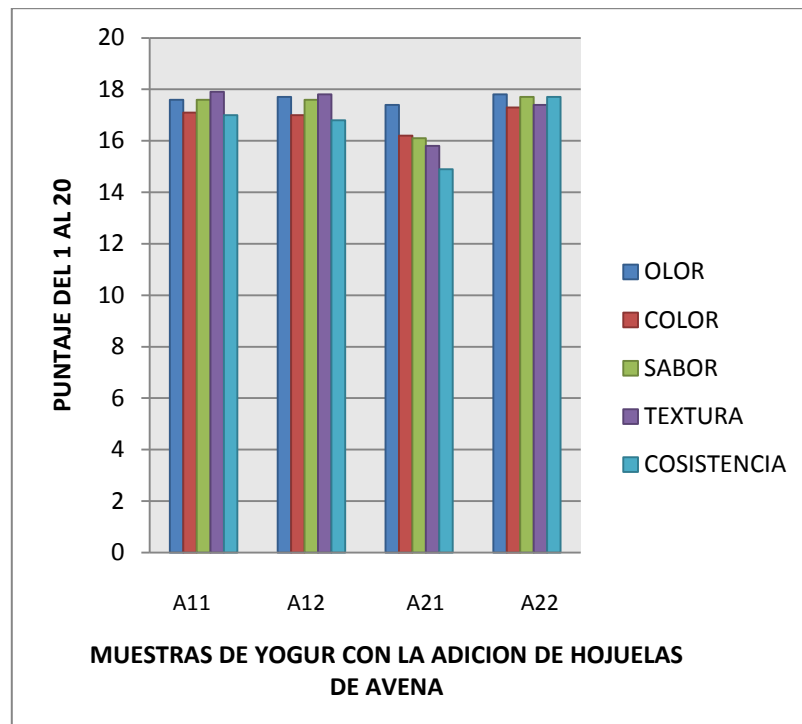
A_{11} = Yogur con una concentración 18g/l y con un tiempo de 5 minutos de pre-cocción

A_{12} = Yogur con una concentración 18g/l y con un tiempo de 10 minutos de pre-cocción

A_{21} = Yogur con una concentración 20g/l y con un tiempo de 5 minutos de pre-cocción

A_{22} = Yogur con una concentración 20g/l y con un tiempo de 10 minutos de pre-cocción

Gráfico 3-10 Evaluación de las muestra en función de los parámetros organolépticos



Fuente: Elaboración propia.

Analizando este gráfico se puede decir que la muestra A₂₂, tiene mayor puntuación en cuatro parámetros organolépticos (olor, color, sabor y consistencia) en comparación a las otras pruebas.

En la siguiente tabla III- 6 se observa los puntajes obtenidos en cada uno de los parámetros organolépticos.

Tabla III- 6 Puntaje obtenido en cada una de las pruebas en sus parámetros organolépticos

Parámetros organolépticos	A₁₁	A₁₂	A₂₁	A₂₂
Olor	17,6	17,7	17,4	17,8
Color	17,1	17	16,2	17,3
Sabor	17,6	17,6	16,1	17,7
Textura	17,9	17,8	15,8	17,4
Consistencia	17,0	16,8	14,9	17,7

Fuente: Elaboración propia.

3.6 Diseño factorial

Los diseños factoriales se usan ampliamente en experimentos que incluyen varios factores cuando es necesario estudiar el efecto conjunto de los mismos sobre la respuesta.

El diseño experimental aplicado al siguiente trabajo, nos permite el estudio de las variables más importantes y significativas. Minimizando el costo durante el proceso, se puede realizar el estudio de varios factores del conjunto.

Para este diseño factorial se requiere un diseño de dos niveles:

$$2^k \quad (3-1)$$

Donde:

k = Número de variables

2 = Número de niveles

3.6.1 Diseño factorial en el proceso de pre-cocción para el salvado de trigo

Para determinar el tiempo de pre-cocción del salvado de trigo, se realizó el siguiente diseño factorial:

$$2^k=2^2=4 \text{ tratamientos} \quad (3-2)$$

Donde:

Concentración (C) = 2 niveles

Tiempo de pre-cocción (t) = 2 niveles

La elección de la variable concentración, se dio ya que podría afectar en los parámetros organolépticos (olor, color, sabor, textura, consistencia) del producto final, sobre todo en la textura.

La elección de la variable, tiempo de pre-cocción, se dio ya que podría afectar en el aumento de acidez, pues el salvado de trigo puede contener microorganismos dañinos, de modo que la pre-cocción en un determinado tiempo eliminaría los microorganismos.

En la tabla III- 7, nos muestra los niveles de variación de los factores en el proceso de pre-cocción para el salvado de trigo.

Tabla III- 7 Variación de los factores en el proceso de pre-cocción del salvado de trigo

factores	Nivel inferior	Nivel superior
Concentración	6 g/l	8 g/l
Tiempo de pre-cocción	5 min	10 min

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente tabla III- 8, se refleja las variables en la etapa de pre-cocción para el salvado de trigo, tomando en cuenta los factores de concentración, tiempo y que son combinados.

Tabla III- 8 Diseño factorial en la etapa de pre-cocción del salvado de trigo

Número de pruebas	Tratamientos	Factores		Interacción De efectos	Respuestas
		C	t		
1	(1)	-	-	+	Y_1
2	a	+	-	-	Y_2
3	b	-	+	-	Y_3
4	ab	+	+	+	Y_4

Fuente: Elaboración propia.

Donde:

Y_i = es la acidez presente en el yogur.

3.6.2 Diseño factorial en el proceso de pre-cocción para las hojuelas de avena

Para determinar el tiempo de pre-cocción de las hojuelas de avena, se realizó el siguiente diseño factorial:

$$2^k=2^2=4 \text{ tratamientos} \quad (3-3)$$

Donde:

Concentración (C) = 2 niveles

Tiempo de pre-cocción (t) = 2 niveles

La elección de la variable concentración, se dio ya que podría afectar en los parámetros organolépticos (olor, color, sabor, textura, consistencia) del producto final, sobre todo en la textura y consistencia.

La elección de la variable, tiempo de pre-cocción, se dio ya que podría afectar en el aumento de acidez, pues que las hojuelas de avena puede contener microorganismos dañinos, de modo que la pre-cocción en un determinado tiempo eliminaría los microorganismos.

En la tabla III- 9, nos muestra los niveles de variación de los factores en el proceso de pre-cocción para la avena en hojuelas.

Tabla III- 9 Variación de los factores en el proceso de pre-cocción de las hojuelas de avena

factores	Nivel inferior	Nivel superior
Concentración	18 g/l	20 g/l
Tiempo de pre-cocción	5 min	10 min

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente tabla III- 10, se refleja las variables en la etapa de pre-cocción para las hojuelas de avena, tomando en cuenta los factores de concentración, tiempo y que son combinados.

Tabla III- 10 Diseño factorial en la etapa de pre-cocción de las hojuelas de avena

Número de pruebas	Tratamientos	Factores		Interacción De efectos	Respuestas
		C	t	C * 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 = es la acidez presente en el yogur.

3.7 Análisis de varianza mediante el uso del programa SPSS

El análisis de varianza se lo realizará con la información de los datos experimentales, en el proceso de pre-cocción, utilizando el paquete estadístico SPSS.

En primer lugar se tomó dos variables diferentes, la cual necesariamente una de las dos variables tiene que ser dependiente de las otras dos variables (independientes).

Como segundo lugar se dio valores diferentes a las variables dependientes.

El programa estadístico SPSS, escoge que variables son dependientes entre las dos variables (independientes), donde el programa estadístico asigna valores máximos (+1) y mínimos (-1).

Para introducir los datos se escoge el modelo ANOVA con diseño factorial simple mostrada en las tablas anteriores a este punto.

La significación de F (constante de Fisher) nos expresa el porcentaje de probabilidad que tendrán los valores de las variables independientes, es decir si el valor de $F = 0,05$ esto significa que el 95% de los valores dados a la variables tendrán la probabilidad de ser verdaderos, para la optimización de las variables que se están analizando en la etapa de la elaboración del producto.

Los valores experimentales de F (constante de Fisher) se compara con los valores de tablas de estadística, de acuerdo a esta comparación se tiene lo siguiente:

$F(\text{calculado}) > F(\text{tablas})$ los parámetros son significativos.

$F(\text{calculado}) < F(\text{tablas})$ los parámetros no son significativos.

3.7.1 Variación de la acidez del yogur con adición de salvado de trigo mediante la etapa de pre-cocción

De acuerdo a la siguiente tabla III-11 se realizó el análisis de varianza de los valores de acidez (en grados dornic) del yogur con la adición de salvado de trigo mediante la etapa de pre-cocción para un diseño factorial de 2^2 .

Tabla III-11 Acidez del yogur con adición de salvado de trigo mediante la etapa de pre-cocción.

Número de pruebas	Tratamientos	Factores		Réplica 1	Réplica 2	Total
		C	t	Acidez		
1	(1)	6	5	92	92	184
2	a	8	5	92	92	184
3	b	6	10	95	94	189
4	ab	8	10	95	95	190

Fuente: elaboración propia.

Donde:

C = concentración

t = tiempo

ANOVA ^b						
Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	15.125	1	15.125	121.000	.000 ^a
	Residual	.750	6	.125		
	Total	15.875	7			

a. Variables predictoras: (Constante), tiempo

b. Variable dependiente: acidez

Como se observa en el cuadro Anova^b esto significa que los datos de acidez, se ajustan al modelo propuesto, con un límite de confianza de 95% según la prueba de Fisher.

Coeficientes ^a						
Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.
		B	Error típ.	Beta		
1	(Constante)	93.375	.125		747.000	.000
	tiempo	1.375	.125	.976	11.000	.000

a. La variable dependiente: acidez

En el cuadro Coeficientes^a las colas de significancia son menores que 0,05 indicando que los valores de los coeficientes en el parámetro de tiempo (t) de pre-cocción es significativo para un nivel de confianza del 95%.

3.7.2 Variación del pH del yogur con adición de salvado de trigo mediante la etapa de pre cocción

De acuerdo a la siguiente tabla III-12 se realizó el análisis de varianza de los valores de pH del yogur con la adición de salvado de trigo mediante la etapa de pre-cocción para un diseño factorial de 2².

Tabla III-12 pH del yogur con adición de salvado de trigo mediante la etapa de pre-cocción.

Numero de pruebas	Tratamientos	Factores		Réplica 1	Réplica 2	Total
		C	t	pH		
1	(1)	6	5	4,57	4,5	9,07
2	a	8	5	4,53	4,5	9,03
3	b	6	10	4,53	4,53	9,06
4	ab	8	10	4,53	4,53	9,06

Fuente: elaboración propia.

Donde:

C = concentración

t = tiempo

ANOVA ^b						
Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	.000	2	.000	.202	.824 ^a
	Residual	.003	5	.001		
	Total	.003	7			

a. Variables predictoras: (Constante), tiempo, concentración

b. Variable dependiente: pH

Como se observa en el cuadro Anova^b esto significa que los datos de pH, no se ajustan al modelo propuesto y no cumple con el límite de confianza del 95% según la prueba de Ficher.

Coeficientes ^a						
Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficiente s tipificados	t	Sig.
		B	Error típ.	Beta		
1	(Constante)	4.528	.009		514.289	.000
	concentración	-.005	.009	-.244	-.568	.595
	tiempo	.003	.009	.122	.284	.788

a. La variable dependiente: pH

En el cuadro Coeficientes^a las colas de significancia son mayores que 0,05 indicando que los valores de los coeficientes en el parámetro de tiempo (t) de pre-cocción, no son significativos para un nivel de confianza del 95%.

