

1.1 ANTECEDENTES

El proceso de elaboración del yogurt es un arte muy antiguo que data de hace miles de años, siendo posiblemente anterior a la domesticación de vacas, ovejas y cabras, pero hasta el siglo XIX apenas se conocían los fundamentos de las distintas fases de la producción. La supervivencia de este proceso a lo largo de los años puede atribuirse a que la producción se efectuaba a muy pequeña escala, por lo que el arte era transmitido de generación a generación. No obstante en las últimas décadas este proceso se ha racionalizado mucho, principalmente debido a los descubrimientos y avances en diversas disciplinas, el proceso de elaboración continúa siendo una compleja combinación de Ciencia y Arte.

Los microorganismos y sus enzimas, es decir, los cultivos estárter, juegan un papel esencial en la producción de yogurt por su contribución al desarrollo de acidez y el flavor del producto.

El origen del yogurt se sitúa en Turquía aunque también hay quien lo ubica en los Balcanes, Bulgaria o Asia Central. Su nombre tiene el origen en un término búlgaro: **“jaurt”**.

Los pueblos nómadas transportaban la leche fresca que obtenían de los animales en sacos generalmente de piel de cabra. El calor y el contacto de la leche con la piel de cabra propiciaba la multiplicación de las bacterias ácidas que fermentaban la leche. La leche se convertía en una masa semisólida y coagulada. Una vez consumido el fermento lácteo contenido en aquellas bolsas, éstas se volvían a llenar de leche fresca que se transformaba nuevamente en leche fermentada gracias a los residuos precedentes.

El yogurt se convirtió en el alimento básico de los pueblos nómadas por su facilidad de transporte y conservación. Sus saludables virtudes eran ya conocidas en la Antigüedad. Unos siglos más tarde se descubriría su efecto calmante y regulador

intestinal. Metchnikoff fue el primer científico en intuir los efectos del yogurt en la flora intestinal. Demostró que el yogurt contenía bacterias capaces de convertir el azúcar de la leche -lactosa- en ácido láctico y que este ácido hacía imposible el desarrollo de bacterias dañinas en el intestino derivadas de la descomposición de los alimentos. La bacteria, como afirmaba el científico, bloquea la proliferación de otras que son patógenas, con lo que retrasa el proceso de envejecimiento del organismo humano.

La bacteria que contiene éste, ataca, bloquea y neutraliza las toxinas, depurando el organismo. La bacteria causante de la fermentación láctica fue descubierta en 1903 por el doctor búlgaro Stamen Grigoroff, quien publicó y presentó su trabajo científico dedicado al yogurt ante el Instituto Pasteur de París, Francia. En su honor, la nueva bacteria descubierta fue llamada inicialmente “*Bacterium bulgaricum Grigoroff*”, aunque después pasó a denominarse “*Lactobacillus bulgaricus*”.

Las bacterias *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*, responsables de la fermentación de la leche, ya eran conocidas, hacia el 6000 o 7000 a. C.

El yogurt permaneció durante muchos años como comida propia de India, Asia Central, Sudeste Asiático, Europa Central y de Europa del Este y Turquía hasta los años 1900, cuando un biólogo ruso llamado Iliá Méchnikov expuso su teoría de que el gran consumo de yogurt era el responsable de la alta esperanza de vida de los campesinos búlgaros. Considerando que los lactobacilos eran esenciales para una buena salud, Méchnikov trabajó para popularizar el yogur por toda Europa. Otros investigadores también realizaron estudios que contribuyeron a la extensión de su consumo.

1.2 JUSTIFICACIÓN

El yogurt es un alimento muy nutritivo por su aporte de vitaminas, proteínas, la alta biodisponibilidad de calcio y otros nutrientes esenciales. Sin embargo, el azúcar

presente en la leche de vaca resulta difícil de digerir para un segmento importante de la población mundial que posee intolerancia a la lactosa, de allí la necesidad de generar alimentos aptos para ese sector.

El presente trabajo de investigación se sustenta en la poca variedad de productos fermentados deslactosados, por esta razón es importante desarrollar un producto de este tipo es por eso que se realizará un proceso de elaboración de yogurt con leche deslactosada que tenga base científica simple y que se pueda ampliar en una planta procesadora de lácteos aumentando así la productividad de la provincia y brindar más opciones de trabajo a la comunidad.

El estudio de investigación aportará también a la satisfacción de aquellas personas que sufren de intolerancia a la lactosa ya que no todos los seres humanos pueden digerir la leche con la misma facilidad, debido a una baja actividad de lactasa intestinal que presentan, podrán obtener un producto nutritivo y que no les causará daños colaterales y lo podrán consumir con toda tranquilidad porque es suave para la digestión. Es así que este estudio no sólo aporta a la comunidad sino también teóricamente brinda una base para futuras investigaciones de productos lácteos.

Además este producto también pueden consumirlo cualquier persona de diferentes edades que quiera disfrutar de una digestión fácil y ligera de los lácteos sin renunciar a los beneficios de la leche, tanto las personas que presenten cierto grado de intolerancia a la lactosa como las que quieren cuidar más su organismo pueden elegir cualquier producto de la gama, ya que contienen todos los nutrientes indispensables para mantener una dieta saludable (calcio, vitamina A, D Y E).

Actualmente se cuenta con muy pocos productos deslactosados en el mercado interno, debido a esto es necesaria la implementación de más productos deslactosados en consecuencia la elaboración de yogurt deslactosado puede ser de gran satisfacción para la población.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Elaborar yogurt deslactosado a partir de leche de vaca deslactosada.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Determinar propiedades fisicoquímicas de la materia prima.
- ❖ Establecer y determinar los parámetros óptimos en el proceso.
- ❖ Efectuar el análisis microbiológico del yogurt deslactosado durante un determinado tiempo a temperatura ambiente y refrigeración para establecer la vida útil del producto.
- ❖ Determinar el diseño experimental del proceso.
- ❖ Realizar los balances de materia y energía del proceso.
- ❖ Determinar las propiedades organolépticas del producto.
- ❖ Realizar los análisis físico-químicos del producto elaborado.

1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Cuál será la técnica adecuada en el proceso de inoculado para la elaboración de un producto de buena calidad?

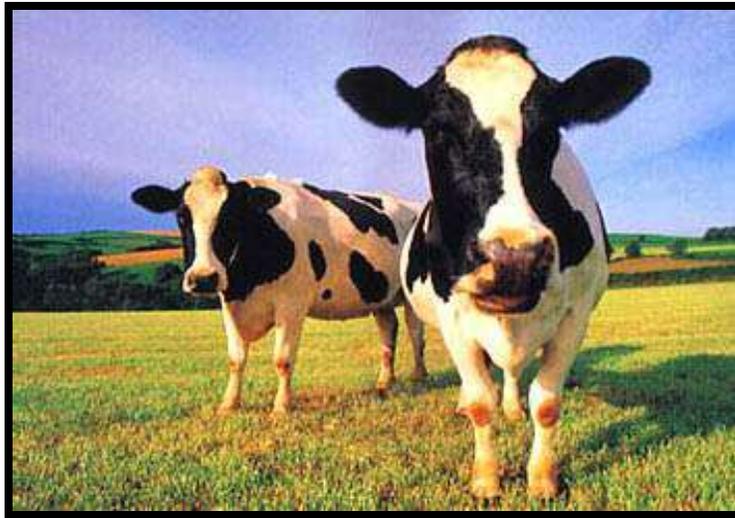
1.5 HIPÓTESIS

El proceso de elaboración de yogurt deslactosado a ser utilizado permitirá obtener un producto de buena calidad.

2.1 GENERALIDADES DE LA LECHE DE VACA

La leche puede definirse como el producto de secreción de la glándula mamaria, destinado a la alimentación de la cría. Esta definición; sin embargo, no es completa. En especial, nada dice acerca de la leche considerada como materia prima industrial, con destino a la alimentación humana. Para obtener esas informaciones sería más apropiado definirla desde distintos puntos de vista:

Figura 2.1
Vacas Lecheras



Fuente: International inra.com

2.1.1 DEFINICIÓN LEGAL

La mayoría de las legislaciones considera los siguientes elementos en su definición legal:

Leche, sin otra denominación, es el producto íntegro y fresco de la ordeña completa de una o varias vacas, sanas, bien alimentadas y en reposo, exento de calostro y que cumpla con los caracteres físicos y bacteriológicos que se establecen.

Estas características son especificadas en base a diversos valores tales como densidad, índices crioscópicos y de refracción, acidez titulables, grasa y sólidos no

grasos, cantidad de leucocitos, gérmenes patógenos y presencia de antisépticos, antibióticos y alcalinos.

Todas estas exigencias reconocen implícitamente la importancia la importancia que tiene la leche para la alimentación humana, por cuanto tienden a lograr el máximo de producción. En efecto, la alimentación influye poderosamente no sólo sobre la cantidad, sino también sobre la composición de la leche. Es evidente, además que una vaca sana rendirá el máximo de su potencialidad, así como que no entrañará riesgos para la salud del consumidor. Por otra parte, desde el momento que la secreción láctea está regulada por actividad hormonal, una vaca inquieta, nerviosa o agitada, no producirá toda la leche de que es capaz. De ahí la necesidad que se encuentre en reposo. Es bien sabido por los ganaderos que las ordeñas incompletas, si persisten, van provocando una gradual disminución de la secreción láctea, además de la pérdida producida porque la última leche es la más rica en materia grasa.

2.1.1.1 CALOSTRO

La prohibición de que la leche contenga calostro descansa en razones de importancia. El calostro, que es el producto segregado por las glándulas mamarias después del parto, se va transformando gradualmente en la leche de composición normal, en lo que demora aproximadamente una semana. Es una leche ligeramente viscosa, de sabor salino, y de color amarillo parduzco, que se coagula por el calor, no solo deteriora tales características de la leche sino que la hace perder calidad como materia prima industrial. Pequeñas cantidades de calostro en la leche hacen que ésta coagule fácilmente durante los tratamientos térmicos. Pero, además interesa que el calostro se entregado integralmente al ternero, por cuanto es un alimento rico en proteínas y a través de él la vaca entrega a la cría defensa e inmunidad contra diversas enfermedades.

2.1.2 DEFINICIÓN DIETÉTICA

Las características de la leche desde el punto de vista dietético o nutritivo, engloban propiedades muy distintas a las de la definición legal.

La leche es el alimento más completo que entrega la naturaleza. Artificialmente el hombre ha podido elaborar alimentos más perfectos pero en ellos se encuentra invariablemente incluida la leche. Sin embargo, los requerimientos nutritivos de los seres son muy complejos y ningún alimento aislado los satisface todos. Las imperfecciones de la leche se hacen aparentes al procurar llevar animales a la madurez sobre una base exclusivamente láctea. Eventualmente se desarrollan cuadros de debilidad, anemia, y finalmente, muerte.

La leche de vaca rara vez presenta una cantidad adecuada de vitamina D, incluso industrialmente, aumentar el contenido de esta vitamina, sometiendo a la leche a irradiaciones de cierta longitud de onda. El producto se conoce (en otros países) como leche irradiada. Otra alternativa es fortificarla directamente con adición de vitamina D.

También es deficiente en vitamina C, pues a pesar de que contiene una cantidad aceptable de ella al momento de la ordeña, se producen pérdidas por oxidación.

Hay insuficiencia en cobre y hierro, la necesidad de hierro para la hemoglobina es fácil de comprender puesto que forma parte integral de su molécula. En cuanto al cobre, éste actúa como catalizador en la formación de la hemoglobina. También hay deficiencias en cuanto a cantidades de manganeso y yodo.

Aunque las deficiencias anotadas son serias, no debe olvidarse que la leche es el alimento puro más próximo a la perfección. Su principal proteína la caseína, contiene todos los aminoácidos esenciales, y como fuente de calcio, fósforo y riboflavina (vitamina B2) es excelente. Contribuye también significativamente a los requerimientos de vitamina A y B1 (Tiamina).