3.7.3 Variación de la acidez del yogur con adición de hojuelas de avena mediante la etapa de pre cocción

De acuerdo a la siguiente tabla III-13 se realizó el análisis de varianza de los valores de acidez (en grados dornic) del yogur con la adición de hojuelas de avena mediante la etapa de pre-cocción para un diseño factorial de 2^2 .

Tabla III-13 Acidez del yogur con adición de hojuelas de avena mediante la etapa de pre-cocción.

Número de pruebas	Tratamientos	Factores		Réplica 1	Réplica 2	Total
		C	t	Acidez		
1	(1)	18	5	88	88	176
2	a	20	5	87	87	174
3	b	18	10	87	86	173
4	ab	20	10	93	92	185

Fuente: elaboración propia.

Donde:

C = concentración

t = tiempo

ANOVA ^b						
Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	45.000	3	15.000	60.000	.001 ^a
	Residual	1.000	4	.250		
	Total	46.000	7			

a. Variables predictoras: (Constante), Cavenatavena, tiempo, concentración

b. Variable dependiente: acidez

Como se observa en el cuadro Anova^b esto significa que los datos de acidez, se ajustan al modelo propuesto, con un límite de confianza de 95% según la prueba de Ficher.

Coeficientes ^a						
Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.
		B	Error típ.	Beta		
1	(Constante)	88.500	.177		500.632	.000
	concentración	1.250	.177	.521	7.071	.002
	tiempo	1.000	.177	.417	5.657	.005
	Cavenatavena	1.750	.177	.730	9.899	.001

a. La variable dependiente: acidez

En el cuadro Coeficientes^a las colas de significancia es igual o menor a 0,05 indicando que los valores de los coeficientes en el parámetro de concentración ©, tiempo (t), Cavenatavena (C*t) de pre-cocción, es significativo para un nivel de confianza del 95%.

3.7.4 Variación del pH del yogur con adición de hojuelas de avena mediante la etapa de pre cocción

De acuerdo a la siguiente tabla III-14 se realizó el análisis de varianza de los valores de pH del yogur con la adición de hojuelas de avena mediante la etapa de pre-cocción para un diseño factorial de 2².

Tabla III-14 pH del yogur con adición de hojuelas de avena mediante la etapa de pre-cocción.

Número de pruebas	Tratamientos	Factores		Réplica 1	Réplica 2	Total
		C	t	pH		
1	(1)	18	5	4,53	4,5	9,03
2	a	20	5	4,57	4,53	9,1
3	b	18	10	4,57	4,53	9,14
4	ab	20	10	4,57	4,57	9,14

Fuente: elaboración propia.

Donde:

C = concentración

t = tiempo

ANOVA ^b						
Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	.003	3	.001	2.041	.251 ^a
	Residual	.002	4	.001		
	Total	.005	7			

a. Variables predictoras: (Constante), Cavenatavena, tiempo, concentración

b. Variable dependiente: pH

Como se observa en el cuadro Anova^b esto significa que los datos de pH, no se ajustan al modelo propuesto y no cumple con el límite de confianza del 95% según la prueba de Fisher.

Coeficientes ^a						
Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.
		B	Error típ.	Beta		
1	(Constante)	4.546	.008		568.004	.000
	concentración	.014	.008	.540	1.718	.161
	tiempo	.014	.008	.540	1.718	.161
	Cavenatavena	-.004	.008	-.147	-.469	.664

a. Variable dependiente: pH

En el cuadro Coeficientes^a las colas de significancia es mayor a 0,05 indicando que los valores de los coeficientes en el parámetro de concentración ©, tiempo (t), Cavenatavena (C*t) de pre-cocción, no es significativo para un nivel de confianza del 95%.

3.8 Control de calidad de las muestras de los productos en análisis fisicoquímicos

Para realizar el control de calidad de ambos productos (yogur enriquecido con fibra mediante la adición de salvado de trigo y yogur enriquecido con fibra mediante la adición de hojuelas de avena) como producto final en cuanto a los parámetros fisicoquímicos, se realizó antes los análisis de acidez, pH, fibra en sus muestras de cada un de los productos.

Estos datos nos permiten de cierta manera, ver cual de las muestras en cada producto tiene mejor y características.

3.8.1 Análisis de acidez en las diferentes pruebas del yogur con la adición de salvado de trigo

De acuerdo a la siguiente tabla III-15 se puede ver el resultado de los análisis en cada una de las muestras para el parámetro de acidez. Donde se realizó el control de calidad por 20 días con intervalo de 5 días, para una prueba 1 y prueba 2.

**Tabla III-15 Resultado de acidez para las diferentes muestras en dos pruebas
para el yogur con adición de salvado de trigo.**

Acidez				
Muestras	5 días 16/11/2012	10 días 21/11/2012	15 días 26/11/2012	20 días 01/12/2012
Prueba 1				
S11	91	91	91	92
S12	91	91	92	92
S21	95	94	94	95
S22	94	94	94	95
Prueba 2				
S11	90	91	91	92
S12	91	91	92	92
S21	94	94	94	94
S22	94	94	94	95

Fuente: Datos obtenidos en la PIL.

Donde:

S11, S12, S21, S22, son las muestras con diferentes niveles de salvado de trigo y con diferente tiempo de pre-cocción.

En la tabla nos muestra que a medida que transcurren los días, el yogur se acidifica mas, aumentando su valor.

Los datos de las de acidez de las pruebas anteriores para el yogur con el salvado de trigo se las grafica de la siguiente manera:

3.8.2 Análisis de pH en las diferentes pruebas del yogur con la adición de salvado de trigo

De acuerdo a la siguiente tabla III-16 se puede ver el resultado de los análisis en cada una de las muestras para el parámetro de pH. De igual manera se realizó el control de calidad por 20 días con intervalo de 5 días, para una prueba 1 y prueba 2.

Tabla III-16 Resultado del pH para las diferentes muestras en dos pruebas para el yogur con adición de salvado de trigo.

pH				
Muestras	5 días 16/11/2012	10 días 21/11/2012	15 días 26/11/2012	20 días 01/12/2012
Prueba 1				
S11	4,63	4,6	4,6	4,57
S12	4,6	4,6	4,57	4,53
S21	4,63	4,6	4,6	4,53
S22	4,6	4,6	4,6	4,53
Prueba 2				
S11	4,6	4,6	4,57	4,5
S12	4,6	4,6	4,57	4,5
S21	4,6	4,6	4,57	4,53
S22	4,6	4,6	4,6	4,53

Fuente: Datos obtenidos en la PIL.

Se puede observar que a medida que pasa el tiempo el pH disminuye.

3.8.3 Análisis de fibra en las diferentes pruebas del yogur con la adición de salvado de trigo

Este análisis se realizó mediante el método de digestión ácida en los laboratorios del CEANID.

De acuerdo a la siguiente tabla III-17 se puede ver el resultado de los análisis en cada una de las muestras para el parámetro de fibra en una prueba 1 y prueba 2.

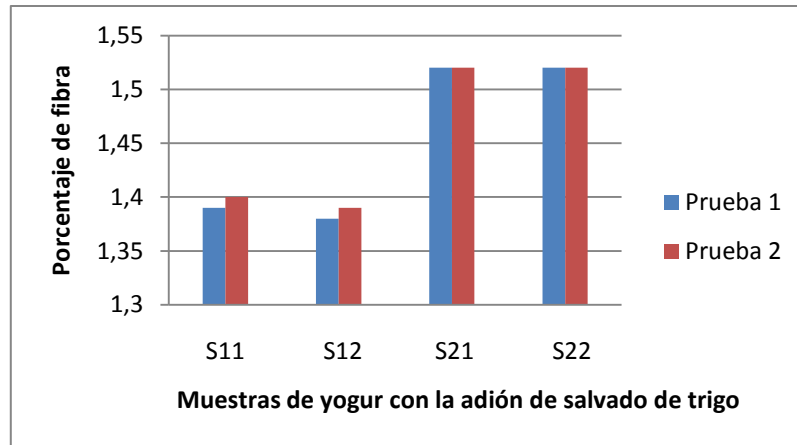
Tabla III-17 Resultado de la fibra para las diferentes muestras en dos pruebas para el yogur con adición de salvado de trigo.

Muestras	Fibra
Prueba 1	
S11	1,39
S12	1,38
S21	1,52
S22	1,52
Prueba 2	
S11	1,40
S12	1,39
S21	1,52
S22	1,52

Fuente: Datos obtenidos en el CEANID.

En el siguiente gráfico 3-11, se verifica los porcentajes de fibra en las muestras de la prueba 1 y prueba 2, presentes en los diferentes yogures con salvado de trigo.

Gráfico 3-11 Porcentaje de fibra en las muestras en la prueba 1 y la prueba 2



Fuente: Elaboración propia.

3.8.4 Análisis de acidez en las diferentes pruebas del yogur con la adición de hojuelas de avena

De acuerdo a la siguiente tabla III-18 se puede ver el resultado de los análisis en cada una de las muestras para el parámetro de acidez. Donde se realizó el control de calidad por 20 días con intervalo de 5 días, para una prueba 1 y prueba 2.

Tabla III-18 Resultado de acidez para las diferentes muestras en dos pruebas para el yogur con adición de hojuelas de avena.

Acidez				
Muestras	5 días 16/11/2012	10 días 21/11/2012	15 días 26/11/2012	20 días 01/12/2012
Prueba 1				
A11	87	87	88	88
A12	86	86	86	87
A21	86	85	86	87
A22	92	92	92	93
Prueba 2				
A11	87	87	87	88
A12	86	86	87	87
A21	85	85	85	86
A22	92	92	92	92

Fuente: Datos obtenidos en la PIL.

Donde:

A11, A12, A21, A22, son las muestras con diferentes niveles de hojuelas de avena y con diferente tiempo de pre-cocción.

3.8.5 Análisis de pH en las diferentes pruebas del yogur con la adición de hojuelas de avena

En la siguiente tabla III-19 se puede ver el resultado de los análisis en cada una de las muestras para el parámetro de pH. De igual manera se realizó el control de calidad por 20 días con intervalo de 5 días, para una prueba 1 y prueba 2.

Tabla III-19 Resultado del pH para las diferentes muestras en dos pruebas para el yogur con adición de hojuelas de avena.

pH				
Muestras	5días 16/11/2012	10 días 21/11/2012	15 días 26/11/2012	20 días 01/12/2012
Prueba 1				
A11	4,6	4,6	4,57	4,53
A12	4,6	4,67	4,6	4,57
A21	4,63	4,6	4,6	4,57
A22	4,6	4,6	4,6	4,57
Prueba 2				
A11	4,63	4,6	4,6	4,5
A12	4,63	4,6	4,6	4,53
A21	4,6	4,6	4,57	4,53
A22	4,6	4,6	4,6	4,57

Fuente: Datos obtenidos en la PIL.

3.8.6 Análisis de fibra en las diferentes pruebas del yogur con la adición de hojuelas de avena

Este análisis se realizó mediante el método de digestión acida en los laboratorios del CEANID.

De acuerdo a la siguiente tabla III-20 se puede ver el resultado de los análisis en cada una de las muestras para el parámetro de fibra en una prueba 1 y prueba 2.

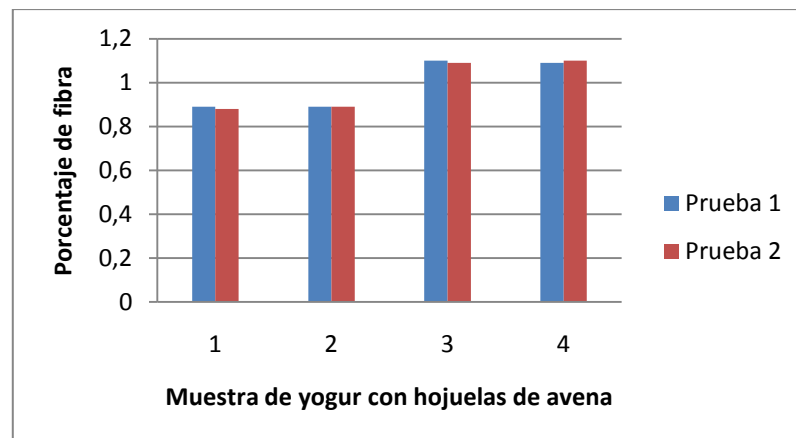
Tabla III-20 Resultado de la fibra para las diferentes muestras en dos pruebas para el yogur con adición de hojuelas de avena.

Muestras	Fibra
Prueba 1	
A11	0,89
A12	0,89
A21	1,1
A22	1,09
Prueba 2	
A11	0,88
A12	0,89
A21	1,09
A22	1,1

Fuente: Datos obtenidos en el CEANID.

En el siguiente gráfico 3-12 se verifica los porcentajes de fibra en las muestras de la prueba 1 y prueba 2, presentes en los diferentes yogures con salvado de trigo.

Gráfico 3-12 Porcentaje de fibra en las muestras en la prueba 1 y la prueba 2



Fuente: Elaboración propia.

3.9 Control de calidad del yogur con adición de salvado de trigo y el yogur con adición de hojuelas de avena como productos finales en análisis fisicoquímicos

De acuerdo a los análisis organolépticos y también fisicoquímicos, se optó por la muestra S22 representando al yogur con salvado de trigo y la A22 representando al yogur con hojuelas de avena.

Para estos dos productos se realizó análisis de los siguientes parámetros: humedad, proteína, grasa, hidratos de carbono, ceniza, fibra y valor energético.

En la tabla III-21 nos muestra los parámetros fisicoquímicos analizados del yogur con adición de salvado de trigo como producto final, también nos muestra sus unidades y resultados.

Tabla III-21 Resultados de los parámetros fisicoquímicos del yogur con adición de salvado de trigo, como producto final

Parámetros	Unidad	Resultados
Humedad	%	77,93
Proteína	%	2,70
Grasa	%	2,39
Hidratos de carbono	%	14,67
Ceniza	%	0,77
Fibra	%	1,54
Valor energético	Kcal/100 g	90,99

Fuente: CEANID 2013.

En la siguiente tabla III-22 nos muestra los parámetros fisicoquímicos analizados del yogur con adición de hojuelas de avena como producto final, también nos muestra sus unidades y resultados.

Tabla III-22 Resultados de los parámetros fisicoquímicos del yogur con adición de hojuelas de avena, como producto final

Parámetros	Unidad	Resultados
Humedad	%	77,19
Proteína	%	2,82
Grasa	%	2,64
Hidratos de carbono	%	15,55
Ceniza	%	0,72
Fibra	%	1,08
Valor energético	Kcal/100 g	97,24

Fuente: CEANID 2013.

3.10 Control de calidad de las muestras de los productos en análisis microbiológicos

El análisis microbiológico también se lo realizó para todas las muestras en ambos productos.

Para cada muestra se determinó la actividad microbiológica de los siguientes microorganismos: Coliformes totales (EC), aerobios (AC), Staphylococcus (STX), mohos y levaduras (YM).

Para cada una de las muestras se realizó una disolución de 1:10 y 1:100 como muestras para análisis microbiológicos.

En la siguiente tabla III-23 se encuentra los resultados del análisis microbiológico para las muestras del yogur con adición de salvado de trigo para una disolución 1:10 y 1:100.

**Tabla III-23 Resultado de análisis microbiológicos de las muestras del yogur
con adición de salvado de trigo para una disolución 1:10 y 1:100**

Muestras	Disolución	EC	AC	STX	YM
S11	1:10	0	0	10	0
S12		0	0	10	0
S21		0	0	0	0
S22		0	0	0	0
S11	1:100	0	0	0	0
S12		0	0	0	0
S21		0	0	0	0
S22		0	0	100	0

Fuente: Datos obtenidos en la PIL (2012).

En la siguiente tabla III-24 se encuentra los resultados del análisis microbiológico para las muestras del yogur con adición de hojuelas de avena para una disolución 1:10 y 1:100.

**Tabla III-24 Resultado de análisis microbiológicos de las muestras del yogur
con adición de hojuelas de avena para una disolución 1:10 y 1:100**

Muestras	Disolución	EC	AC	STX	YM
A11	1:10	0	0	0	0
A12		0	0	10	0
A21		0	0	10	0
A22		0	0	0	0
A11	1:100	0	0	100	0
A12		0	0	0	0
A21		0	100	0	0
A22		0	0	0	0

Fuente: Datos obtenidos en la PIL (2012).

3.11 Control de calidad del yogur con adición de salvado de trigo y el yogur con adición de hojuelas de avena como productos finales en análisis microbiológicos

Se realizó el análisis microbiológico de las muestras S22 representando al yogur con salvado de trigo y la A22 representando al yogur con hojuelas de avena.

Para cada muestra se determinó la actividad microbiológica de los siguientes microorganismos: coliformes totales, coliformes fecales, mohos y levaduras.

El la tabla III-25 nos muestra el análisis microbiológico del yogur con adición de salvado de trigo como producto final de los microorganismos ya mencionados.

Tabla III-25 Análisis microbiológico del yogur con adición de salvado de trigo como producto final

Parámetro	Unidad	Resultado
Coliformes totales	NMP/ ml	< 3
Coliformes fecales	NMP/ ml	< 3
Mohos y levaduras	ufc/ ml	$1,0 \times 10^1$

Fuente: CEANID 2013.

El la tabla III-26 nos muestra el análisis microbiológico del yogur con adición de hojuelas de avena como producto final de los microorganismos ya mencionados.

Tabla III-26 Análisis microbiológico del yogur con adición de hojuelas de avena como producto final

Parámetro	Unidad	Resultado
Coliformes totales	NMP/ ml	< 3
Coliformes fecales	NMP/ ml	< 3
Mohos y levaduras	ufc/ ml	$1,0 \times 10^1$

Fuente: CEANID 2013.

CAPÍTULO IV
BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA

4.1 Balance de materia en el proceso de la elaboración del yogur con fibra mediante la adición de salvado de trigo

Los balances de materia realizados son los siguientes:

Primera etapa

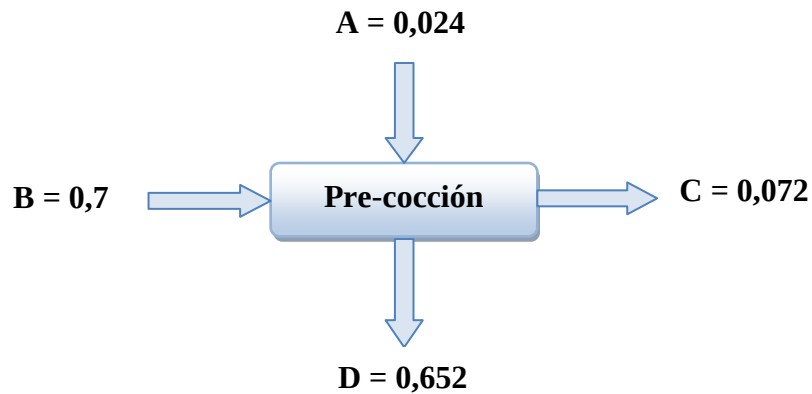
- Pre-cocción

Segunda etapa

- Pasteurizado
- Inoculado
- Adición de conservante

4.1.1 Balance de materia en la etapa de pre-cocción del salvado de trigo

Diagrama 4-1 Balance de materia en la etapa de pre-cocción del salvado de trigo



Donde:

A = Salvado de trigo (kg)

B = Agua (kg)

C = Vapor de agua (kg)

D = mezcla de salvado de trigo y agua (kg)

Balance global en la etapa de pre-cocción

$$A + B = C + D$$

(4-1)

Balance parcial de la materia agua

$$A^* x_{A1} + B^* x_{B1} = C^* x_{C1} + D^* x_{D1} \quad (4-2)$$

Balance parcial de la materia proteína

$$A^* x_{A2} = D^* x_{D2} \quad (4-3)$$

Balance parcial de la materia grasa

$$A^* x_{A3} = D^* x_{D3} \quad (4-4)$$

Balance parcial de la materia hidratos de carbono

$$A^* x_{A4} = D^* x_{D4} \quad (4-5)$$

Balance parcial de la materia ceniza

$$A^* x_{A5} = D^* x_{D5} \quad (4-6)$$

Despejando C de la ecuación (4-1)

$$A + B = C + D$$

$$C = A + B - D = 0,024 + 0,7 - 0,652$$

$$C = 0,072 \text{ kg de vapor de agua}$$

Despejando x_{D1} de la ecuación (4-2)

$$A^* x_{A1} + B^* x_{B1} = C^* x_{C1} + D^* x_{D1}$$

$$x_{D1} = (A^* x_{A1} + B^* x_{B1} - C^* x_{C1}) / D$$

$$x_{D1} = 0,024 * 0,1198 + 0,7 * 1 - 0,072 * 1 / 0,652$$

$$x_{D1} = 0,97 \text{ fracción de agua a la salida de la pre-cocción}$$

Despejando x_{D2} de la ecuación (4-3)

$$A^* x_{A2} = D^* x_{D2}$$

$$x_{D2} = A^* x_{A2} / D$$

$$x_{D2} = 0,024 * 0,1305 / 0,652$$

$x_{D2} = 4,8 \times 10^{-3}$ fracción de proteína a la salida de la pre-cocción

Despejando x_{D3} de la ecuación (4-4)

$$A^* x_{A3} = D^* x_{D3}$$

$$x_{D3} = A^* x_{A3} / D$$

$$x_{D3} = 0,024 * 0,0316 / 0,652$$

$x_{D3} = 1,16 \times 10^{-3}$ fracción de grasa a la salida de la pre-cocción

Despejando x_{D4} de la ecuación (4-5)

$$A^* x_{A4} = D^* x_{D4}$$

$$x_{D4} = A^* x_{A4} / D$$

$$x_{D4} = 0,024 * 0,678 / 0,652$$

$x_{D4} = 0,025$ fracción de hidratos de carbono a la salida de la pre-cocción

Despejando x_{D5} de la ecuación (4-6)

$$A^* x_{A5} = D^* x_{D5}$$

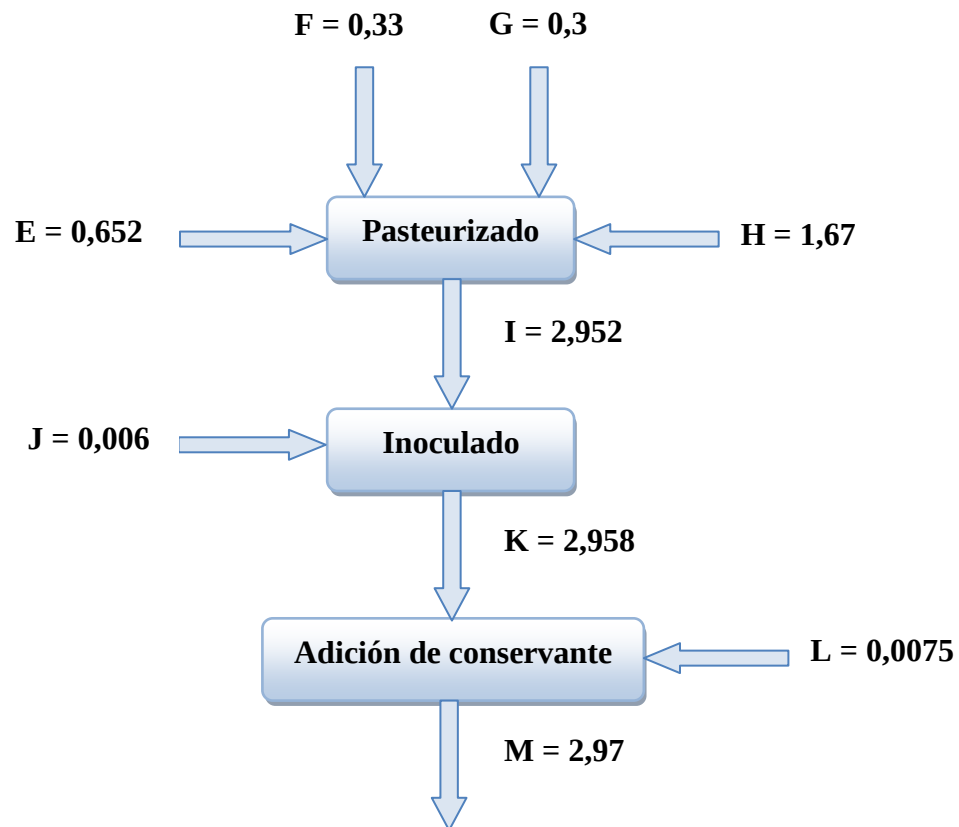
$$x_{D5} = A^* x_{A5} / D$$

$$x_{D5} = 0,024 * 0,0401 / 0,652$$

$x_{D5} = 1,48 \times 10^{-3}$ fracción de ceniza a la salida de la pre-cocción

4.1.2 Balance de materia en la etapa de la preparación del yogur con adición de salvado de trigo

Diagrama 4-2 Balance de materia en la etapa de la preparación del yogur con la adición de salvado de trigo