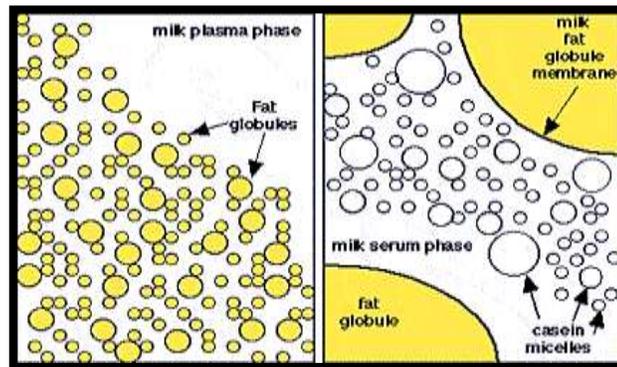
La leche es una buena fuente de vitamina B12 o Cobalamina, llamada también factor anti anemia perniciosa.

2.1.3 DEFINICIÓN QUÍMICA

Desde el punto de vista químico la leche es uno de los fluidos más complejos que existe. Seguramente nadie sabe cuál es la totalidad de sus elementos, por cuanto la investigación científica constantemente determina nuevos componentes a agregar a la lista que actualmente conoce.

El término sólidos totales se usa ampliamente para indicar todos los componente con exclusión del agua, y de los sólidos no grasos cuando se excluye el agua y la grasa.

Figura 2.2
Definición química



Fuente: Edgardopedullarodriguez.wordpress.com

Antiguamente se acostumbraba a hablar de extracto seco y de extracto seco desgrasado, respectivamente.

2.1.4 DEFINICIÓN FÍSICA

Desde el punto de vista físico la leche es un líquido de color blanco opalescente característico. Este color se debe a la refracción que sufren los rayos luminosos que inciden en ella al chocar con el coloide en suspensión.

El agua de la leche mantiene algunos componentes en suspensión y otros en solución por ejemplo, los glóbulos de grasa están simplemente suspendidos en la fase acuosa, constituyendo una emulsión. El tamaño de los glóbulos grasos varía desde menos de un micrón hasta 18 micrones.

Las partículas de caseína son mucho más pequeñas, con un tamaño promedio de 0.09 micrones. Sólo son visibles mediante ultra microscopio y se encuentran formando en la leche una suspensión coloidal.

La albúmina, otra proteína de la leche, se estima que está en solución verdadera a pesar que sus moléculas son mucho mayores que el agua que las rodea. Quizás sea más exacto decir que el tamaño de las partículas de albúmina se encuentra en aquella región donde la sustancia disuelta empieza a adquirir las propiedades de una suspensión.

La lactosa, en cambio, y algunas sales, constituyen soluciones verdaderas.

Los componentes de la leche y el estado de solución, suspensión y emulsión en que se encuentran en la leche, determinan un delicado equilibrio físico, que en una leche de calidad es relativamente estable.

2.2 COMPOSICIÓN Y PROPIEDADES DE LA LECHE DE VACA

La leche y sus derivados juegan un papel importante en la alimentación humana. Todos los mamíferos femeninos producen leche después del nacimiento de sus crías.

El hombre utiliza la leche de varios animales para su propia alimentación. Con el término leche se distingue la leche de vaca; si se trata de leche de otros animales se especifica. La composición de la leche y la concentración de los diferentes componentes varían en función de la especie animal, la raza, la genética animal, la alimentación, el número de ordeños diarios, edad, etc. (**Tabla 2.1 composición de la leche de diferentes especies**).

La elaboración de la leche se enfoca a la producción de leche limpia y sana, así como a su transformación en diferentes productos comestibles de larga duración. La leche es un medio óptimo para el desarrollo de los microorganismos. Por esta razón todo el manejo de la leche desde la ordeña hasta la elaboración y venta debe efectuarse bajo condiciones estrictas de higiene. Además, para evitar el deterioro de la materia prima, es necesario someterla a tratamientos de conservación. La leche debe elaborarse tan pronto como sea posible.

Tabla 2.1
Composición de la leche de diferentes especies

	AGUA	PROTEÍNAS	LÍPIDOS	GLÚCIDOS	MINERALES
VACA	88	3.2	3.4	4.7	0.7
BÚFALA	82	4	7.5	4.8	0.8
OVEJA	82	5.5	7	4.3	0.9
CABRA	86	3.8	4.3	4.6	0.8
BURRA	90	1.6	1.1	6.5	0.5
YEGUA	89	2.1	1.7	6.1	0.4
CAMELLA	87	3.4	4.1	3.8	0.7

Fuente: O. Moreiras, A. Carbajal, L. Cabrera, C. Cuadrado (2003)

2.2.1 CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DE LA LECHE DE VACA

Las características sensoriales son todas aquéllas que se aprecian en forma simple y rápida con la ayuda de nuestros sentidos, como: color, olor sabor, textura.

2.2.1.1 COLOR:

La leche fresca es de color blanco a porcelana, presenta una cierta coloración crema cuando es muy rica en grasa, debida en parte al caroteno en la grasa de la leche de vaca. La leche descremada o muy pobre en contenido graso presenta un blanco con ligero tinte azulado.

La intensidad del color se debe al mayor o menor contenido de grasa, caseína (proteína de la leche), carotenos (colorantes que se encuentran en la hierba verde).

2.2.1.2 OLOR:

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

2.2.1.3 SABOR:

La leche fresca tiene un sabor ligeramente dulce, dado por su contenido de lactosa. Por contacto, puede adquirir fácilmente el sabor de hierbas. El sabor puede cambiar por acción de la alimentación, traumatismo de la ubre, alteraciones en el estado de salud de la vaca, sustancias extrañas del medio ambiente o de los recipientes en los que se deposita.

2.2.1.4 TEXTURA:

La leche debe ser de consistencia líquida, pegajosa y ligeramente viscosa. Esto se debe al contenido de azúcares, sales disueltas en ella y caseína.

2.2.2 PROPIEDADES NUTRICIONALES

La leche puede clasificarse como el alimento más valioso para la nutrición del hombre. Contiene todos los principios nutritivos necesarios para la conservación y desarrollo de la vida (carbohidratos, lípidos, sales minerales vitaminas, etc.)

La leche es un alimento completo con numerosas propiedades y beneficios para nuestro organismo. Es una importante fuente de calcio que proporciona vitaminas y minerales como por ejemplo magnesio, fósforo, hierro, etc.

Entre las propiedades se puede mencionar:

Su diversificada composición, en la que entran grasas (donde los triglicéridos son la fracción mayoritaria con el 98% del total lipídico y cuyos ácidos grasos que los forman son mayormente saturados), proteínas, (caseína, albúmina y proteínas del suero) y glúcidos (lactosa, azúcar específica de la leche), la convierten en un alimento completo. Además, la leche entera de vaca es una importante fuente de vitaminas (vitaminas A, B, D3, E). La vitamina D es la que fija el fosfato de calcio a dientes y huesos, por lo que es especialmente recomendable para niños.

La leche posee un ácido graso insaturado (ácido linoleico conjugado) del cual se ha demostrado que elimina el cáncer de piel humana. También podría ayudar a disminuir el colesterol y prevenir la arteriosclerosis. Estos ácidos grasos benéficos se encuentran en mayor cantidad en leches de vacas alimentadas con pasturas. Un vaso de 250ml aporta la cantidad diaria recomendada de:

Calcio 44%

Vitamina A 20%

Vitamina D 50%

2.2.3 PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LA LECHE

2.2.3.1 PROPIEDADES FÍSICAS

2.2.3.1.1 DENSIDAD

La densidad de la leche entera puede fluctuar entre 1,028 a 1.034gr/cm³ a una temperatura de 15°C, su variación con la temperatura es 0.0002gr/cm³.

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

Agua: 1.000 g/cm³.

Grasa: 0.931 g/cm³.

Proteínas: 1.346 g/cm³.

Lactosa: 1.666 g/cm³.

Minerales: 5.500 g/cm³.

La densidad de la leche descremada está por encima de 1.034 gr/cm³, mientras que la leche aguada tendrá valores menores a 1.028 gr/cm³

2.2.3.1.2 pH DE LA LECHE

La leche es de característica cercana a la neutra, su pH puede variar entre 6.5 y 6.65.

Las variaciones de pH dependen generalmente del estado sanitario de la glándula mamaria, de la cantidad de CO₂ disuelto en la leche, del desarrollo de los microorganismos, que desdoblán o convierten la lactosa en ácido láctico, o por la acción de microorganismos alcalinizantes.

2.2.3.1.3 ACIDEZ

Una leche fresca posee una acidez de 0.15 a 0.16%, los valores menores de 0.15 pueden ser debidos a las leches mastíficas, agudas, o bien alterados con algún producto químico alcalizante. Los porcentajes mayores de 0.16 son indicadores de contaminantes bacterianos.

2.2.3.1.4 VISCOSIDAD

La leche es un líquido más viscoso que el agua, esta viscosidad es debida a la materia grasa en emulsión y las proteínas en fase coloidal. La viscosidad varía entre 1.7 a 2.2 centipoise para la leche entera, mientras que una leche descremada tiene una viscosidad de alrededor de 1.2 cp.

La viscosidad disminuye con el aumento de la temperatura hasta alrededor de los 70°C, por encima de esta temperatura aumenta su valor.

2.2.3.1.5 PUNTO DE CONGELACIÓN

Una de las características más constantes de la leche es el punto de congelación que tiene su valor promedio es de -0.54°C (varía entre -0.513 y -0.565°C). Como se aprecia es menor a la del agua, y es consecuencia de la presencia de las sales minerales y de la lactosa.

2.2.3.1.6 PUNTO DE EBULLICIÓN

La temperatura de ebullición es de 100.17°C al nivel del mar; sin embargo, puede inducirse este fenómeno a menor temperatura con sólo disminuir la presión del líquido se aplica en la elaboración de leches concentradas.

2.2.3.1.7 CALOR ESPECÍFICO

El calor específico de la leche es el número de calorías necesarias para elevar 1°C la temperatura de la unidad de peso de la leche.

Calor específico de:

Leche completa 0.93 a 0.94 cal/g°C

Leche descremada 0.94 a 0.96 cal/g°C.

2.2.3.2 PROPIEDADES QUÍMICAS

La composición química (**Tabla 2.2 composición de la leche de vaca**) de la leche depende de muchos factores, la raza, la variabilidad animal, la edad, la fase de lactación, la estación de año, la alimentación, el tiempo de ordeña, el periodo de tiempo entre ordeños, las condiciones fisiológicas (incluido si la vaca está tranquila o nerviosa), condiciones higiénicas y el que reciba medicación o no.

La leche tiene la siguiente composición:

Tabla 2.2
Composición de la leche de vaca

COMPONENTE	PORCENTAJE
Agua	87.0
Grasa	3.7
Proteínas	3.4
Lactosa	4.8
Sales minerales	0.7

Fuente: On food and cooking. Harold McGee's 2da edición.

El agua es el componente más abundante de la leche. El agua de la leche mantiene algunos componentes en suspensión y otros en solución por ejemplo, los glóbulos de grasa están simplemente suspendidos en la fase acuosa, constituyendo una emulsión. El tamaño de los glóbulos grasos varía desde menos de un micrón hasta 18 micrones.

2.2.3.2.1 MATERIA GRASA:

La cantidad de grasa que contiene la leche y su composición son muy diversas en las distintas razas bovinas. La alimentación ejerce también una gran influencia en este sentido. La grasa es el segundo componente mayoritario y es el más variable. Se encuentra en forma de glóbulos grasos y está compuesta principalmente por ácidos grasos saturados (aprox, 67%). Posee una proporción apreciable de ácidos grasos de cadena corta que le proporcionan el olor característico a la leche y derivados.

La grasa presente en la leche está en forma de glóbulos. Cada uno de éstos posee un núcleo rodeado por una película. El núcleo está compuesto de triglicéridos, los cuales constan de glicerina y diversos ácidos grasos. De estos ácidos grasos la mayor parte son del tipo saturado, sin embargo, es el oleico no saturado el que existe en mayor cantidad, y esta combinación de este con el ácido linoleico, el butírico y el caproico lo que influyen en que sea bajo el punto de fusión de la grasa de la leche. En la grasa pueden distinguirse dos grupos de compuestos

Los lípidos: reúne a triglicéridos, monoglicéridos, lecitinas, cefalinas, estinogomelina y cerebrósidos.