Donde:

E = Salvado de trigo pre-cocido (kg)

F = Azúcar (kg)

G = Leche entera en polvo (kg)

H = Agua (kg)

I = mezcla después del pasteurizado (kg)

J = Cultivo preparado (kg)

K = mezcla después del inoculado (kg)

L = Conservante (kg)

M = yogur (kg)

Balance global en la pasteurización

$$E + F + G + H = I \quad (4-7)$$

Balance parcial de la materia agua

$$E^* x_{E1} + F^* x_{F1} + G^* x_{G1} + H^* x_{H1} = I^* x_{I1} \quad (4-8)$$

Balance parcial de la materia proteína

$$E^* x_{E2} + G^* x_{G2} = I^* x_{I2} \quad (4-9)$$

Balance parcial de la materia grasa

$$E^* x_{E3} + G^* x_{G3} = I^* x_{I3} \quad (4-10)$$

Balance parcial de la materia hidratos de carbono

$$E^* x_{E4} + F^* x_{F4} + G^* x_{G4} = I^* x_{I4} \quad (4-11)$$

Balance parcial de la materia ceniza

$$E^* x_{E5} + F^* x_{F5} + G^* x_{G5} = I^* x_{I5} \quad (4-12)$$

Balance global en el inoculado

$$I + J = K \quad (4-13)$$

Balance global en la adición de conservante

$$K + L = M \quad (4-14)$$

Despejando I de la ecuación (4-7)

$$E + F + G + H = I$$

$$I = E + F + G + H$$

$$I = 0,652 + 0,33 + 0,3 + 1,67$$

I = 2,952 kg mezcla después del pasteurizado

Despejando x_{I1} de la ecuación (4-8)

$$E^* x_{E1} + F^* x_{F1} + G^* x_{G1} + H^* x_{H1} = I^* x_{I1}$$

$$x_{I1} = E^* x_{E1} + F^* x_{F1} + G^* x_{G1} + H^* x_{H1} / I$$

$$x_{I1} = 0,652 * 0,97 + 0,33 * 6,9 \times 10^{-4} + 0,3 * 0,0341 + 1,67 * 1 / 2,952$$

$x_{I1} = 0,78$ fracción de agua a la salida de la pasteurización

Despejando x_{I2} de la ecuación (4-9)

$$E^* x_{E2} + G^* x_{G2} = I^* x_{I2}$$

$$x_{I2} = E^* x_{E2} + G^* x_{G2} / I$$

$$x_{I2} = 0,652 * 4,8 \times 10^{-3} + 0,3 * 0,2582 / 2,952$$

$x_{I2} = 0,027$ fracción de proteína a la salida de la pasteurización

Despejando x_{I3} de la ecuación (4-10)

$$E^* x_{E3} + G^* x_{G3} = I^* x_{I3}$$

$$x_{I3} = E^* x_{E3} + G^* x_{G3} / I$$

$$x_{I3} = 0,652 * 1,16 \times 10^{-3} + 0,3 * 0,2561 / 2,952$$

$x_{I3} = 0,026$ fracción de grasa a la salida de la pasteurización

Despejando x_{I4} de la ecuación (4-11)

$$E^* x_{E4} + F^* x_{F4} + G^* x_{G4} = I^* x_{I4}$$

$$x_{I4} = E^* x_{E4} + F^* x_{F4} + G^* x_{G4} / I$$

$$x_{I4} = 0,652 * 0,025 + 0,33 * 0,998 + 0,3 * 0,3804 / 2,952$$

$x_{I4} = 0,16$ fracción de hidratos de carbono a la salida de la pasteurización

Despejando x_{I5} de la ecuación (4-12)

$$E^* x_{E5} + F^* x_{F5} + G^* x_{G5} = I^* x_{I5}$$

$$x_{I5} = E * x_{E5} + F * x_{F5} + G * x_{G5} / I$$

$$x_{I5} = 0,652 * 1,48 \times 10^{-3} + 0,33 * 3,1 \times 10^{-4} + 0,3 * 0.0601 / 2,952$$

$$x_{I5} = 6,47 \times 10^{-3} \text{ fracción de ceniza a la salida de la pasteurización}$$

Despejando K de la ecuación (4-13)

$$I + J = K$$

$$K = I + J$$

$$K = 2,952 + 0,006$$

K = 2,958 kg mezcla después del inoculado

Despejando M de la ecuación (4-14)

$$K + L = M$$

$$M = K + L$$

$$M = 2,958 + 0,0075$$

$$M = 2,97 \text{ kg Yogur}$$

Yogur total obtenido es de 2,97 kg, pero las pérdidas (residuos en las paredes, espátula, otros) es del 5% aproximadamente.

$$\% \text{ perdidas} = 2,97 * 0,05$$

$$\% \text{ perdidas} = 0,1485$$

$$\text{Yogur total obtenido} = 2,97 - (\% \text{ pérdidas})$$

$$\text{Yogur total obtenido} = 2,97 - 0,1485$$

$$\text{Yogur total obtenido} = 2,82 \text{ kg}$$

4.2 Balance de materia en el proceso de la elaboración del yogur con fibra mediante la adición de hojuelas de avena

Los balances de materia realizados son los siguientes:

Primera etapa

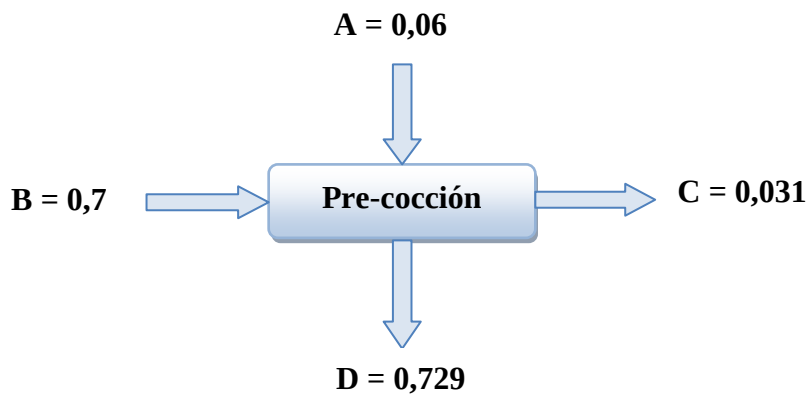
- Pre-cocción

Segunda etapa

- Pasteurizado
- Inoculado
- Adición de conservante

4.2.1 Balance de materia en la etapa de pre-cocción de las hojuelas de avena

Diagrama 4-3 Balance de materia en la etapa de pre-cocción de las hojuelas de avena



Donde:

A = Hojuelas de avena (kg)

B = Agua (kg)

C = Vapor de agua (kg)

D = mezcla de hojuelas de avena y agua (kg)

Balance global en la etapa de pre-cocción

$$A + B = C + D \quad (4-15)$$

Balance parcial de la materia agua

$$A \cdot x_{A1} + B \cdot x_{B1} = C \cdot x_{C1} + D \cdot x_{D1} \quad (4-16)$$

Balance parcial de la materia proteína

$$A^* x_{A2} = D^* x_{D2} \quad (4-17)$$

Balance parcial de la materia grasa

$$A^* x_{A3} = D^* x_{D3} \quad (4-18)$$

Balance parcial de la materia hidratos de carbono

$$A^* x_{A4} = D^* x_{D4} \quad (4-19)$$

Balance parcial de la materia ceniza

$$A^* x_{A5} = D^* x_{D5} \quad (4-20)$$

Despejando C de la ecuación (4-15)

$$A + B = C + D$$

$$C = A + B - D = 0,06 + 0,7 - 0,729$$

$$C = 0,031 \text{ kg de vapor de agua}$$

Despejando x_{D1} de la ecuación (4-16)

$$A^* x_{A1} + B^* x_{B1} = C^* x_{C1} + D^* x_{D1}$$

$$x_{D1} = (A^* x_{A1} + B^* x_{B1} - C^* x_{C1}) / D$$

$$x_{D1} = 0,06 * 0,0589 + 0,7 * 1 - 0,031 * 1 / 0,729$$

$$x_{D1} = 0,92 \text{ fracción de agua a la salida de la pre-cocción}$$

Despejando x_{D2} de la ecuación (4-17)

$$A^* x_{A2} = D^* x_{D2}$$

$$x_{D2} = A^* x_{A2} / D$$

$$x_{D2} = 0,06 * 0,1343 / 0,729$$

$$x_{D2} = 0,011 \text{ fracción de proteína a la salida de la pre-cocción}$$

Despejando x_{D3} de la ecuación (4-18)

$$A^* x_{A3} = D^* x_{D3}$$

$$x_{D3} = A^* x_{A3} / D$$

$$x_{D3} = 0,06 * 0,0454 / 0,729$$

$$x_{D3} = 3,74 \times 10^{-3} \text{ fracción de grasa a la salida de la pre-cocción}$$

Despejando x_{D4} de la ecuación (4-19)

$$A^* x_{A4} = D^* x_{D4}$$

$$x_{D4} = A^* x_{A4} / D$$

$$x_{D4} = 0,06 * 0,7473 / 0,729$$

$$x_{D4} = 0,062 \text{ fracción de hidratos de carbono a la salida de la pre-cocción}$$

Despejando x_{D5} de la ecuación (4-20)

$$A^* x_{A5} = D^* x_{D5}$$

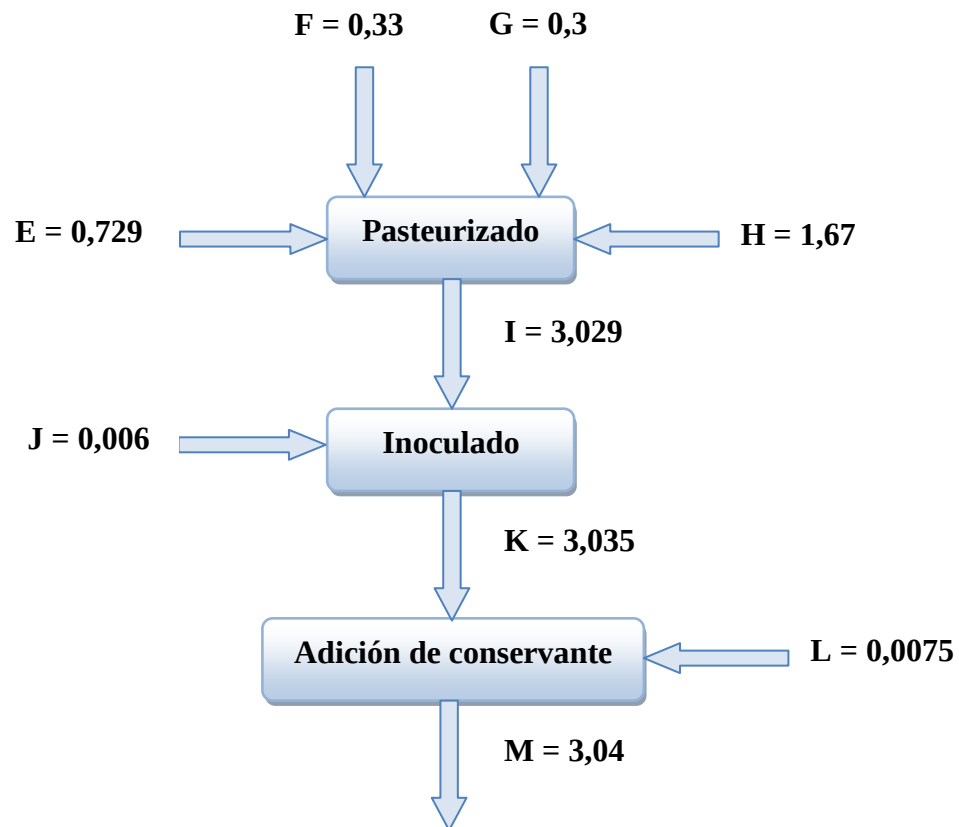
$$x_{D5} = A^* x_{A5} / D$$

$$x_{D5} = 0,06 * 0,0141 / 0,729$$

$$x_{D5} = 1,16 \times 10^{-3} \text{ fracción de ceniza a la salida de la pre-cocción}$$

4.2.2 Balance de materia en la etapa de la preparación del yogur con adición de hojuelas de avena

Diagrama 4-4 Balance de materia en la etapa de la preparación del yogur con la adición de hojuelas de avena



Donde:

E = Hojuelas de avena pre-cocida (kg)

F = Azúcar (kg)

G = Leche entera en polvo (kg)

H = Agua (kg)

I = mezcla después del pasteurizado (kg)

J = Cultivo preparado (kg)

K = mezcla después del inoculado (kg)

L = Conservante (kg)

M = yogur (kg)

Balance global en la pasteurización

$$E + F + G + H = I \quad (4-21)$$

Balance parcial de la materia agua

$$E^* x_{E1} + F^* x_{F1} + G^* x_{G1} + H^* x_{H1} = I^* x_{I1} \quad (4-22)$$

Balance parcial de la materia proteína

$$E^* x_{E2} + G^* x_{G2} = I^* x_{I2} \quad (4-23)$$

Balance parcial de la materia grasa

$$E^* x_{E3} + G^* x_{G3} = I^* x_{I3} \quad (4-24)$$

Balance parcial de la materia hidratos de carbono

$$E^* x_{E4} + F^* x_{F4} + G^* x_{G4} = I^* x_{I4} \quad (4-25)$$

Balance parcial de la materia ceniza

$$E^* x_{E5} + F^* x_{F5} + G^* x_{G5} = I^* x_{I5} \quad (4-26)$$

Balance global en el inoculado

$$I + J = K \quad (4-27)$$

Balance global en la adición de conservante

$$K + L = M \quad (4-28)$$

Despejando I de la ecuación (4-21)

$$E + F + G + H = I$$

$$I = E + F + G + H$$

$$I = 0,729 + 0,33 + 0,3 + 1,67$$

$I = 3,029$ kg mezcla después del pasteurizado

Despejando x_{I1} de la ecuación (4-22)

$$E^* x_{E1} + F^* x_{F1} + G^* x_{G1} + H^* x_{H1} = I^* x_{I1}$$

$$x_{I1} = E^* x_{E1} + F^* x_{F1} + G^* x_{G1} + H^* x_{H1} / I$$

$$x_{I1} = 0,729 * 0,92 + 0,33 * 6,9 \times 10^{-4} + 0,3 * 0,0341 + 1,67 * 1 / 3,029$$

$x_{I1} = 0,78$ fracción de agua a la salida de la pasteurización

Despejando x_{I2} de la ecuación (4-23)

$$E^* x_{E2} + G^* x_{G2} = I^* x_{I2}$$

$$x_{I2} = E^* x_{E2} + G^* x_{G2} / I$$

$$x_{I2} = 0,729 * 0,011 + 0,3 * 0,2582 / 3,029$$

$x_{I2} = 0,028$ fracción de proteína a la salida de la pasteurización

Despejando x_{I3} de la ecuación (4-24)

$$E^* x_{E3} + G^* x_{G3} = I^* x_{I3}$$

$$x_{I3} = E^* x_{E3} + G^* x_{G3} / I$$

$$x_{I3} = 0,729 * 3,74 \times 10^{-3} + 0,3 * 0,2561 / 3,029$$

$x_{I3} = 0,026$ fracción de grasa a la salida de la pasteurización

Despejando x_{I4} de la ecuación (4-25)

$$E^* x_{E4} + F^* x_{F4} + G^* x_{G4} = I^* x_{I4}$$

$$x_{I4} = E^* x_{E4} + F^* x_{F4} + G^* x_{G4} / I$$

$$x_{I4} = 0,729 * 0,062 + 0,33 * 0,998 + 0,3 * 0,3804 / 3,029$$

$x_{I4} = 0,16$ fracción de hidratos de carbono a la salida de la pasteurización

Despejando x_{I5} de la ecuación (4-26)

$$E^* x_{E5} + F^* x_{F5} + G^* x_{G5} = I^* x_{I5}$$

$$x_{I5} = E * x_{E5} + F * x_{F5} + G * x_{G5} / I$$

$$x_{I5} = 0,729 * 1,16 \times 10^{-3} + 0,33 * 3,1 \times 10^{-4} + 0,3 * 0.0601 / 3,029$$

$$x_{I5} = 6,27 \times 10^{-3} \text{ fracción de ceniza a la salida de la pasteurización}$$

Despejando K de la ecuación (4-27)

$$I + J = K$$

$$K = I + J$$

$$K = 3,029 + 0,006$$

K = 3,035 kg mezcla después del inoculado

Despejando M de la ecuación (4-28)

$$K + L = M$$

$$M = K + L$$

$$M = 3,035 + 0,0075$$

$$M = 3,04 \text{ kg Yogur}$$

Yogur total obtenido es de 3,04 kg, pero las pérdidas (residuos en las paredes, espátula, otros) es del 5% aproximadamente.

$$\% \text{ perdidas} = 3,04 * 0,05$$

$$\% \text{ perdidas} = 0,152$$

$$\text{Yogur total obtenido} = 3,04 - (\% \text{ pérdidas})$$

$$\text{Yogur total obtenido} = 3,04 - 0,152$$

$$\text{Yogur total obtenido} = 2,89 \text{ kg}$$

4.3 Balance de energía en el proceso de la elaboración del yogur con fibra mediante la adición de salvado de trigo

Los balances de energía realizados son los siguientes:

Primera etapa

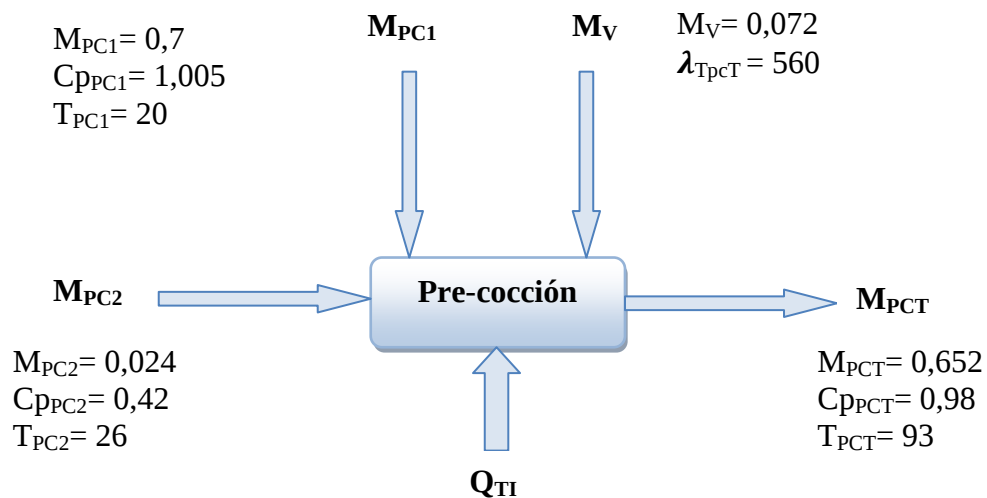
- Pre-cocción

Segunda etapa

- Pasteurizado

4.3.1 Balance de energía en la etapa de pre-cocción del salvado de trigo

Diagrama 4-5 Balance de energía en la etapa de pre-cocción del salvado de trigo



Donde:

M_{PC1} = Agua (kg)

M_{PC2} = Salvado de trigo (kg)

M_{PCT} = Mezcla pre-cocida (kg)

M_V = Vapor de agua (kg)

C_{pPC1} = Calor específico del agua (Kcal / kg * °C)

C_{pPC2} = Calor específico del salvado de trigo (Kcal / kg * °C)

C_{pPCT} = Calor específico del mezcla pre-cocida (Kcal / kg * °C)

T_{PC1} = Temperatura inicial del agua (°C)

T_{PC2} = Temperatura inicial del salvado de trigo ($^{\circ}\text{C}$)

T_{PCT} = Temperatura inicial del mezcla pre-cocida ($^{\circ}\text{C}$)

$\lambda_{T_{PCT}}$ = Calor latente del vapor a $T_{PCT} = 93^{\circ}\text{C}$ (Kcal / kg)

Q_{PC1} = Calor para el agua (Kcal)

Q_{PC2} = Calor para el salvado de trigo (Kcal)

Q_{T1} = Calor total de pre-cocción (Kcal)

Balance de energía global

$$Q_{T1} = Q_{PC1} + Q_{PC2} + M_V * \lambda_{T_{PCT}} \quad (4-29)$$

Balance de energía para el agua

$$Q_{PC1} = M_{PC1} * C_{p_{PC1}} * (T_{PCT} - T_{PC1}) \quad (4-30)$$

Balance de energía para el salvado de trigo

$$Q_{PC2} = M_{PC2} * C_{p_{PC2}} * (T_{PCT} - T_{PC2}) \quad (4-31)$$

Determinación del $\lambda_{T_{PCT}}$ del vapor de agua

Para determinar $\lambda_{T_{PCT}}$ del vapor de agua a la $T = 93^{\circ}\text{C}$, se va a los diagramas de acuerdo a Valiente Banderas en el (apéndice 4.7).

$$\lambda_{T_{PCT}} = 560 \text{ Kcal / kg}$$

Determinación del $C_{p_{PC1}}$ del agua

Para determinar $C_{p_{PC1}}$ del agua a la $T = 20^{\circ}\text{C}$, se va a los diagramas de acuerdo a Valiente Banderas en el (apéndice 4.6).

$$C_{p_{PC1}} = 1,005 \text{ (Kcal / kg * } ^{\circ}\text{C)}$$

Determinación del $C_{p_{PC2}}$ para el salvado de trigo

De acuerdo a Lomas Esteban, se puede determinar C_p para cualquier producto si tiene su composición conocida con la siguiente fórmula.

$$C_p = 1,424 * m_c + 1,549 * m_p + 1,675 * m_f + 0,837 * m_a + 4,187 * m_m \quad (4-32)$$