Las grasas no saponificables: Reúnen a beta caroteno, no beta caroteno, xantofilas, colessteroles, dihidrocolessteroles, ergosteroles y las vitaminas liposolubles A, D, E y K.

2.2.3.2.2 SÓLIDOS NO GRASOS:

Los sólidos no grasos están constituidos por:

PROTEÍNAS: Las proteínas se encuentran en cantidades apreciables y se pueden distinguir las proteínas del suero (que destacan por su alto valor nutricional) y las caseínas. Estas últimas juegan un rol fundamental en la elaboración de quesos y en un producto fermentado debido a su capacidad para precipitar bajo ciertas condiciones. El contenido proteico depende fundamentalmente del pienso que consumen los animales. Los componentes fundamentales de las proteínas son los aminoácidos. Éstos se combinan de diversas maneras (enlaces iónicos, enlaces de hidrogeno, etc.) en determinadas estructuras para formar polipéptidos y estas proteínas.

La **caseína** componente principal de la proteína láctea (80%) merece atención preferente por pasar a formar parte del queso y por sufrir transformaciones en muchos procesos tecnológicos. Esta proteína contiene calcio, dando origen al complejo calcio-caseína que no se coagula en la cocción. Las partículas de caseína son mucho más pequeñas, con un tamaño promedio de 0.09 micrones. Solo son visibles mediante ultra microscopio y se encuentran formando en la leche una suspensión coloidal.

La albúmina, otra proteína de la leche, se estima que está en solución verdadera a pesar que sus moléculas son mucho mayores que el agua que las rodea. El tamaño de las partículas de albúmina se encuentra en aquella región donde la sustancia disuelta empieza a adquirir las propiedades de una suspensión.

AZÚCAR DE LA LECHE: La lactosa es el componente más abundante del extracto sólido. La lactosa es un disacárido presente únicamente en leches, representando el principal y único glúcido. Sin embargo, se han identificado pequeñas cantidades de glucosa, galactosa, sacarosa, cerebrósidos y aminoazúcares derivados de la hexosamina. La lactosa se sintetiza en la glándula mamaria por un sistema enzimático en el que interviene la α -lactoalbúmina para después segregarse en la leche. Es un 15% menos edulcorante que la sacarosa y contribuye, junto con las sales, al sabor global del alimento. La enzima lactasa hidroliza el enlace glucosídico y separa el azúcar en glucosa y galactosa.

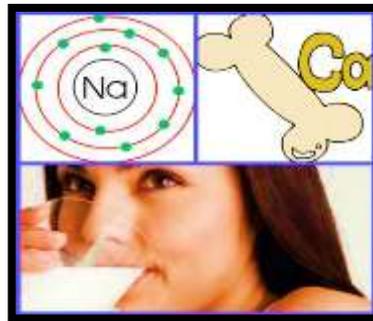
La lactosa tiene importancia tecnológica en todos los procesos de acidificación de la leche (leches fermentadas, maduración de la nata) ya que sirve de medio de cultivo para las bacterias ácido lácticas, así como para su obtención directa.

SUSTANCIAS MINERALES: Los minerales representan una pequeña parte de los constituyentes de la leche, sin embargo, tienen un indiscutible valor nutricional y tienen una enorme importancia en el mantenimiento de la estabilidad de la leche.

Cuentan entre las sales minerales de la leche, en el sentido más amplio, todos los componentes presentes como iones o que pueden ionizarse. Las sustancias minerales se dividen en **macro elementos:** cloruros, fosfatos, citratos, potasio, calcio, sodio. Y en los **oligoelementos:** Cobre, hierro, zinc, cobalto, estaño.

La leche contiene igualmente vestigios de yodo, azufre, manganeso, aluminio, boro, silicio, y estroncio. El contenido de las sales minerales depende de la raza, de la fase de lactación del estado sanitario de la vaca.

Figura 2.3
Sustancia minerales



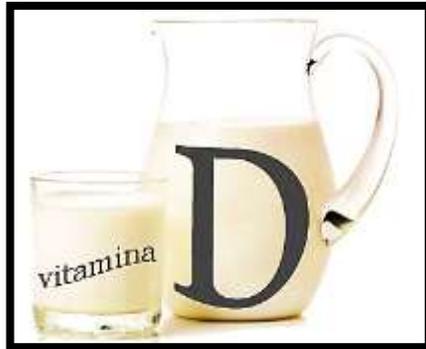
Fuente: Edgardopedullarodriguez.wordpress.com

ÁCIDOS ORGÁNICOS: En la leche se encuentra originariamente ácido cítrico. El ácido láctico, el butírico y todos los demás presentes en la leche son productos metabólicos que se originan en la fermentación de la lactosa, debida a microorganismos.

VITAMINAS: Son principios indispensables para el curso normal de los procesos metabólicos del hombre y los animales. Los alimentos contienen vitaminas o bien

sustancias precursoras llamadas provitaminas. El contenido vitamínico de la leche puede ser muy variable. Depende sobre todo, el estado sanitario de los animales y de la calidad el pienso.

Figura 2.4
Vitaminas



Fuente: Edgardopedullarodriguez.wordpress.com

ENZIMAS DE LA LECHE: La leche contiene varias enzimas, como ser el grupo de las albuminas. A continuación citaremos las más importantes.

LACTPEROXIDASA: Es la primera en descubrirse en la leche y la única en purificarse y cristalizarse

REDUCTASA ALDEHIDICA: Enzimas de SCHARDINGER y es idéntica a la Xantina Oxidasa y de varias reacciones de óxido-reducción.

CATALASA: Ésta se descompone en agua oxigenada.

LIPASA: Hidroliza los triglicéridos y es un factor rancidez. Pasteurizado por 15 segundos a 70°C se elimina.

FOSFATASA: Se tienen dos tipos: Fosfatasa ácida Ph=4, la segunda Fosfatasa alcalina con pH= 8 de actividad y se destruye a los 80°C por un tiempo de 15seg.

La leche contiene diversos enzimas (proteínas activas) algunas con actividad antimicrobiana, anticuerpos, células macrofágicas con una misión defensiva,

hormonas propias del animal y además pueden detectarse sustancias extrañas (Ej. residuos de antibióticos, de pesticidas, micotoxinas) que llegan al animal a través de su alimentación, pre-tratamiento con medicamentos y hormonas o de forma accidental.

2.2.3.3 PROPIEDADES MICROBIOLÓGICAS

La leche presenta un medio de cultivo ideal para los microorganismos.

Estos gérmenes pueden actuar de diversas maneras. Por una parte los hay técnicamente perjudiciales, es decir, influyen negativamente sobre los procesos tecnológicos de la industria lechera, por otra puede causar enfermedades (gérmenes patógenos). Por eso es necesario higienizar bien la leche antes de su transformación industrial o su venta.

Algunos microorganismos por ejemplo las bacterias ácido lácticas y los mohos, pueden ser útiles para la obtención de ciertos productos (leches fermentadas).Entonces estos se emplean en forma de cultivos especiales.

La leche posee escasa cantidad de gérmenes inmediatamente después de su extracción de la ubre, sin embargo el contenido microbiano puede ser considerado cuando la vaca padece alguna enfermedad mamaria. La cantidad de gérmenes aumenta con rapidez al establecer la leche en contacto con el aire, los utensilios de ordeño, las manos del ordeñador y en virtud de otras causas de contaminación.

Existen otras especies bacterianas que producen la acidificación de la leche, producen gases, confieren a la leche mal olor y sabor.

2.2.3.3.1 GRUPOS IMPORTANTES DE BACTERIAS

COLIBACTERIAS: Llegan a la leche por mal higiene, no son termoresistentes, a partir de la lactosa producen ácido acético y láctico, se destruyen a 63°C. Son bacilos rectos generalmente flagelados periticos y, por tanto, móviles. Pueden multiplicarse

tanto en condiciones aerobias como anaerobias y son fácilmente cultivables en medios nutritivos sencillos. Catabolizan glucosa, lactosa y otros azúcares, mientras que no pueden utilizar urea ni citratos. No se forma hidrógeno sulfúrico. El rango de crecimiento se sitúa entre 4 y 46°C.

LACTICAS: Convierten lactosa, en ácido láctico, se auto inactivan al acidificar la leche, reducen el pH y se destruyen por pasteurización baja.

BUTIRICAS: Forman ácido butírico, CO₂ provienen del forraje. Son las causantes de un grave accidente en quesería que se traduce por el hinchamiento tardío del queso en las cavas de maduración. Resulta de la fermentación de lactato de cal, con la producción de ácido butírico y aséptico y de gases hidrogeno y anhídrido carbónico. Sin embargo el accidente no se produce en todos los tipos de quesos madurados y en los que ocurre se manifiesta de manera inconstante. Se conocen varias causas de estas variaciones:

PROPIONICAS: Producen ácido láctico, y acético y CO₂, forman ojos en los quesos, crecen a 24° C, no forman esporas, y se destruyen por pasteurización baja. Esta bacteria va a estimular especialmente el incremento de las bacterias bífidas que de forma natural están en el colón

PROTEOLITICAS: Llegan por medio de la paja y estiércol, son termo-resistentes. Son muchas las bacterias proteolíticas que descomponen la leche y sus subproductos y algunas pueden afectar la salud. Entre otras bacterias proteolíticas se encuentran: Pseudomonas, Alcalígenes, Serratia, micrococos, estreptococos y esporígenas. Especialmente las esporígenas aerobias se mantienen en la flora intestinal. La pasterización actúa sobre las bacterias esporígenas como un “shock térmico” para tomar la forma de bacterias y actuar libre de antagonistas (eliminadas durante la pasterización). Las bacterias proteolíticas desdoblan las proteínas desde péptidos hasta aminoácidos y le dan a la leche un sabor amargo (por la descomposición de las proteínas) además de alterar la textura de los productos.

PATÓGENAS: Proceden del hombre y animales, la mayoría no acidifican la leche. Es decir que provocan daño en el hospedero, generalmente, las bacterias patógenas son específicas, ya que un tipo de bacteria origina un tipo de enfermedad.

VIRUS: En la leche son bacteriófagos (atacan a las bacterias) impiden la acidificación de la leche y son termoresistentes.

MOHOS: No tienen importancia práctica en la leche líquida, por el contrario la tienen, y en alto grado, en la mayoría de los productos lácteos, se desarrollan en la superficie y en las partes en contacto con el aire, destruyen por pasteurización.

2.2.3.3.2 MICROORGANISMOS ÚTILES EN LA LECHE

Dos son las formas de bacterias encargadas de la producción de ácido láctico a partir de la lactosa, por un lado las que se agrupan en forma de cadenas de cocos y las otras que tienen forma de bastones o bacilos.

Las primeras pertenecen a los géneros estreptococos y las segundas al de los lactobacilos.

ESTREPTOCOCOS

Son los responsables de la acidificación de la leche o de los productos lácteos. Son encontrados principalmente en leche cruda. Causan algunos cambios deseables en la mantequilla, queso y leche cultivados, que dan como resultado, aromas y sabores agradables. Algunos de ellos son:

Streptococcus Lactis: Miden entre 0,5 y 1 micra, carecen de movilidad, no sobreviven a pasteurización larga a 63°C. La variedad multigene, transforma los azúcares en malta, dando el olor y sabor a la mantequilla. A temperaturas bajas tiende a formar cápsulas que dan a la mantequilla mayores proteínas. El agua favorece su desarrollo.

Streptococcus Cremoris: Tiene los mismos fines que el S.Lactis. Junto con cultivos mixtos degrada o descompone la caseína y participa en la maduración de los quesos blancos.

Streptococcus termophilus: Se encuentra en la ubre sana de las vacas, en las máquinas ordeñadoras, en recipientes, en la leche cruda. Resistente hasta casi el 80°C. Temperatura óptima 37°C. Junto con el lactobacilos bulgaricus forman el cultivo de yogurt.