Donde:

m_c = Fracción de hidratos de carbono

m_p = Fracción de proteínas

m_f = Fracción de grasa

m_a = Fracción de ceniza

m_m = Fracción de humedad

De la ecuación (4-30)

$$Q_{PC1} = M_{PC1} * C_{pPC1} * (T_{PCT} - T_{PC1})$$

$$Q_{PC1} = 0,7 * 1,005 * (93 - 20)$$

$$Q_{PC1} = 51,36 \text{ Kcal}$$

Remplazamos m_c , m_p , m_f , m_a , m_m del salvado de trigo en la ecuación (4-32)

$$C_{pPC2} = 1,424 * 0,678 + 1,549 * 0,1305 + 1,675 * 0,0316 + 0,837 * 0,0401 + 4,187 * 0,1198$$

$$C_{pPC2} = 1,7557 \text{ KJ/ kg * } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Como } 1 \text{ Kcal / kg * } ^\circ\text{C} = 4,1868 \text{ KJ / kg * } ^\circ\text{C}$$

$$C_{pPC2} = 1,7557 / 4,1868$$

$$C_{pPC2} = 0,42 \text{ Kcal / kg * } ^\circ\text{C}$$

Determinación del C_{pPCT} después de la pre-cocción con la ecuación (4-32)

$$C_{pPCT} = 1,424 * m_c + 1,549 * m_p + 1,675 * m_f + 0,837 * m_a + 4,187 * m_m$$

$$C_{pPCT} = 1,424 * 0,025 + 1,549 * 4,8 \times 10^{-3} + 1,675 * 1,16 \times 10^{-3} + 0,837 * 1,48 \times 10^{-3} + 4,187 * 0,97$$

$$C_{pPCT} = 4,0982 \text{ KJ/ kg * } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Como } 1 \text{ Kcal / kg * } ^\circ\text{C} = 4,1868 \text{ KJ / kg * } ^\circ\text{C}$$

$$C_{pPC2} = 4,0982 / 4,1868$$

$$C_{p_{PC2}} = 0,98 \text{ Kcal / kg} \cdot ^\circ\text{C}$$

De la ecuación (4-31)

$$Q_{PC2} = M_{PC2} \cdot C_{p_{PC2}} \cdot (T_{PCT} - T_{PC2})$$

$$Q_{PC2} = 0,024 \cdot 0,42 \cdot (93 - 26)$$

$$Q_{PC2} = 0,68 \text{ Kcal}$$

Remplazando Q_{PC1} , Q_{PC2} , M_V , $\lambda_{T_{PCT}}$ en la ecuación (4-29)

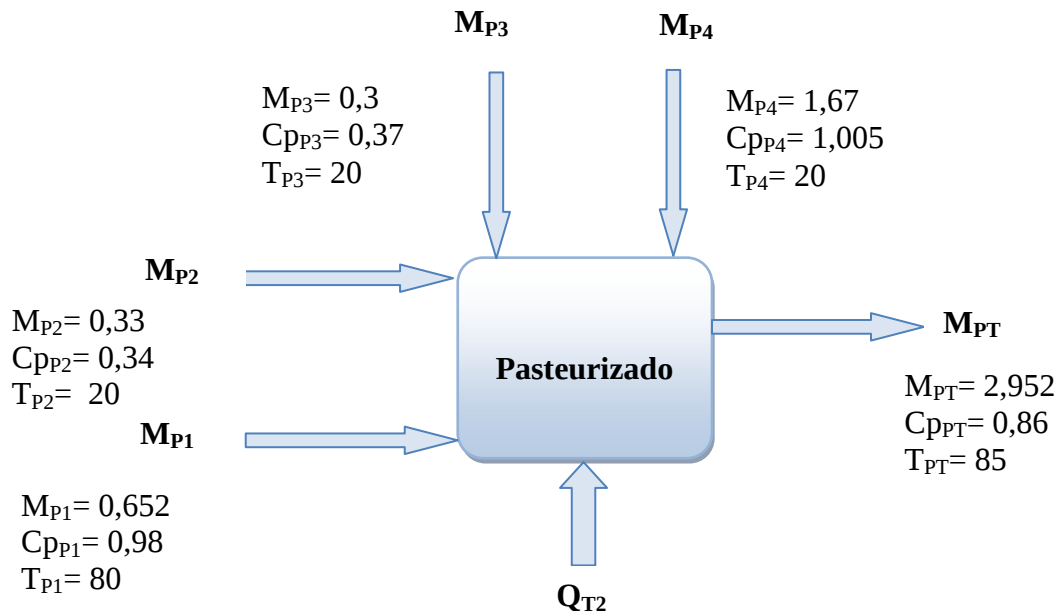
$$Q_{T1} = Q_{PC1} + Q_{PC2} + M_V \cdot \lambda_{T_{PCT}}$$

$$Q_{T1} = 51,36 + 0,68 + 0,072 \cdot 560$$

$$Q_{T1} = 92,36 \text{ Kcal}$$

4.3.2 Balance de energía en la etapa de la preparación del yogur con adición de salvado de trigo

Diagrama 4-6 Balance de energía en la etapa de la preparación del yogur con adición de salvado de trigo



Donde:

M_{p1} = Salvado de trigo pre-cocido (kg)

M_{p2} = Azúcar (kg)

M_{p3} = Leche entera en polvo (kg)

M_{p4} = Agua (kg)

M_{pT} = mezcla después del pasteurizado (kg)

C_{p1} = Calor específico del salvado de trigo pre-cocido (Kcal / kg * °C)

C_{p2} = Calor específico del azúcar (Kcal / kg * °C)

C_{p3} = Calor específico de la leche entera en polvo (Kcal / kg * °C)

C_{p4} = Calor específico del agua (Kcal / kg * °C)

C_{pT} = Calor específico de la mezcla después del pasteurizado (Kcal / kg * °C)

T_{p1} = Temperatura inicial del salvado de trigo pre-cocido (°C)

T_{p2} = Temperatura inicial del azúcar (°C)

T_{p3} = Temperatura inicial de la leche entera en polvo (°C)

T_{p4} = Temperatura inicial del agua (°C)

T_{pT} = Temperatura inicial de la mezcla después del pasteurizado (°C)

Q_{p1} = Calor para el salvado de trigo pre-cocido (Kcal)

Q_{p2} = Calor para el azúcar (Kcal)

Q_{p3} = Calor para la leche entera en polvo (Kcal)

Q_{p4} = Calor para el agua (Kcal)

Q_{T2} = Calor total de la mezcla después del pasteurizado (Kcal)

Balance de energía global

$$Q_{T2} = Q_{p1} + Q_{p2} + Q_{p3} + Q_{p4} \quad (4-33)$$

Balance de energía para el salvado de trigo pre-cocido

$$Q_{p1} = M_{p1} * C_{p_{p1}} * (T_{PT} - T_{p1}) \quad (4-34)$$

Balance de energía para el azúcar

$$Q_{p2} = M_{p2} * C_{p_{p2}} * (T_{PT} - T_{p2}) \quad (4-35)$$

Balance de energía para la leche entera en polvo

$$Q_{p3} = M_{p3} * C_{p_{p3}} * (T_{PT} - T_{p3}) \quad (4-36)$$

Balance de energía para el agua

$$Q_{p4} = M_{p4} * C_{p_{p4}} * (T_{PT} - T_{p4}) \quad (4-37)$$

Determinación de $C_{p_{p2}}$ del azúcar

$$C_{p_{p2}} = 1,424 * m_c + 1,549 * m_p + 1,675 * m_f + 0,837 * m_a + 4,187 * m_m$$

$$C_{p_{p2}} = 1,424 * m_c + 0,837 * m_a + 4,187 * m_m$$

$$C_{p_{p2}} = 1,424 * 0,998 + 0,837 * 0,00031 + 4,187 * 0,00069$$

$$C_{p_{p2}} = 1,4243 \text{ KJ/ kg } * ^\circ\text{C}$$

$$\text{Como } 1 \text{ Kcal / kg } * ^\circ\text{C} = 4,1868 \text{ KJ / kg } * ^\circ\text{C}$$

$$C_{p_{p2}} = 1,4243 / 4,1868$$

$$C_{p_{p2}} = 0,34 \text{ Kcal / kg } * ^\circ\text{C}$$

Determinación de $C_{p_{p3}}$ de la leche entera en polvo

$$C_{p_{p3}} = 1,424 * m_c + 1,549 * m_p + 1,675 * m_f + 0,837 * m_a + 4,187 * m_m$$

$$C_{p_{p3}} = 1,424 * 0,3808 + 1,549 * 0,2582 + 1,675 * 0,2561 + 0,837 * 0,0601 + 4,187 * 0,0341$$

$$C_{p_{p3}} = 1,5643 \text{ KJ/ kg } * ^\circ\text{C}$$

$$\text{Como } 1 \text{ Kcal / kg } * ^\circ\text{C} = 4,1868 \text{ KJ / kg } * ^\circ\text{C}$$

$$C_{p_{p3}} = 1,5643 / 4,1868$$

$$C_{p_{p3}} = 0,37 \text{ Kcal / kg } * ^\circ\text{C}$$

De la ecuación (4-34)

$$Q_{P1} = M_{P1} * C_{pP1} * (T_{PT} - T_{P1})$$

$$Q_{P1} = 0,652 * 0,98 * (85 - 80)$$

$$Q_{P1} = 3,19 \text{ Kcal}$$

De la ecuación (4-35)

$$Q_{P2} = M_{P2} * C_{pP2} * (T_{PT} - T_{P2})$$

$$Q_{P2} = 0,33 * 0,34 * (85 - 20)$$

$$Q_{P2} = 7,29 \text{ Kcal}$$

De la ecuación (4-36)

$$Q_{P3} = M_{P3} * C_{pP3} * (T_{PT} - T_{P3})$$

$$Q_{P3} = 0,3 * 0,37 * (85 - 20)$$

$$Q_{P3} = 7,22 \text{ Kcal}$$

De la ecuación (4-37)

$$Q_{P4} = M_{P4} * C_{pP4} * (T_{PT} - T_{P4})$$

$$Q_{P4} = 1,67 * 1,005 * (85 - 20)$$

$$Q_{P4} = 109,09 \text{ Kcal}$$

Remplazando Q_{P1} , Q_{P2} , Q_{P3} , Q_{P4} en la ecuación (4-33)

$$Q_{T2} = Q_{P1} + Q_{P2} + Q_{P3} + Q_{P4}$$

$$Q_{T2} = 3,19 + 7,29 + 7,22 + 109,09$$

$$Q_{T2} = 126,79 \text{ Kcal}$$

Determinación de C_{pPT} de la mezcla después de la pasteurización con la ecuación (4-32)

$$C_{pPT} = 1,424 * m_c + 1,549 * m_p + 1,675 * m_f + 0,837 * m_a + 4,187 * m_m$$

$$C_{pPT} = 1,424 * 0,16 + 1,549 * 0,027 + 1,675 * 0,026 + 0,837 * 6,47 \times 10^{-3} + 4,187 * 0,78$$

$$C_{pPT} = 3,5845 \text{ KJ / kg * } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Como } 1 \text{ Kcal / kg * } ^\circ\text{C} = 4,1868 \text{ KJ / kg * } ^\circ\text{C}$$

$$C_{pPT} = 1,5845 / 4,1868$$

$$C_{pPT} = 0,86 \text{ Kcal / kg * } ^\circ\text{C}$$

4.4 Balance total de energía del yogur con la adición de salvado de trigo

El calor total consumido para el proceso de elaboración del yogur con la adición de salvado de trigo, es la siguiente:

$$Q_T = Q_{T1} + Q_{T2} \quad (4-38)$$

Donde:

Q_{PCT} = Calor total consumido en la elaboración del yogur con la adición de salvado de trigo

Q_{T1} = Calor consumido en la pre-cocción del salvado de trigo

Q_{T2} = Calor consumido en la pasteurización

Remplazando valores en la ecuación (4-38)

$$Q_T = Q_{T1} + Q_{T2}$$

$$Q_T = 92,36 + 126,79$$

$$Q_T = 219,15 \text{ Kcal}$$

4.5 Balance de energía en el proceso de la elaboración del yogur con fibra mediante la adición de hojuelas de avena

Los balances de energía realizados son los siguientes:

Primera etapa

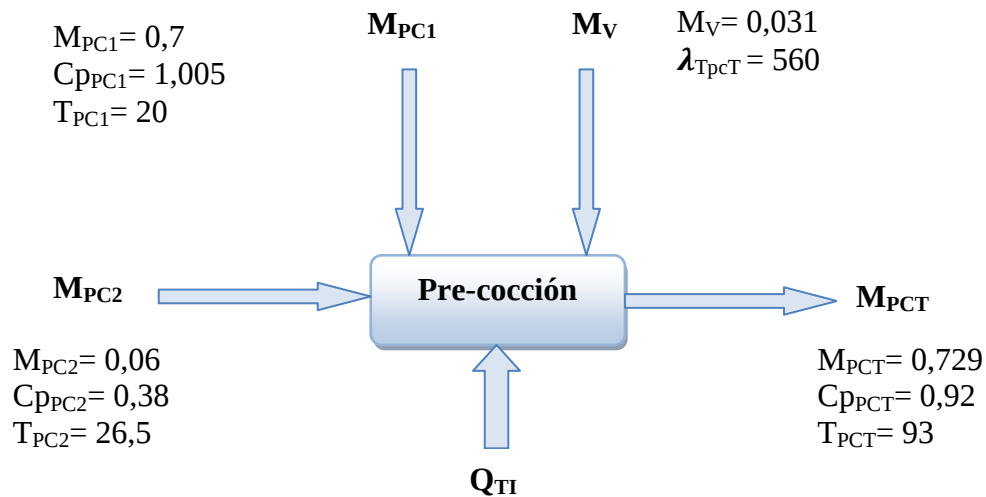
- Pre-cocción

Segunda etapa

- Pasteurizado

4.5.1 Balance de energía en la etapa de pre-cocción de hojuelas de avena

Diagrama 4-7 Balance de energía en la etapa de pre-cocción de hojuelas de avena



Donde:

M_{PC1} = Agua (kg)

M_{PC2} = Hojuelas de avena (kg)

M_{PCT} = Mezcla pre-cocida (kg)

M_V = Vapor de agua (kg)

C_{pPC1} = Calor específico del agua (Kcal / kg * °C)

C_{pPC2} = Calor específico de las hojuelas de avena (Kcal / kg * °C)

C_{pPCT} = Calor específico del mezcla pre-cocida (Kcal / kg * °C)

T_{PC1} = Temperatura inicial del agua (°C)

T_{PC2} = Temperatura inicial de las hojuelas de avena (°C)

T_{PCT} = Temperatura inicial del mezcla pre-cocida (°C)

$\lambda_{T_{PCT}}$ = Calor latente del vapor a $T_{PCT} = 93$ °C

Q_{PC1} = Calor para el agua (Kcal)

Q_{PC2} = Calor para las hojuelas de avena (Kcal)

Q_{T1} = Calor total de pre-cocción (Kcal)

Balance de energía global

$$Q_{T1} = Q_{PC1} + Q_{PC2} + M_V * \lambda_{T_{PCT}} \quad (4-39)$$

Balance de energía para el agua

$$Q_{PC1} = M_{PC1} * C_{p_{PC1}} * (T_{PCT} - T_{PC1}) \quad (4-40)$$

Balance de energía para las hojuelas de avena

$$Q_{PC2} = M_{PC2} * C_{p_{PC2}} * (T_{PCT} - T_{PC2}) \quad (4-41)$$

Determinación del $C_{p_{PC2}}$ para las hojuelas de avena

De acuerdo a Lomas Esteban, se puede determinar C_p para cualquier producto si tiene su composición conocida con la siguiente fórmula.

$$C_p = 1,424 * m_c + 1,549 * m_p + 1,675 * m_f + 0,837 * m_a + 4,187 * m_m \quad (4-42)$$

Donde:

m_c = Fracción de hidratos de carbono

m_p = Fracción de proteínas

m_f = Fracción de grasa

m_a = Fracción de ceniza

m_m = Fracción de humedad

De la ecuación (4-40)

$$Q_{PC1} = M_{PC1} * C_{pPC1} * (T_{PCT} - T_{PC1})$$

$$Q_{PC1} = 0,7 * 1,005 * (93 - 20)$$

$$Q_{PC1} = 51,36 \text{ Kcal}$$

Remplazamos m_c , m_p , m_f , m_a , m_m de las hojuelas de avena en la ecuación (4-42)

$$C_{pPC2} = 1,424 * 0,7473 + 1,549 * 0,1343 + 1,675 * 0,0454 + 0,837 * 0,0141 + 4,187 * 0,0589$$

$$C_{pPC2} = 1,6066 \text{ KJ/ kg * } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Como } 1 \text{ Kcal / kg * } ^\circ\text{C} = 4,1868 \text{ KJ / kg * } ^\circ\text{C}$$

$$C_{pPC2} = 1,6066 / 4,1868$$

$$C_{pPC2} = 0,38 \text{ Kcal / kg * } ^\circ\text{C}$$

Determinación del C_{pPCT} después de la pre-cocción con la ecuación (4-42)

$$C_{pPCT} = 1,424 * m_c + 1,549 * m_p + 1,675 * m_f + 0,837 * m_a + 4,187 * m_m$$

$$C_{pPCT} = 1,424 * 0,062 + 1,549 * 0,011 + 1,675 * 3,74 \times 10^{-3} + 0,837 * 1,16 \times 10^{-3} + 4,187 * 0,92$$

$$C_{pPCT} = 3,9646 \text{ KJ/ kg * } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Como } 1 \text{ Kcal / kg * } ^\circ\text{C} = 4,1868 \text{ KJ / kg * } ^\circ\text{C}$$

$$C_{pPC2} = 3,9646 / 4,1868$$

$$C_{pPC2} = 0,95 \text{ Kcal / kg * } ^\circ\text{C}$$

De la ecuación (4-41)

$$Q_{PC2} = M_{PC2} * C_{pPC2} * (T_{PCT} - T_{PC2})$$

$$Q_{PC2} = 0,06 * 0,38 * (93 - 26,5)$$

$$Q_{PC2} = 1,52 \text{ Kcal}$$

Remplazando Q_{PC1} , Q_{PC2} , M_V , $\lambda_{T_{PCT}}$ en la ecuación (4-39)

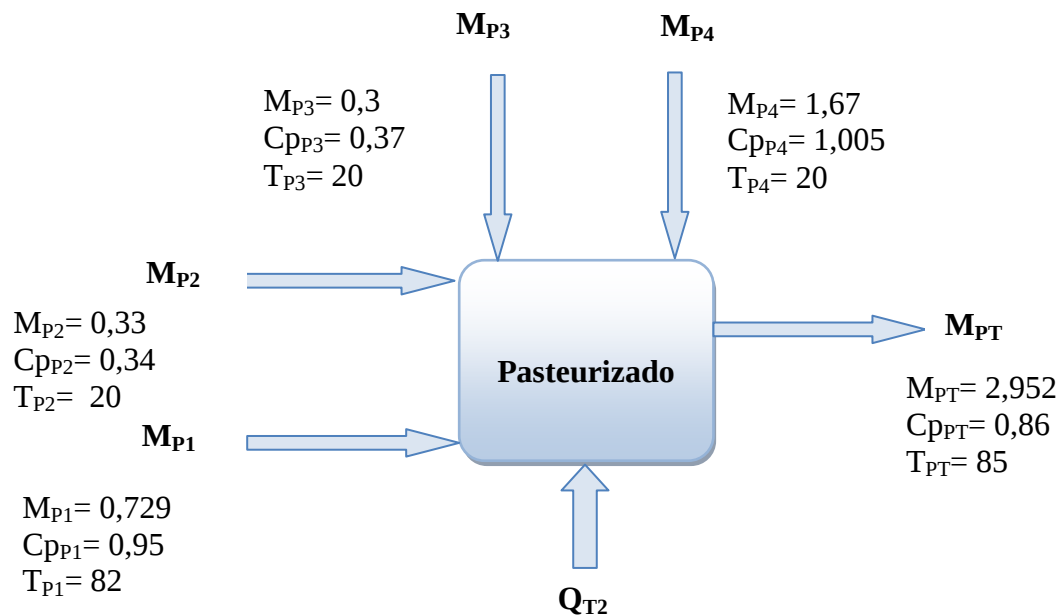
$$Q_{T1} = Q_{PC1} + Q_{PC2} + M_V * \lambda_{T_{PCT}}$$

$$Q_{T1} = 51,36 + 1,52 + 0,031 * 560$$

$$Q_{T1} = 70,24 \text{ Kcal}$$

4.5.2 Balance de energía en la etapa de la preparación del yogur con adición de hojuelas de avena

Diagrama 4-8 Balance de energía en la etapa de preparación del yogur con la adición de hojuelas de avena



Donde:

M_{P1} = Hojuelas de avena pre-cocido (kg)

M_{P2} = Azúcar (kg)

M_{P3} = Leche entera en polvo (kg)

M_{P4} = Agua (kg)

M_{PT} = mezcla después del pasteurizado (kg)

C_{pP1} = Calor específico de las hojuelas de avena pre-cocido (Kcal / kg * °C)

C_{pP2} = Calor específico del azúcar (Kcal / kg * °C)

C_{pP3} = Calor específico de la leche entera en polvo (Kcal / kg * °C)

C_{pP4} = Calor específico del agua (Kcal / kg * °C)

C_{pPT} = Calor específico de la mezcla después del pasteurizado (Kcal / kg * °C)

T_{P1} = Temperatura inicial de las hojuelas de avena pre-cocida (°C)

T_{P2} = Temperatura inicial del azúcar (°C)

T_{P3} = Temperatura inicial de la leche entera en polvo (°C)

T_{P4} = Temperatura inicial del agua (°C)

T_{PT} = Temperatura inicial de la mezcla después del pasteurizado (°C)

Q_{P1} = Calor para las hojuelas de avena pre-cocido (Kcal)

Q_{P2} = Calor para el azúcar (Kcal)

Q_{P3} = Calor para la leche entera en polvo (Kcal)

Q_{P4} = Calor para el agua (Kcal)

Q_{T2} = Calor total de la mezcla después del pasteurizado (Kcal)

Balance de energía global

$$Q_{T2} = Q_{P1} + Q_{P2} + Q_{P3} + Q_{P4} \quad (4-43)$$

Balance de energía para las hojuelas de avena pre-cocido

$$Q_{P1} = M_{P1} * C_{pP1} * (T_{PT} - T_{P1}) \quad (4-44)$$

Balance de energía para el azúcar

$$Q_{P2} = M_{P2} * C_{pP2} * (T_{PT} - T_{P2}) \quad (4-45)$$

Balance de energía para la leche entera en polvo

$$Q_{P3} = M_{P3} * C_{pP3} * (T_{PT} - T_{P3}) \quad (4-46)$$

Balance de energía para el agua

$$Q_{P4} = M_{P4} * C_{pP4} * (T_{PT} - T_{P4}) \quad (4-47)$$

De la ecuación (4-44)

$$Q_{P1} = M_{P1} * C_{pP1} * (T_{PT} - T_{P1})$$

$$Q_{P1} = 0,729 * 0,95 * (85 - 82)$$

$$Q_{P1} = 2,08 \text{ Kcal}$$

De la ecuación (4-45)

$$Q_{P2} = M_{P2} * C_{pP2} * (T_{PT} - T_{P2})$$

$$Q_{P2} = 0,33 * 0,34 * (85 - 20)$$

$$Q_{P2} = 7,29 \text{ Kcal}$$

De la ecuación (4-46)

$$Q_{P3} = M_{P3} * C_{pP3} * (T_{PT} - T_{P3})$$

$$Q_{P3} = 0,3 * 0,37 * (85 - 20)$$

$$Q_{P3} = 7,22 \text{ Kcal}$$

De la ecuación (4-47)

$$Q_{P4} = M_{P4} * C_{pP4} * (T_{PT} - T_{P4})$$

$$Q_{P4} = 1,67 * 1,005 * (85 - 20)$$

$$Q_{P4} = 109,09 \text{ Kcal}$$

Remplazando Q_{P1} , Q_{P2} , Q_{P3} , Q_{P4} en la ecuación (4-43)

$$Q_{T2} = Q_{P1} + Q_{P2} + Q_{P3} + Q_{P4}$$

$$Q_{T2} = 2,08 + 7,29 + 7,22 + 109,09$$

$$Q_{T2} = 125,68 \text{ Kcal}$$

Determinación de C_{pPT} de la mezcla después de la pasteurización con la ecuación (4-42)

$$C_{pPT} = 1,424 * m_c + 1,549 * m_p + 1,675 * m_f + 0,837 * m_a + 4,187 * m_m$$

$$C_{pPT} = 1,424 * 0,16 + 1,549 * 0,028 + 1,675 * 0,026 + 0,837 * 6,27 \times 10^{-3} + 4,187 * 0,78$$

$$C_{pPT} = 3,5859 \text{ KJ / kg * } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Como } 1 \text{ Kcal / kg * } ^\circ\text{C} = 4,1868 \text{ KJ / kg * } ^\circ\text{C}$$

$$C_{pPT} = 3,5859 / 4,1868$$

$$C_{pPT} = 0,86 \text{ Kcal / kg * } ^\circ\text{C}$$

4.6 Balance total de energía del yogur con la adición de hojuelas de avena

El calor total consumido para el proceso de elaboración del yogur con la adición de hojuelas de avena, es la siguiente:

$$Q_T = Q_{T1} + Q_{T2} \quad (4-48)$$

Donde:

Q_{PCT} = Calor total consumido en la elaboración del yogur con la adición de hojuelas de avena

Q_{T1} = Calor consumido en la pre-cocción de las hojuelas de avena

Q_{T2} = Calor consumido en la pasteurización

Remplazando valores en la ecuación (4-48)

$$Q_T = Q_{T1} + Q_{T2}$$

$$Q_T = 70,24 + 125,68$$

$$Q_T = 195,92 \text{ Kcal}$$

4.7 Costo de producción

Para determinar el costo de producción se realizó en función a la cantidad de materia prima e insumos utilizados y otros. Este costo se lo realiza para el yogur con adición de salvado de trigo como producto uno y para el yogur con la adición de hojuelas de avena como producto dos.

4.7.1 Costo de producción del yogur enriquecido con fibra mediante la adición de salvado de trigo

En la tabla IV-1 se detalla el costo de la materia prima e insumos en cantidades determinadas que sirven para los próximos cálculos en la producción del yogur con adición de salvado de trigo. Donde la materia prima y algunos insumos son proporcionados por PIL Tarija S.A.

Tabla IV-1 Costos materia prima e insumos

Componentes	Unidad	cantidad	Precio (Bs)
Leche entera en polvo	kg	1	32,56
Azúcar	kg	1	3.66
Agua	l	1	0.0029
Salvado de trigo	kg	1	3
Cultivo YF-L812	Sobre	1	78,5
Sorbato de potasio	kg	1	41,1
Benzoato de sodio	kg	1	20,6
Envase	Unidad	1	0,37
Tapa termo laminable	Unidad	1	0,16

Fuente: Planta industrializadora de leche PIL Tarija S.A.

En la siguiente tabla IV-2 se refleja el costo de materias primas e insumos empleados en la elaboración del yogur enriquecido con fibra mediante la adición de salvado de trigo.

Tabla IV-2 Costo de materias primas e insumos empleados en la elaboración del yogur enriquecido con fibra mediante la adición de salvado de trigo

Componentes	Unidad	Cantidad	Precio (Bs)
Leche entera en polvo	kg	0,3	9,77
Azúcar	kg	0,33	1,21
Agua	l	2,37	0,0069
Salvado de trigo	kg	0,024	0,072
Cultivo YF-L812	l	0,006	0,47
Sorbato de potasio	kg	$2,3 \cdot 10^{-6}$	0,000095
Benzoato de sodio	kg	$1,5 \cdot 10^{-6}$	0,000031
Envase	Unidades	17	6,29
Tapa termo laminable	Unidades	17	2,72
Total A			20,539026

Fuente: Planta industrializadora de leche PIL Tarija S.A.

Tabla IV-3 Costo de energía y otros

Componentes	Precio (Bs)
Energía eléctrica	0,17
Gas	0.05
Mano de obra	0.46
Total B	0,68

Fuente: Planta industrializadora de leche PIL Tarija S.A.

El costo total está constituido por la suma del costo A, más el costo B.

$$C.T. = \text{Costo A} + \text{Costo B} = 20,539026 + 0,68$$

$$C.T. = 21,22 \text{ Bs}$$

Para determinar el costo unitario de producción, se utiliza la siguiente fórmula:

$$C.U.P = C.T. / Q.T. \quad (4-49)$$

Donde:

C.U.P. = Costo unitario de producción

C.T. = Costo total

Q.T. = Cantidad total

Entonces remplazamos los datos en la ecuación (4-44)

$$C.U.P = C.T. / Q.T.$$

$$C.U.P = 21,22 \text{ Bs} / 2,82 \text{ kg}$$

$$C.U.P = 7,17 \text{ Bs/ kg}$$

Costo por 160 gr aproximadamente:

1,15 Bs

4.7.2 Costo de producción del yogur enriquecido con fibra mediante la adición de hojuelas de avena

En la tabla IV-4 se detalla el costo de la materia prima e insumos en cantidades determinadas que sirven para los próximos cálculos en la producción del yogur con adición de hojuelas de avena. Donde la materia prima y algunos insumos son proporcionados por PIL Tarija S.A.

Tabla IV-4 Costos materia prima e insumos

Componentes	Unidad	cantidad	Precio (Bs)
Leche entera en polvo	kg	1	32,56
Azúcar	kg	1	3.66
Agua	l	1	0.0029
Hojuelas de avena	kg	1	8
Cultivo YF-L812	Sobre	1	78,5
Sorbato de potasio	kg	1	41,1
Benzoato de sodio	kg	1	20,6
Envase	Unidades	1	0,37
Tapa termo laminable	Unidades	1	0,16

Fuente: Planta industrializadora de leche PIL Tarija S.A.

En la siguiente tabla IV-5 se refleja el costo de materias primas e insumos empleados en la elaboración del yogur enriquecido con fibra mediante la adición de hojuelas de avena.

Tabla IV-5 Costo de materias primas e insumos empleados en la elaboración del yogur enriquecido con fibra mediante la adición de hojuelas de avena

Componentes		Cantidad	Precio (Bs)
Leche entera en polvo	kg	0,3	9,77
Azúcar	kg	0,33	1,21
Agua	l	2,37	0,0069
Hojuelas de avena	kg	0,06	0,48
Cultivo YF-L812	l	0,006	0,47
Sorbato de potasio	kg	0,0023	0,000095
Benzoato de sodio	kg	0,0015	0,000031
Envase	Unidades	18	6,66
Tapa termo laminable	Unidades	18	2,88
Total A			21,477026

Fuente: Planta industrializadora de leche PIL Tarija S.A.

Tabla IV-6 Costo de energía y otros

Componentes	Precio (Bs)
Energía eléctrica	0,17
Gas	0.05
Mano de obra	0.46
Total B	0,68

Fuente: Planta industrializadora de leche PIL Tarija S.A.

El costo total está constituido por la suma del costo A, más el costo B.

$$C.T. = \text{Costo A} + \text{Costo B} = 21,477026 + 0,68$$

$$C.T. = 22,16 \text{ Bs}$$

Para determinar el costo unitario de producción, se utiliza la siguiente fórmula:

$$C.U.P = C.T. / Q.T. \quad (4-50)$$

Donde:

C.U.P. = Costo unitario de producción

C.T. = Costo total

Q.T. = Cantidad total

Entonces remplazamos los datos en la ecuación (4-45)

$$C.U.P = C.T. / Q.T.$$

$$C.U.P = 22,16 \text{ Bs} / 2,89 \text{ kg}$$

$$C.U.P = 7,67 \text{ Bs/ kg}$$

Costo por 160 gr aproximadamente:

1,23 Bs

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- En la determinación del proceso adecuado para la elaboración de dos productos; como producto uno (yogur con la adición de salvado de trigo) y como producto dos (yogur con la adición de hojuelas de avena), se realizó cuatro pruebas experimentales para cada producto, las que se basaban en una variación en la cantidad del cereal (salvado de trigo u hojuelas de avena) y tiempo de pre-cocción (salvado de trigo u hojuelas de avena).
- Tanto para el producto uno como para el producto dos, se obtuvo yogures con diferentes características como, diferente nivel de fibra, características diferentes en los parámetros organolépticos (color, olor, sabor, textura, consistencia), donde estos parámetros fueron los más importantes en la toma de decisión. En el caso del producto uno, la prueba que obtuvo mejores características en cuanto a los parámetros organolépticos y nivel de fibra fue la S22. En el caso del producto dos, la prueba que obtuvo mejores características en los parámetros organolépticos y nivel de fibra fue la A22.

Donde:

S22 = yogur con la adición de salvado de trigo con (8g de salvado de trigo / l) y tiempo de 10 minutos

A22 = yogur con la adición de hojuelas de avena con (20g de hojuelas de avena / l) y tiempo de 10 minutos

- La parte microbiológica de ambos productos finales (S22 Y A22), fueron positivas, ya que cumplían con las normas en cuanto a los parámetros microbiológicos.
- El costo obtenido para el producto uno (S22) es de 1,15 Bs y el costo para el producto dos (A22) es 1,23 Bs. Esto nos indica que ambos productos tienen un costo adecuado en comparación a otros productos en el mercado.
- Se obtuvo un proceso adecuado para las diferentes pruebas de yogures que consta de las siguientes dos etapas: la primera se basa en la pre-cocción del cereal (salvado de trigo u hojuelas de avena) y la segunda se basa en la elaboración del

yogur con la adición del cereal pre-cocido. Los yogures que mejor adaptaron este proceso y dieron buenos resultados son los yogures (S22 y A22).

5.2 Recomendaciones

2. Se recomienda realizar un estudio de mercado orientado a la introducción de estos productos en el mercado local.

1. Se recomienda a la planta PIL Tarija S.A. realizar la adaptación de los equipos a gran escala, que serían necesarios para implementar estos nuevos productos en su línea de producción después de un estudio de mercado aprobado.

3. Para algunas etapas del proceso de elaboración de ambos productos, es conveniente hacer algunas recomendaciones:

- **Pre-cocción**

La pre-cocción del cereal (salvado de trigo u hojuelas de avena) es fundamental puesto que esta cocción permite la eliminación de microorganismos patógenos que suele presentar los cereales en forma general.

Se tiene que tener cuidado en la etapa de pre-cocción del cereal (salvado de trigo u hojuelas de avena), desde el inicio de la ebullición, puesto que puede rebalsar si no hay una agitación permanente.

Hay que tomar en cuenta el volumen de vapor eliminado en esta etapa, ya que reduce el volumen en el producto final pero también gana consistencia.

- **Pasteurización**

En esta etapa se requiere una constante agitación de la mezcla de leche, ya que si no se realiza, el cereal (salvado de trigo u hojuelas de avena), se pegará en las paredes y se quemará, lo que afectará en el sabor del producto final.

- Envasado

Es importante realizar un buen mezclado antes del envasado, de lo contrario al momento de envasar, las proporciones de cereal del yogur en los vasitos será diferente.

4. Para la elaboración de estos productos es muy primordial tomar en cuenta la procedencia del cereal (salvado de trigo u hojuelas de avena) con el que se va a trabajar, sin embargo hay que darle importancia si es accesible en el mercado.