LACTOBACILOS

Son los bastones que crecen en el suero de los quesos. Son anaerobios, no móviles, no esporulados, su tamaño varía. Se encuentra en la leche y sus productos. Entre los más importantes tenemos:

Lactobacillus Bulgaricus: Presente en la leche y quesos crudos. Producen ácido láctico. Interviene en la fabricación del yogurt proporcionándole el sabor y aroma característicos.

Lactobacillus Acidophilus: Desdobla los azúcares para formar ácido láctico.

Lactobacillus Brevis: Participa en la maduración de los quesos

2.3 GENERALIDADES DE LA LECHE SIN LACTOSA

La leche deslactosada es una leche especial que consumen aquellas personas que padecen de intolerancia o alergia a la lactosa (azúcar presente en la leche). Cada día la leche deslactosada es más accesible para todas las personas que cuidan su salud.

La leche deslactosada somete a un proceso en el cual se transforma la lactosa en glucosa y galactosa para hacerla de mayor digestibilidad. La cual está completamente

libre de lactosa, tienen una alta digestibilidad, ayuda a evitar toda clase de malestares a los intolerantes de la lactosa y aporta las propiedades nutricionales de la leche.

La **leche deslactosada** se obtiene de la siguiente manera:

Adicionando una enzima llamada **lactasa**, a la cual se la deja actuar unos minutos. Luego de ese tiempo la lactasa actúa hidrolizando la lactosa, obteniendo de esta forma **glucosa** y **galactosa**. Se establece la cantidad de lactosa que se encuentra en el líquido y si está por debajo del mínimo que se establece para no causar problemas en los consumidores, se termina el proceso.

Esta **leche** se elabora en forma industrial, a la cual luego se la pasteuriza y envasa, siendo posteriormente distribuida para su venta comercial.

2.3.1 CARACTERÍSTICAS DE LA LECHE SIN LACTOSA

- ❖ Es más dulce, por acción de la enzima **lactasa**.
- ❖ Es de fácil digestión.
- ❖ Se la metaboliza más rápidamente.
- ❖ Puede ser entera o desnatada.

2.3.2 PROPIEDADES DE LA LECHE DESLACTOSADA

Minerales: Entre las propiedades nutricionales de la leche deslactosada encontramos que es rica en calcio, potasio, fósforo, sodio, zinc... es decir, pierde la lactosa pero continúa manteniendo los principales nutrientes de la leche normal.

Vitaminas: Es un alimento que resulta principalmente rico en vitamina C, así como de la A. En menor cantidad tenemos varias del grupo B, en especial la vitamina B12.

Carbohidratos: Al eliminarse la lactosa, que es uno de los azúcares que contiene la leche, se trata de un alimento sin grasas ni hidratos de carbono.

2.3.3 BENEFICIOS DE LA LECHE DESLACTOSADA

La leche sin lactosa no solo la pueden tomar las personas que tengan intolerancia a la lactosa, sino también el resto de personas. Sin embargo, existen ciertas personas alérgicas a la caseína, la cual está presente en esta leche, por lo que no podrían tomarla.

Entre algunos beneficios de la leche deslactosada tenemos:

Esta leche evita que los intolerantes a la lactosa no sufran malestares como náuseas, cólicos y distensiones abdominales.

Es de muy fácil digestión y se metaboliza mucho más rápido.

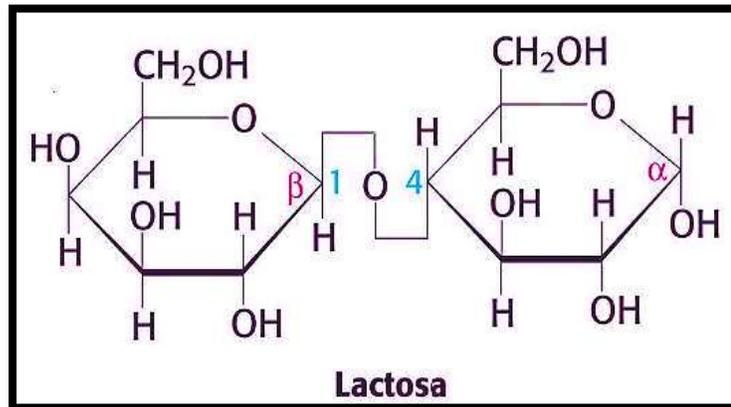
2.3.4 LACTOSA

La lactosa (b-D-galactopiranosil-D-glucopiranososa) es un disacárido formado por la unión de una molécula de glucosa y otra de galactosa. Concretamente intervienen una b-galactopiranososa y una b -glucopiranososa unidas por los carbonos 1 y 4 respectivamente. Al formarse el enlace entre los dos monosacáridos se desprende una molécula de agua. Además, este compuesto posee el hidroxilo hemiacetalico, por lo que da la reacción de Benedict.

A la lactosa se la llama también azúcar de la leche, ya que aparece en la leche de las hembras de los mamíferos en una proporción del 4 al 5%. La leche de camella, por ejemplo, es rica en lactosa. En los humanos es necesaria la presencia de la enzima lactasa para la correcta absorción de la lactosa.

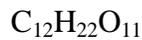
La fórmula de la lactosa es:

Figura 2.5
Formula de la lactosa



Fuente: <http://tiempodeexito.com/bioquimica>

La fórmula molecular es:



Cristaliza con una molécula de agua de hidratación, con lo que su fórmula es:



Luego se la puede también llamar lactosa monohidrato. Su masa molar es 360,32 g/mol.

Este enlace, que une a los dos monosacaridos, es hidrolizado por una disacaridasa específica denominada Lactasa, localizada en el borde en cepillo de las células epiteliales del intestino delgado. La glucosa y la galactosa que son liberadas como resultado de la hidrólisis, son absorbidas y transportadas a través del sistema porta hasta el hígado.

Cuando la lactosa llega al intestino delgado, la enzima lactasa actúa sobre la lactosa que se encuentra en los alimentos ingeridos, dividiéndola en las dos moléculas que la

componen, con el fin de que puedan ser absorbidas, digeridas y transportadas a través del torrente sanguíneo.

Cuando la persona tiene un déficit de lactasa (la enzima lactasa presenta una baja concentración o no se produce, se puede observar la diferencia en la figura 2.3), la lactosa de la dieta no puede ser digerida en el intestino delgado, pasando directamente al intestino grueso, donde es fermentada por la flora bacteriana, provocando distintos síntomas algunos de ellos como: náuseas, diarrea, calambres, gases e hinchazón del vientre.

Esta situación se conoce como intolerancia a la lactosa, alactasia hereditaria, alactasia congénita o hipolactasia. La intolerancia a la lactosa es muy común y afecta al 75% de la población en todo el mundo. Hay ciertos grupos étnicos más propensos a padecer esta afección, como las razas asiáticas, en las que cerca del 90% de la población presenta este trastorno intestinal.

Existen otras clases de Intolerancia a la Lactosa, como una forma genética, muy rara, y la Intolerancia a la Lactosa secundaria a enfermedades intestinales, incluyendo las infecciones. No es raro ver que un bebe, después de una infección intestinal, no tolere los productos lácteos, por lo que se impone una dieta transitoria a base de fórmulas carentes de lactosa, hasta tanto su intestino delgado haya regenerado las células del borde en cepillo y esta hayan madurado lo suficiente como para producir de nuevo lactasa.

De hecho, la Intolerancia primaria a la Lactosa difícilmente puede ser considerada una enfermedad, ya que existe una programación genética que determina una disminución de la síntesis de lactasa (después de todo, los humanos, al igual que otros mamíferos, desde el punto de vista biológico no están supuestos a tomar leche después de los primeros meses de vida).

De cualquier manera, para las personas que viven en una sociedad donde la leche es un importante componente de la dieta, ser intolerante a la lactosa conlleva ciertos problemas menores.

El tratamiento consiste fundamentalmente en evitar los alimentos que contienen lactosa. Es conveniente recordar que en ese caso, se hace recomendable utilizar suplementos de Calcio y otros minerales que usualmente están asociados a los productos lácteos.

Figura 2.6
Comparación entre un tolerante e intolerante a la lactosa



Fuente: www.kaikusinlactosa.es

2.4. PROPIEDADES FISICAS DE LA LACTOSA

La lactosa contribuye al peso específico, al punto de congelación, al punto de ebullición y a la presión osmótica, pero no de forma directa al pH de la leche (Warner 1980).

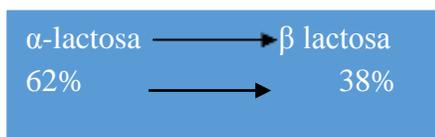
Según (Luquete y Col, 1991), destacan que la lactosa hidratada contiene un 5% de agua, que es 7 veces menos soluble que la β lactosa anhidrida; y por el contrario su poder rotatorio es más alto. Los mismos autores manifiestan que debido a la baja solubilidad de la α lactosa monohidratada, es posible aislarla por la cristalización a partir de las soluciones concentradas y saturadas de isómeros α y β .

2.4.1 PROPIEDADES QUÍMICAS

Vasconez, C (1996), manifiesta que es importante determinar la solubilidad porque permite conocer las relaciones soluto-solvente con el objeto de poder aplicar precisos para aislar o purificar cualquier especie química, carácter de importancia industrial.

De hecho, cuando se disuelve lactosa en agua, a una temperatura determinada se aprecia que se disuelve rápidamente a cierta cantidad que, según (Spreer, 1990), corresponde a la forma α y si se agita esta solución durante 24 horas se observa que se disuelve una nueva cantidad. En efecto, una fracción de lactosa α se ha transformado en lactosa β más soluble. El mismo autor resume que la solubilidad se obtiene cuando la solución está saturada (15°) de lactosa.

se ha demostrado que la lactosa es un azúcar relativamente poco soluble y es dependiente de la temperatura, además; alcanza su equilibrio máximo cuando se ha obtenido 62% de lactosa α y 38% de β .



Luquet, F y Col. (1991) manifiestan que este azúcar es 10 veces menos solución que la sacarosa y la capacidad de disolución de la α -lactosa monohidratada aumentan con el tiempo debido a que el fenómeno de mutarroción hace que aparezca β lactosa, que es 7 veces más soluble. La solubilidad inicial de la lactosa ordinaria a 15°C (7.3, gr/100 ml de agua), se eleva, tras agitación hasta 17gr. (Alais, 1985).

Según Kessler citado por Luquet F. y col. (1991) la solubilidad de la lactosa en función de la temperatura varía normalmente.

- A 15°C la solubilidad inicial es: 7.3gr De α -lactosa, por 100gr de agua.
- A 15°C , después de 24 horas, la solubilidad es: 17 gr de mezcla de α y β en 100gr de agua.
- A 25°C , después de 24 horas la solubilidad final es: 22 gr de mezcla de α y β en 100gr de agua.

2.4.2 INCREMENTO DEL PODER EDULCORANTE

La hidrólisis de la lactosa tiene además ciertas consecuencias funcionales, que pueden ser utilizadas en la elaboración de algunos derivados. Una de ellas es el incremento en el poder edulcorante.

La lactosa es un azúcar poco dulce; sin embargo, al hidrolizarse, la glucosa y la galactosa por separado tienen un efecto edulcorante mayor. En leche hidrolizada, este ligero incremento en el sabor dulce puede ser objetado por algunas personas; sin embargo, se ha encontrado que en general es aceptado e incluso resulta atractivo especialmente en niños y adolescentes. En el caso del yogurt es especialmente interesante, ya que este tiende a ser considerado como un producto dietético, pero se sabe que los yogurts dulces y con sabor son los mejores aceptados; por lo tanto si este es elaborado con leche hidrolizada, se podrá tener un yogurt más dulce sin necesidad de agregar más calorías.

Luquet. F. y col (1991), en cuanto al dulzor expresa que la lactosa tiene un poder edulcorante bajo. Una forma de composición, se puede indicar que la lactosa tiene un índice de 17, glucosa 75, sacarosa 100 y la fructosa 170.

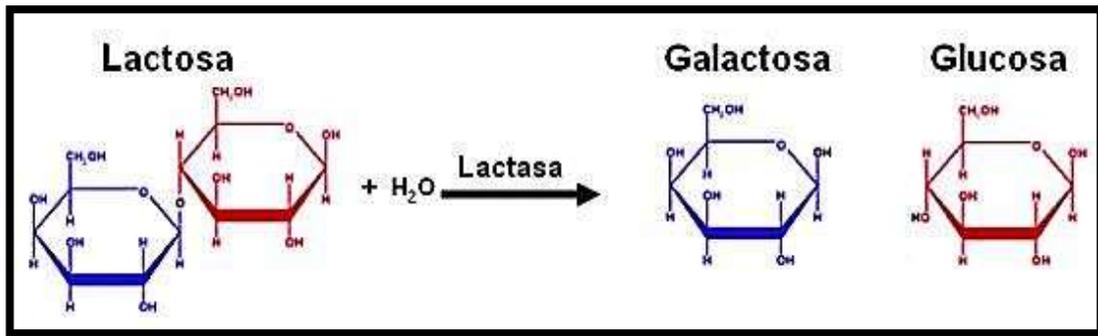
Fennema (1982) coincide en que este azúcar posee un poder edulcorante de seis veces menor que el azúcar ordinario (sacarosa), lo que considera adecuado para reforzar las dietas lácteas.

2.5 ENZIMA LACTASA

La **lactasa** es una enzima producida en el intestino delgado, que juega un papel vital en el desdoblamiento de la lactosa al transformarla (proceso necesario para su absorción por nuestro organismo, como se puede apreciar en la *figura 2.7 Modo de la acción de la enzima lactosa*) sus dos componentes básicos: glucosa y galactosa. Si los niveles de lactasa son bajos o ésta no realiza bien su labor desdobladora, aparecen dificultades para digerir la lactosa. Cuando el organismo no es capaz de asimilar

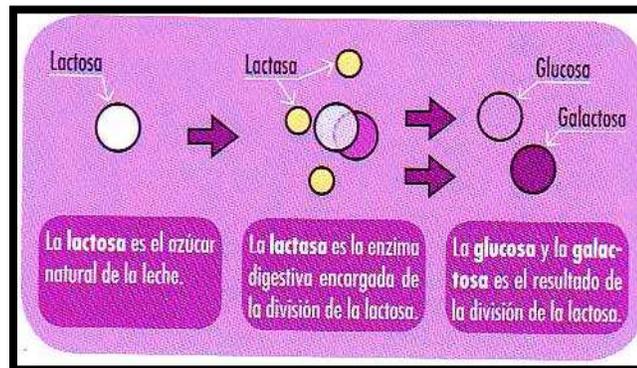
correctamente la lactosa aparecen diversas molestias cuyo origen se denomina intolerancia a la lactosa. Modo de acción de la enzima lactasa en la lactosa:

Figura 2.7
Modo de acción de la enzima lactasa en la lactosa



Fuente: <http://tiempodeexito.com/bioquimica>

Figura 2.7.1
Comparación entre un tolerante e intolerante a la lactosa



Fuente: Kaiku, 2011.

Esta pertenece a la familia de las disacaridasas, que son enzimas que se encargan de romper los disacáridos en los monosacáridos que los forman. La falta de lactasa origina intolerancia a la lactosa, que es una anomalía relativamente frecuente, sobre todo en personas de edad avanzada.

Las anomalías (POWEEL, 2009) relacionadas con la lactasa son:

Intolerancia a la lactosa: síndrome clínico que cursa con una o más de las siguientes manifestaciones: dolor abdominal, diarrea, náuseas, flatulencia y sensación de plenitud tras la ingestión de un producto que contenga lactosa.

Mala absorción de lactosa: es un problema fisiológico que se asocia a la intolerancia a la lactosa y se atribuye al desequilibrio entre la cantidad de lactosa ingerida y la capacidad de dirigir la lactosa.

Deficiencia primaria de lactasa: es la ausencia relativa o absoluta de lactasa que se desarrolla durante la infancia y que en la mayor parte de los casos es la causa de la mala absorción e intolerancia a la lactosa. Esta deficiencia también se refiere como hipolactasia de adultos, ausencia de la persistencia de lactasa o deficiencia lactasica hereditaria.

Deficiencia secundaria de lactasa: es la deficiencia de lactasa por lesiones del intestino delgado, gastroenteritis aguda, diarrea persistente, quimioterapia para el cáncer, es decir por trastornos que altera la mucosa gástrica y que se representan a cualquier edad si bien es común en la infancia.

Deficiencia congénita de lactasa: es un caso extremadamente raro de déficit de lactasa por causas desconocidas que se representan en el recién nacido. Hasta el desarrollo de preparados infantiles de lactosa, los sujetos con este déficit no podrían sobrevivir.

2.5.1 FORMACIÓN DE OLIGOSACÁRIDOS

Como ya se mencionó anteriormente, la enzima β -galactosidasa es la responsable de la hidrólisis enzimática de la lactosa. El mecanismo de acción enzimática postulado por Wallenfels y Malhorta establece que la enzima transfiere el residuo de D-galactosa de un galactósido a un aceptor con grupos hidroxilos; cuando este aceptor es agua se forma la galactosa; sin embargo, al igual que otras glicosidasas, la transferencia puede hacerse a otros azúcares y alcoholes, dando lugar a la formación de oligosacáridos. Durante la hidrólisis de la lactosa se han logrado identificar hasta 12 diferentes compuestos siendo los más abundantes: la alolactosa (β -D-galactosa (1-

6) D-glucosa). La galactobiosa (β -D-galactosa (1-6) D-galactosa), la β -D galactosa (1-6) alolactosa, la β -D-galactosa (1-6) lacaatosa y la β -D-galactosa (1-6) galactobiosa, siendo la más abundante la alolactosa (Mahoney, R.R-Prenosil, J.E)

La cantidad y naturaleza de los oligosacáridos formados depende del origen de la enzima, así como de algunas de las condiciones en las que se efectúa la relación tales como concentración inicial de lactosa, tiempo de reacción, pH, temperatura y iones inorgánicos (Prenosil, J.E-Wierzbicki, L.E). A pesar de que algunos de estos oligosacáridos son menos digestibles y menos solubles que la misma lactosa.

2.5.2 FUENTES DE LA ENZIMA

A pesar de que la presencia de esta enzima ha sido reportada en diversos microorganismos, son muy pocos los que se utilizan, los microorganismos reportados se enlistan a continuación (Gekas, V –Declaire, M-Kelly, C.T).

Dentro de las bacterias con actividad lactásica se encuentran: *Escherichia coli*, *Bacillus sp.*, *Thermusaquaticus*, *Lactococcus lactis ss. Lactis*, *Streptococcus salivarius ss. Thermophilus*, *Lactobacillus helveticus* y *Lactobacillus sporogenes*.

En cuanto a las levaduras: *Kluyvermyces lactis var. Actis*, *Kluyvermyces marxianus*, *Kluyvermyces bulgaricus*, *Candida kefyf*, *Bretranomyces anomalus* y *wingea roberstsi*.

Por lo que respecta a los hongos: *Neurosporacrassa*, *aspergillus foetidus*, *A. niger*, *A.flavus*. *A.oryae*, *A.phoenicis*, *Mucorpusillus*, *M. miehei*, *Scopuloriopsis sp.* *Alternaría palmi*, *A.alternara*, *Curvularia inaegualis*, *Finsarium moniliforme* y *Paecilomyces varioti*.

Solo algunas se utilizan actualmente en la producción a gran escala de la enzima: *A. niger*, *A. oryzae*, *K. lactis*, *K.marxianus* y *C.kefyf*.

Las características y propiedades de las lactasas comerciales serán descritas más adelante. Sin embargo se puede establecer de una manera general, que las lactasas de origen fúngico presentan mayor termoestabilidad que las de levadura y algunas bacterias; el pH óptimo de actividad cae dentro del rango ácido (lactasas ácidas), lo que las hace adecuadas para su aplicación en suero ácido; además, son extracelulares. Por otra parte, las lactasas de levaduras y bacterias son en general más termolábiles, el pH óptimo de actividad es cercano a la neutralidad (lactasas neutras), por lo que son las utilizadas en leche y suero dulce, y no se producen intracelularmente. Todas en mayor o menor grado se inhiben competitivamente por galactosa, mientras que la influencia de ion tanto como inhibidor y activador depende del origen.

Las lactasas neutras, donde el problema de termoestabilidad es más crítico, el estudio de la β -galactosida proviene de *Streptococcus salivarius* ss. *Thermophilus*, ha despertado gran interés en los últimos años. Este microorganismo es utilizado para en la elaboración de yogurt y diversos productos lácteos, por lo que además de su probada inocuidad, su producción a nivel comercial ha sido establecida. La lactasa de esta bacteria tiene un pH óptimo de 7.1, pero es estable al pH de la leche.

La temperatura óptima de esta actividad es de 55°C, desnaturalizándose rápidamente por arriba de ésta si la reacción se efectúa en solución amortiguadora. Sin embargo, la estabilidad se incrementa notablemente entre 37 y 83 veces, en un rango de 60 a 65°C cuando trabaja en leche, llegando a presentar una vida media de 146 minutos a 60°C. Estudios posteriores atribuyen este hecho a un efecto protector de las sales y proteínas propias de la leche. Además el efecto inhibidor de la galactosa es mínimo para esta enzima.

Otra lactasa bacteriana con similares ventajas es la proveniente de *Bacillus stearothermophilus* de la cual se reporta ser aún más termoestable que la anterior con una vida de 7.5 horas a 60°C o 1.3 horas a 65°C, y también poco sensible a la inhibición por galactosa. El problema de la explotación de esta enzima son los bajos rendimientos de producción comparados con los obtenidos con levaduras.

2.5.3 ENZIMAS COMERCIALES

Las principales propiedades de las lactasas disponibles a nivel comercial se observan en la *Tabla 2.3 Características de las lactasas disponibles comercialmente*.

Tabla 2.3
Características de las lactasas disponibles comercialmente

Origen	pH optimo	Temperatura optima
<i>A.niger</i>	3.0-4.0	55-60°C
<i>A.oryzae</i>	5.0	50-55°C
<i>K.lactis</i>	6.5-7.3	35°C
<i>K.marxianus</i>	6.6	37°C
<i>C.kefyr</i>	6.2	45-47°C

Fuente: Mahoney. R.R”Modification of lactosa and lactoce”

2.6 LECHE FERMENTADA

Los productos fermentados de la leche, denominados también lácteos fermentados, son productos e procedentes de los cultivos lácticos debido a la acción de las bacterias del ácido láctico (*Lactobacillales*) tales como: *Lactococcus*, y *Leuconostoc*. El proceso de fermentación incrementa la vida útil y de consumo del lácteo, mejorando la digestibilidad del mismo frente a la leche. Existen evidencias que demuestran la existencia de productos fermentados de la leche ya desde hace 10.000 años. Se ha diseñado en el laboratorio un rango de diferentes *Lactobacillus* capaces de proporcionar a los lácteos fermentados diferentes sabores. El efecto de los lácteos fermentados, es el de restablecer y fortalecer la flora intestinal (Alais, 1985).

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

Según (Barco, 2007), bajo la denominación específica de yogur, se incluyen las leches fermentadas fundamentalmente con *Streptococcus Thermophilus* y *Lactobacillus Bulgaricus*; estos dos microorganismos consiguen que el producto tenga:

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

En el caso de yogurt, se ha observado la desaparición de la vitamina B12, aumentándose el contenido de vitamina B6 (piridoxina) y permaneciendo sin cambio la riboflavina y los otros factores de este grupo (Alais, 1985). Las leches fermentadas contienen cantidades variables de ácido láctico; su riqueza raramente rebasa el 1%. A esta sustancia, se le atribuye un papel antiséptico intestinal. La digestibilidad de las

proteínas de la leche y se ve mejorada a causa de la pequeña hidrólisis que sufren (Alais, 1985).

La fermentación además de sus virtudes nutritivas, de inocuidad y conservación enriquece la dieta a través de la producción de una variedad de sabores, texturas y aromas. Prolonga la duración de los alimentos a la vez que reduce el consumo de energía necesario para prepararlos.

La fermentación ácido-láctica, se lleva a cabo por bacterias ácido lácticas; cuya actividad se desarrolla en ausencia de oxígeno y se manifiesta en la transformación de los azúcares presentes en ácido láctico, etanol, dióxido de carbono y otros (Flores, 1997).

Durante la fermentación la producción de ácido láctico, se debe al *Streptococcus Thermophilus* y el sabor característico del yogur, es producido por el *Lactobacillusbulgaricus*; ambos cultivos pueden producir polímeros extracelulares que contribuyen a la viscosidad del yogur (Gómez et al, 1999).

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

2.6.1 GENERALIDADES DEL YOGURT

El yogurt es un producto lácteo obtenido mediante la fermentación bacteriana de la leche.

Si bien se puede emplear cualquier tipo de leche, la producción actual usa predominantemente leche de vaca. La fermentación de la lactosa (el azúcar de la leche) en ácido láctico es lo que da al yogur su textura y sabor tan distintivo. A menudo, se le añade distintos tipos de saborizantes como: chocolate, fruta, vainilla y otros pero también puede elaborarse sin añadirlos.

Las propiedades que contiene el yogurt lo hacen un alimento altamente nutritivo pues aporta al ser humano proteínas de alta calidad, así como vitaminas, carbohidratos y grasas.

El yogurt es un derivado de la leche que se obtiene al añadir a la leche hervida, entera o desnatada los fermentos que degradan la lactosa y la transforman en ácido láctico. Las virtudes que se esconden en estas toneladas de invasión láctea son innumerables. Si bien el calcio es el que desempeña las funciones de gran estandarte de identidad del yogurt a secas -sin añadidos adicionales-, éste también contiene proteínas, grasas graduales, hidratos de carbono -con predominio de la lactosa-, vitaminas del tipo A y B, niacina y ácidos pantoténico y fólico difíciles de encontrar en otros alimentos, así como diferentes minerales, además de fósforo, potasio, magnesio, cinc y yodo, nutrientes que son de elevada biodisponibilidad.

Buena parte de culpa de toda esta descarga de salud que el yogurt guarda celosamente en su blancura, a veces ornamentada, la tienen los dos fermentos clásicos del yogurt: el *Lactobacillus bulgaricus* y el *Streptococcus thermophilus*, que permanecen vivos tras la fermentación.

Ambos se comportan como un equipo natural muy bien conjuntado: mientras el *Lactobacillus bulgaricus* es el principal responsable de la acidez del yogurt, el otro componente de la pareja le proporciona su aroma y textura inconfundibles. Estos fermentos se mantienen vivos por el frío, por lo que la conservación del yogurt debe ser siempre a baja temperatura, y le otorgan el don de ser fácilmente digerible; y aunque la persona presente un déficit parcial o casi total de lactosa, aseguran un importante aporte de calcio y, además, protegen y regulan la flora intestinal.

2.6.2 VALOR NUTRITIVO DEL YOGURT

La composición química de los alimentos es la mejor indicación de su potencial valor nutritivo, en la tabla 2.4 se presentan los principales constituyentes de algunos tipos de yogurt natural y de frutas. Si se aceptan estos valores como representativos resulta

evidente que el yogurt puede suponer una importante contribución en cualquier dieta. No obstante, debe aceptarse que los valores de composición solo son una "parte de la historia" y que, dejando a un lado las casi mágicas propiedades atribuidas al yogur, algunos aspectos de los efectos del yogurt en el organismo humano no se pueden deducir directamente de su análisis químico (Robison, 1977).

2.6.2.1 CARBOHIDRATOS

A) Carbohidratos disponibles:

El termino carbohidratos disponibles engloba todos los compuestos hidrocarbonados que pueden ser asimilados por el organismo humano y por tanto pueden representar una fuente de energía para su metabolismo. El yogurt natural contiene trazas de diversos mono- y di-sacáridos, pero la lactosa continua siendo el azúcar dominante. Incluso después de la fermentación el yogurt contiene 4-5% de lactosa según (Tamime, 1997). La razón de este relativamente elevado contenido estriba en que normalmente se suele adicionar a la leche un 14-16% de extracto seco lácteo, lo cual representa un 7% de lactosa por lo que el contenido de esta en el producto final no difiere apenas del de la leche. No obstante lo que si se diferencia es el efecto de este aparentemente idéntico contenido de lactosa en las personas con "Intolerancia a la lactosa" teniendo gran interés desde el punto de vista médico la naturaleza de esta reacción.

INTOLERANCIA A LA LACTOSA

Como ya se había mencionado anteriormente, la mayoría de los niños recién nacidos son capaces de secretar la enzima lactasa, por lo que la lactosa presente en la leche es hidrolizada fácilmente glucosa y galactosa. Estos monosacáridos, especialmente la glucosa, son fácilmente metabolizados, pero a medida que aumentan las necesidades energéticas de los niños comienzan a cobrar importancia otros alimentos distintos a la leche. Este cambio implica una pérdida progresiva de la importancia de la leche en la dieta, lo cual disminuye la ingesta de lactosa y la secreción de lactasa. De este modo

llega un momento en el desarrollo en el que se pierde la capacidad de asimilación a la lactosa, con lo cual esta queda libre y desencadena una serie de síntomas adversos.

Esta reacción a la ingestión de la leche se conoce normalmente como “intolerancia primaria a la lactosa”. En pacientes con deficiencia congénita de la enzima a la lactasa o que presentan alteraciones importante de la pared intestinal como resultado de una malnutrición se pueden apreciar distintas alteraciones.

Según **(Gallaher, Molleson&Caldweel, 1974)**, la explicación más evidente del fenómeno señalado es que los microorganismos del yogurt continúan metabolizando la lactosa tras la ingestión de la mismo, por lo que la cantidad de lactosa libre residual que alcanza el intestino es demasiado baja para desencadenar una reacción adversa. En efecto, algunos organismos lácticos, como por ejemplo *Lactobacillus acidophilus* toleran la acidez gástrica, siendo razonable suponer la presencia de estas bacterias en los estarters del yogurt, al menos en algunos de ellos. Incluso algunas cepas de *L.bulgaricus* toleran bajo pH del estómago, por lo que se puede sugerir que continúa un cierto grado de hidrolisis de la lactosa por los microorganismos en el estómago e incluso en el intestino. De modo semejante las enzimas secretadas por los microorganismos antes de la ingestión del yogurt pueden continuar su acción tras está habiéndose encontrado algunas evidencias de este echo (Goodenough&Kleyn, 1976)

Otro aspecto relevante dentro del contexto es que el yogurt ya está coagulado cuando llega al estómago, mientras que la leche coagula en este por la acción a la acidez y de las enzimas secretadas (Davis&Latto, 1957).

Esta diferencia puede determinar que el yogurt quede parcialmente intacto tras la ingestión, retardándose así la difusión de la lactosa hacia las paredes del intestino (Khan, Macre y Robinson, 1979). Esta inhibición podría ser suficiente para permitir que la lactasa presente en el yogurt hidrolizara la lactosa en un grado suficiente para evitar sus efectos adversos.

Según las experiencias de (Bahrs y Kretschmer) confirman la hipótesis de que el yogurt es un alimento perfectamente aceptable para las personas con tendencia al padecimiento de intolerancia a la lactosa

B. Carbohidratos no asimilables:

Aunque el yogurt natural se elabora exclusivamente a base de la leche, los yogures batidos de frutas suelen llevar adicionados normalmente agentes estabilizantes para reducir la separación del suero durante la distribución. El uso de estabilizantes ya ha sido estudiado a fondo, pero es importante resaltar que muchos de ellos son carbohidratos complejos. La goma de guar, garrofin, los carragenatos y los derivados de celulósicos son polisacáridos de cadena larga constituidos por unidades de monosacáridos dispuestos ordenadamente, siendo importante señalar dentro de este contexto que estas moléculas no pueden ser dirigidas por las enzimas intestinales humanas.

Esta es la razón por la que estos hidrocoloides son denominados normalmente carbohidratos no asimilables y como tales pueden desempeñar un papel nutritivo en el organismo de alguna de las siguientes formas:

Aumentando el volumen del contenido intestinal, lo que estimula el peristaltismo y reduce los riesgos del padecimiento de disfunciones del colon.

Absorbiendo ciertas sustancias químicas parcialmente tóxicas que se hayan podido formar en el intestino como resultado de la acción bacteriana,

Retardando la difusión de azúcares a través de la pared intestinal, lo cual resulta beneficioso para las personas que padecen intolerancia a la lactosa o que presentan tendencia de la hiperglucemia post-prandial.

Cuando en la dieta se incluyen carbohidratos no asimilables, la absorción de glucosa disminuye y con ello el estímulo para la producción de insulina, pudiendo resultar beneficiosa desde el punto de vista biológico esta tendencia a la homeostasis.

Tabla 2.4
Valor comparativo del yogurt en 150 gramos

NUTRIMENTO	Yogurt Entero	Yogurt bajo en grasa	Yogurt bajo en grasa con fruta
Calorías	163	85	141
Carbohidratos	23.6 gr	11 gr	26.9 gr
Proteínas	7.7 gr	7.7 gr	6 gr
Grasas	4.2 gr	1.2 gr	1.1 gr
saturadas	2.3 gr	0.8 gr	0.6 gr
Calcio	240 mg	285 mg	225 mg

Fuente: Edgardo Pedulla Rodríguez.

2.6.2.2 PROTEINAS

Las proteínas de la leche presentan un elevado valor biológico y tanto las caseínas como las proteínas del lactosuero (lactalbumina y lactoglobulina) contienen una elevada proporción de aminoácidos esenciales. Se presentan concentraciones de los mismos, quedando patente en la misma el elevado valor de la leche como componente de la dieta

El hecho de que la concentración de proteínas del yogurt sea superior de la leche como resultado de la concentración de la misma o de la adición de extracto seco

lácteo hace de este producto una fuente de proteínas de un atractivo superior al de la leche.

Es importante señalar que las proteínas del yogurt presentan una elevada digestibilidad, característica, mejorada por la proteólisis causada por los microorganismos estárter.

Otra característica relevante es que las proteínas lácteas del yogurt se encuentran ya coaguladas antes de la ingestión, por lo que además del efecto, la formación de un coagulo blando en el estómago puede representar ventajas. La diferencia entre el yogurt y la leche en este aspecto es semejante al diferente comportamiento de leche fría y caliente, ya que las caseínas de la leche fría forman en el estómago un coagulo duro, mientras que las caseínas modificadas de la leche forman un coagulo más suaves. Las ventajas señaladas para este tipo de coagulo son:

Su estructura más suave no da lugar a molestias

La naturaleza más abierta de los agregados de caseína facilita el acceso de las enzimas más digestivas y así la digestión.

2.6.2.3 LÍPIDOS

Las materias primas tradicionales contienen 3-4% de grasa láctea. Los lípidos son parte integrante de una dieta equilibrada.

Las personas necesitan un aporte lipídico en la dieta por dos razones:

Como grasa de depósito-compuesta por ácidos grasos saturados, que sirve como fuente de energía o como protección de órganos vitales;

Como grasa estructural, que junto con las proteínas forma parte de las membranas de las células animales, especialmente importante para el cerebro.

Por todo ello resulta esencial el aporte de una cantidad adecuada de grasas en la dieta, aspecto de especial importancia para los niños. Las grasas son una fuente de energía

de gran valor, ya que cada gramo de grasa aporta unas 9 kilocalorías suficientes para metabolizar la malnutrición infantil se asocia con una falta de las calorías suficientes para metabolizar toda la proteína digestible, queda patente la importancia de una fuente de energía concentrada con las grasas.

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

2.6.2.4 VITAMINAS Y MINERALES

El mayor contenido en extracto seco magro del yogurt en relación con la leche líquida supone una mayor concentración de iones inorgánicos, en la mayoría de los casos las cifras hablan por sí mismas, pero el calcio merece una atención especial.

Según (Dupuis, 1964) el yogurt no solo puede ser una fuente de calcio importante para las personas que padecen intolerancia a la lactosa, sino que además aporta calcio más fácilmente asimilable y utilizable que el presente en otros productos.

La evaluación de la disponibilidad relativa de las vitaminas del yogurt resulta mucho más difícil ya que, a diferencia de los minerales, muchas de las ellas son sensibles al procesado de modo que el método de enriquecimiento, ya sea por adición de la leche en polvo o por ultrafiltración, el tratamiento térmico de la mezcla, la cepa de bacterias estarter empleada y las condiciones en las que se lleva a cabo la fermentación pueden modificar la concentración absoluta o relativa de las vitaminas más importantes.

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

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

2.6.2.5 CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS DEL YOGURT

Las características organolépticas del yogurt que se deben de tomar en cuenta se pueden observar en *tabla 2.5 Características Organolépticas del yogurt*

Tabla 2.5
Características Organolépticas del yogurt

Atributo	Yoghurt natural (aflonado)	Yoghurt saborizado (aflonado)	Yoghurt Saborizado (batido)
Apariencia			
a) Superficie	Suave como porcelana, sin separación de suero	Suave como porcelana, sin separación de suero	Apariencia homogénea, suficientemente batido, sin separación de suero
b) Color	Natural de la leche	Color correspondiente al sabor adicionado	Del correspondiente saborizante
c) Condiciones de frescura	Apariencia fresca	Apariencia fresca	Apariencia fresca
Olor	Característico de leche acidificada	Típico del saborizante adicionado acidificado	Típico del saborizante adicionado acidificado
Sabor	Típico, característico, agradable, de ligero a medianamente ácido	Típico, del saborizante agregado, agradable, de ligero a medianamente ácido	Típico del saborizante, agradable, de ligero a medianamente ácido
Consistencia	Casi cortable, ligeramente aflonado, sin separación de suero	Ligeramente aflonado, firme, sin separación de suero	Cremoso, viscoso, no pastoso.

Fuente: Richard Maduro (<http://maduroufps.blogspot.com>), 2013.

2.6.2.6 DEFECTOS Y CAUSAS EN EL YOGURT

Se puede observar los defectos y causas que se producen en el yogurt en la *Tabla 2.6*

Defectos y causas del yogurt:

Tabla 2.6
Defectos y causas del yogurt

Defecto	Causa
Color disparejo	Tratamiento con leche
Separación de suero	Daño del Gel
Separación de fases debido a la mala incorporación del aire	Batido, bombeado, etc. sin buena incorporación
Gel batido no homogéneo	Batido incompleto
Envase demasiado lleno	Llenado
Pegado a los bordes del vaso	Fallas en el transporte, volteo
Agua condensada en el interior	Fluctuaciones de temperatura
Apariencia "no fresca"	Demasiado viejo, seco, fallas de batido
Color demasiado pálido cuando se ha adicionado fruta de color natural pálido	Fallas en el procesamiento de fruta adicionada
Yoghurt sobrecolorado, cuando se ha adicionado fruta de color pálido	Fallas en el procesamiento de fruta adicionada
Distribución no homogéneos de los aditivos	Fallas en el batido
Presencia de aceite de nuez en la superficie (yoghurt con nuez)	Nueces de mala calidad, envasado en aliente del yoghurt
Color atípico	Fruta base o saborizante
Apariencia poco atractiva	Empaque

Fuente: Richard Maduro (<http://maduroufps.blogspot.com>), 2013.

Se puede observar el defecto del sabor y olor del yogurt y sus causas en la *tabla 2.7*

Defecto y causa del sabor y olor del yogurt:

Tabla 2.7
Defecto y causa del sabor y olor del yogurt

Defecto	Causa
Metálico, grasiento, aceitoso, rancio	Grasa de la leche (oxidación, rancidez)
A queso, amargo, pútrido	Proteína (proteolisis)
Muy ácido, sobrefermentado	Fermentación excesiva de la lactosa
Añejo, insípido	Carencia de las sustancias del aroma específico
Alimento de ganado	Leche cruda
quemado	Sobrecalentamiento de la leche
harinoso	Excesiva adición de leche en polvo
Pegajoso (viscoso), sabor extraño	Gran cantidad de estabilizante
A moho	Almacenamiento de la leche
A fruta, fermentado, levadura, maltoso, acidificación atípica	Crecimiento de contaminantes
Grumoso, harinoso	Acidificación de la fruta
Sabor artificial, a dulce	Adición de saborizante (muy concentrado, muy artificial)
dulce	Inapropiada dosificación de azúcar
Añejo o viejo	Sobrealmacenamiento del yoghurt o inapropiado almacenamiento

Fuente: Richard Maduro (<http://maduroufps.blogspot.com>), 2013.

Se tiene la tabla del defecto y causa en la viscosidad y consistencia del yogurt en la

tabla 2.8 Defectos de consistencia y viscosidad en el yogurt:

Tabla 2.8
Defectos de consistencia y viscosidad en el yogurt:

Defecto	Causa
Muy Líquido, lechoso, delgado	Firmeza del gel
Partido o resquebrajadizo	Agitación del gel
Granuloso, arenoso, grumoso	Defecto en la microestructura debido a la acidificación demasiado lenta efectuada por el <i>Streptococcus</i> . Etc.
Separación del suero	Sinéresis del gel
Demasiado viscoso (demasiado líquido)	Defecto de la estructura dina del yoghurt batido, fuerte batido, insuficiente contenido de sólidos
Pegajoso, grumoso, gomoso, demasiado firme.	Excesiva adición de estabilizantes, elección inadecuada de estabilizante

Fuente: Richard Maduro (<http://maduroufps.blogspot.com>), 2013.

2.6.2.7 YOGURT Y SALUD

Aunque el yogurt y otros alimentos similares han ocupado durante mucho tiempo un papel muy importante en la dieta de los habitantes de Oriente medio y Europa Central, en occidente solo se consumía ocasionalmente hasta que comenzaron a surgir las primeras teorías sobre los efectos beneficiosos sobre la salud, especialmente la de (Metchnikoff 1910), que relacionaba su consumo con la superior longevidad de las tribus de las montañas de Bulgaria, a raíz de las cuales de aumento notablemente el interés por este producto.

Básicamente se sostenía que una de las causas del envejecimiento humano es la absorción intestinal y el paso al torrente sanguíneo de determinados compuestos nocivos resultantes de la acción de las bacterias de la putrefacción en la porción terminal del íleon y colon.

Se postuló que si se lograba suprimir la acción de estas bacterias evitarían las manifestaciones de los efectos adversos de los productos de su metabolismo y que, por lo tanto, las personas gozarían de una vida más larga y sana. Esta hipótesis parecía completamente razonable, explicando la inhibición de la acción de las bacterias por el yogurt por las siguientes razones:

Las bacterias ácido lácticas del yogurt resisten valores de pH bajos, mientras que la mayoría de las bacterias restantes presentan un crecimiento y actividad metabólica óptimos a los valores de pH próximos a la neutralidad. Por lo tanto a medida que el yogurt pasa por el intestino, el ácido láctico que contiene el producto, y quizás el que produce las bacterias de yogurt, destruye la microflora indeseable.

El yogurt se ha considerado como un alimento **probiótico**. Un alimento probiótico se considera “un cultivo o mezcla de cultivos de microorganismos vivos incorporados a algunos productos para beneficiar la salud del huésped humano o animal a través de la flora intestinal”, esto quiere decir, que éste tipo de alimentos se elaboran a partir de

bacterias benéficas para el organismo, que, al ingerirlos, pueden sobrevivir a los ácidos del estómago y llegar intactas al intestino donde llevan a cabo su misión.

Como ya es sabido, el tracto gastrointestinal contiene una microflora normal, es decir, tenemos miles y millones de bacterias (buenas y malas) que habitan en nuestro intestino. Es por esto que se necesita que haya una relación mayor de bacterias benéficas, que compitan por ocupar los lugares de las bacterias patógenas como la *E. coli* y *Streptococcus* entre otras.

Figura 2.8
Yogurt saborizado con frutas



Fuente: www.Fresasyfrutasdelbosque.com

2.6.2.8 TIPOS DE YOGURT

A través de los años han sido lanzados al mercado diferentes tipos de yogurt, los cuales se han adaptado a las necesidades de cada familia, pero en sí, el yogurt se puede clasificar ya sea por el método de elaboración, por su sabor y por su contenido graso; entre ellos podemos encontrar los siguientes:

YOGURT AFLANADO:

La leche pasteurizada es envasada inmediatamente después de la inoculación.

YOGURT BATIDO:

La inoculación de la leche pasteurizada se realiza en tanques de incubación.

YOGURT LÍQUIDO:

Es mezclado con una mayor parte de leche líquida.

YOGURT FRUTADO:

Se le agregan frutas procesadas en trozos.

YOGURT NATURAL:

Solo se adicionan estabilizantes y conservantes.

YOGURT SABORIZADO:

Contiene saborizantes naturales y/o artificiales.

2.7 PROPIEDADES FÍSICAS DEL YOGURT

Las propiedades físicas del yogurt pueden ser afectadas por el tipo de procesamiento térmico por el que atraviesen, por lo cual las características del yogurt pueden ser cambiadas drásticamente, entre ellas:

- Viscosidad:** La leche cuenta con mayor viscosidad que el agua ya que la materia grasa en estado globular y las macro moléculas proteicas, provocan que la viscosidad disminuya con el aumento de la temperatura.

- Capacidad de retención de agua:** Las proteínas de los carbohidratos tienen una gran capacidad de gelificación.

- Índice de hidratación proteico:** Se refiere a la capacidad de proveer cierto grado solventación.

2.8 FUNDAMENTOS DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DEL YOGURT

Las consideraciones del proceso de elaboración del yogurt, son aplicables a otros tipos de leches fermentadas a continuación se describe el proceso:

PREPARACIÓN DE LA LECHE

LECHE

Para la elaboración del yogurt se necesita leche de excelente calidad.

La leche debe provenir de vacas sanas, libres de mastitis y leches que estén fuera del periodo calostrual. Deben estar libres de antibióticos y desinfectantes.

Tener bajo recuento bacteria (porcentaje negativo de Coliformes, patógenos, hongos).

Poseer poca actividad lipolítica (mínima hidrólisis de grasa para evitar la rancidez).

Ser concentrado en sólidos totales (17 a 18%).

No poseer acidez mayor a 18°Dornic.

CONSISTENCIA

Las proteínas desempeñan un importante papel en la formación del coagulo y por tanto la consistencia y viscosidad del producto es directamente proporcional a la concentración de la proteína presente.

Entre las ventajas que se consigue concentrando sólidos, especialmente las proteínas se tiene:

Mejora el sabor y enmascara la percepción de acidez

Mejora la consistencia y viscosidad.

Previene la separación del suero. (Almanza y Barrera, 1991).

FILTRACIÓN

Se realiza por medio de filtros especiales con la finalidad de eliminar impurezas.

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

Concentración mediante calentamiento (no se usa comercialmente).

Adición de leche o productos lácteos en polvo.

Concentración mediante evaporación a vacío.

Concentración mediante filtración por membrana (ultrafiltración u ósmosis inversa).

HOMOGENIZACIÓN

La homogenización consiste literalmente en la formación de una emulsión homogénea de 2 líquidos inmiscibles, esto es, aceite-grasa y agua.

Emulsiones de aceite en agua, en las que las gotas de aceite o grasa se encuentran dispersas en la fase acuosa. En esta categoría se incluyen la mayoría de los productos lácteos y homogeneizados

Emulsiones de agua en aceite, en las que las gotitas de agua se encuentran dispersas en la fase oleosa, siendo la mantequilla el ejemplo más característico. La leche destinada a la elaboración de yogurt es una típica emulsión del tipo “aceite en agua”, por lo que constantemente la grasa presenta una clara tendencia a separarse formando una capa superficial. Para prevenir esta separación, la mezcla base es sometida a un proceso de mezclado a elevada velocidad u homogenización, es decir la leche es forzada a pasar a través de un pequeño orificio a elevada presión.

2.8.1 TRATAMIENTO TÉRMICO

El tratamiento térmico al que es sometida la leche destinada a la producción de yogurt es suficiente para destruir la mayor parte, si no todos, las formas vegetativas de los microorganismos presentes en la leche cruda (Gilmour y rowe, 1981), pero algunos microorganismos esporulados y algunas enzimas termoestables pueden resistir estos tratamientos.

La disminución de los efectos de competitividad hace de la leche sometida a tratamiento térmico un buen medio de cultivo para los microorganismos estárter del yogurt, pero a pesar de ello, la calidad bacteriológica de la leche cruda y de los

ingredientes deshidratados empleados para la preparación de la mezcla base es de gran importancia.

Los efectos del tratamiento térmico se pueden resumir fundamentalmente en los siguientes:

Destrucción y/o eliminación de microorganismos patógenos y otros microorganismos indeseables.

Producción de factores estimulantes o inhibidores de los cultivos estarter del yogurt.

Cambios en las propiedades fisicoquímicas de los componentes de la leche.

2.8.2 EFECTO SOBRE OTROS COMPONENTES DE LA LECHE

Aunque resulta evidente que los componentes de la leche más afectados por el tratamiento térmico a las temperaturas normalmente aplicadas durante la fabricación de yogurt son las proteínas, también pueden tener lugar otros cambios como consecuencia del calentamiento, incluyendo entre los más significativos a los siguientes:

La mayor superficie de los glóbulos de grasa resultante de la homogeneización a temperaturas de 60°C o superiores es ocupada parcialmente por material de membrana y en parte por componentes tensoactivos, como caseínas o proteínas del lactosuero desnaturalizadas.

El calentamiento de la leche puede afectar al estado de las sales en la leche, especialmente al calcio, fosforo, citrato y magnesio. Estas sales se encuentran en la leche en forma soluble o en estado coloidal, formando parte de las micelas de caseína.

El tratamiento térmico ordinario permite la eliminación de algunos sabores no deseables, pero determinados tratamientos pueden ser así mismo origen de sabores anómalos por ejemplo “sabor a caramelo” como resultado de reacciones de maillard entre la lactosa y los grupos amino de las proteínas.

2.8.3 PROCESO DE FERMENTACIÓN

Durante la elaboración del yogurt, una vez sometida al tratamiento térmico se enfría hasta la temperatura de incubación del cultivo estárter (*S.thermophilus* y *L.bulgaricus*) y la fermentación tiene lugar por lo general a temperaturas de 40-45°C, es decir, en las condiciones óptimas de crecimiento del cultivo mixto.

Los estárteres del yogurt metabolizan la lactosa presente en la leche para cubrir sus necesidades energéticas, dando lugar a la formación de ácido láctico y de otros compuestos importantes.

La producción gradual de ácido láctico comienza a desestabilizar los complejos de caseína-proteínas del lactosuero desnaturalizadas, por solubilización del fosfato cálcico y de los citratos.

Los agregados de micelas de caseína y/o las micelas aisladas se van asociando y coalescen parcialmente a medida que el pH se aproxima a su punto isoeléctrico, es decir 4,6-4,7.

Es probable que la interacción de la α -La/ β Lg con la κ -caseína a través de los grupos SH con la formación de puentes disulfuro proteja parcialmente a las micelas frente a una compleja desestabilización o ruptura, por lo que la red del gel o matriz queda formada por una estructura regular que atrapa en su interior al resto de los componentes de la mezcla base, incluyendo la fase acuosa.

2.8.4 ENFRIAMIENTO

La elaboración de yogurt es un proceso biológico, siendo la refrigeración uno de los métodos tradicionales más empleados para controlar la actividad metabólica de los cultivos estárter y sus enzimas. El enfriamiento del coagulo comienza inmediatamente después de alcanzar la acidez optima del producto, a un valor de pH de aproximadamente 4,6 o una concentración de ácido láctico de 0.9%, dependiendo del tipo de yogurt producido, el método de refrigeración empleado y/o la eficacia de la transmisión de calor.

Debido a la escasa actividad de los microorganismos del yogurt a temperaturas de 10°C aproximadamente, el objetivo básico del enfriamiento es disminuir la temperatura del coagulo de 30-45°C a menos de 10°C tan rápidamente como sea posible, para así controlar la acidez final del producto.

2.8.5 ENVASADO

El envasado es una etapa muy importante del proceso de elaboración del yogurt.

(Paine 1967) definió el objetivo del envasado de alimentos del siguiente modo:

El envasado es una forma de asegurar la distribución del producto hasta el consumidor final en adecuadas condiciones y con un mínimo costo.

Por tanto el yogurt debe llegar hasta el consumidor en adecuadas condiciones el material del envasado juega un papel importante. En general los materiales de envasado en contacto directo con los alimentos deben ser antitóxicos y químicamente inertes, es decir, no reaccionar con el producto que contienen. Por estas razones los plásticos son ampliamente utilizados en industria láctea y, debido a la naturaleza acida del producto, el material más adecuado para las tapas son las láminas de aluminio o, preferiblemente los materiales plásticos para sistema de fácil apertura.

2.9 ADICIÓN DE ADITIVOS PARA LA ELABORACIÓN DEL YOGURT

2.9.1 ESTABILIZANTES/EMULSIONANTES

Para la elaboración de diversos productos lácteos, incluido el yogurt, se emplean estabilizantes y/o emulsionantes, cuya utilización está regulada por la legislación vigente en la mayoría de los países.

La finalidad de la adición de estabilizantes a la mezcla base es mejorar y mantener las características deseables del yogurt es decir:

Textura

Viscosidad/consistencia

Aspecto

Cuerpo

Los estabilizantes se denominan en algunos casos hidrocoloides y su acción en el yogurt incluye básicamente dos funciones: retención de agua y favorecer un aumento a la viscosidad (boyle, 972; ingenpass, 1980; dexter, 1960).

Retienen el agua, ya que las moléculas de los estabilizantes son capaces de formar una red mediante enlaces entre ellos mismos y con diferentes componentes de la leche sin importar su origen, debido a la presencia de grupo carboxilo.

Los estabilizantes al ser carbohidratos de cadena larga son de difícil asimilación en nuestro organismo. Es por ello que su utilización esta limitada por la FAO/OMS, además su utilización depende del tipo de estabilizante usado y del extracto seco toral de la leche para la elaboración de yogurt a mayor cantidad de extracto seco menor cantidad de estabilizante. La tabla 2.9 nos muestra los rangos recomendados para el uso de diferentes estabilizantes.

Tabla 2.9
Concentraciones recomendadas de estabilizantes en la elaboración de yogurt

ESTABILIZANTES	CONCENTRACIÓN EN % EN LOS YOGURES
Peptinas o almidones modificados	0.02-0.2
Agar –Agar, gelatinas, carragenatos	0.2-0.5
Preparados de almidón	1-2

Fuente: Yogurt ciencia y tecnología, A.Y TAMIME. R.K ROBINSON.

2.9.2 AZÚCARES Y/O AGENTES EDULCORANTES

Normalmente en la elaboración de yogurt se suelen adicionar azúcares o agentes edulcorantes. La principal finalidad de la adición de azúcares o agentes edulcorantes

es atenuar la acidez del producto. La cantidad de azúcar o edulcorante añadido depende de:

- ❖ El tipo de agente edulcorante o azúcar utilizado.
- ❖ Las preferencias de los consumidores.
- ❖ La fruta utilizada.
- ❖ Los posibles efectos inhibidores sobre los microorganismos del yogurt.
- ❖ Las limitaciones legales.

El yogurt de frutas y el yogurt aromatizado contienen por término medio hasta un 20% de carbohidratos, los cuales proceden de:

La leche (lactosa, galactosa, glucosa) cuya concentración varía en función del extracto seco de la mezcla base y del método empleado para lograr el incremento del mismo.

Los azúcares presentes en las frutas añadidas (sacarosa, fructosa, glucosa y maltosa).

Existen dos tipos de edulcorantes: los calóricos o nutritivos y los acalóricos o no nutritivos.

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

Los edulcorantes no calóricos no proporcionan calorías, pero sí el sabor dulce, cuyo poder edulcorante, es hasta trescientas veces más que los calóricos. Este tipo de edulcorante es químicamente procesado a diferencia de los calóricos que se encuentran en forma natural en los alimentos.

El edulcorante de mayor utilización en la elaboración de yogurt es la sacarosa o azúcar de mesa aunque también se pueden usar otros como la miel de abeja, jarabe de maíz, jarabes de fructosa. Etc. Y en otros casos edulcorantes no calóricos como la sacarina ciclamato, aspartato.

2.9.3 SACAROSA

Este carbohidrato es muy abundante en el reino vegetal y se conoce vulgarmente como “azúcar”. Su forma empírica es $C_{12}H_{22}O_{11}$. El azúcar refinado se obtiene comercialmente a partir de la caña de azúcar o de la remolacha azucarera. Se utiliza mucho en la industria alimentaria como edulcorante, pudiendo ser obtenida de forma cristalizada o como jarabe. Para la elaboración de yogurt es aconsejable añadir antes del proceder del tratamiento térmico, ya que así se garantiza la destrucción de las formas vegetativas de los microorganismos contaminantes, mohos y levaduras osmófilas e incluso algunos esporos. No obstante, si es preciso añadir el azúcar después de la formación del coágulo tienen que adoptarse las medidas necesarias para evitar la distribución heterogénea del mismo y una excesiva disminución de la consistencia del producto.

2.9.4 AROMATIZANTES Y COLORANTES

Para la elaboración de yogurt aromatizado se utilizan distintos productos alimenticios. Los aromatizantes químicos o sintéticos son utilizados debido a su aroma al ingrediente natural.

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

2.9.5 CONSERVANTES

Los conservantes son sustancias químicas que proporcionan al medio donde se han añadido un ambiente no adecuado para el desarrollo de microorganismos, ayudando en la prolongación de la vida útil del producto. El agente conservante más usado en la

elaboración de alimentos, y entre ellos los productos lácteos es el sorbato de potasio. Aunque en el yogurt, el ácido láctico producido también actúa como conservante.

TÉCNICA DE ELABORACIÓN DEL YOGURT LÍQUIDO

El yogurt líquido o para beber es un yogurt batido de baja viscosidad, consumido normalmente como bebida refrescante. La baja viscosidad de este producto se puede lograr por distintos métodos.

El proceso tradicional consiste en la producción de yogurt a partir de leche entera sin azúcar. Tras la incubación, el yogurt se somete a agitación, se refrigera y por último, se diluye con un volumen igual de agua (véase en la figura 2.10). Este producto suele presentarse en botellas y característica distintiva del mismo es la separación de los sólidos y del suero, lo que exige que tenga ser agitado antes del consumo.

En la mayoría de las plantas de fabricación de yogurt es posible elaborar yogurt líquido a partir de una mezcla base con un bajo extracto seco total. En la fabricación industrial de yogurt tradicional el coágulo debe ser manipulado con mucho cuidado, pero en la elaboración de yogurt líquido las bombas positivas se sustituyen por bombas centrifugas para la transferencia del yogurt desde los tanques de incubación a los refrigeradores. Alternativamente se puede recurrir a agitación a alta velocidad para romper el coágulo tras la fermentación, o bien hacer pasar el yogurt a través de un homogeneizador sin aplicar presión. Para solventar el problema de la separación de suero es preciso incorporar a la mezcla base un agente estabilizante.

La composición típica de un yogurt líquido es:

Tabla 2.10
Composición de un yogurt líquido

Grasa	1-2%
Extracto seco magro lácteo	9.25%
Azúcar	5.5%
Estabilizante	0.27%
Jarabe de frutas con un extracto seco del 14%	5.5%

Fuente: Yogurt ciencia y tecnología , A.Y Tamime R. K. Robinson

Figura 2.8.1
Diagrama de elaboración de yogurt batido



Fuente: A.Y Tamime R. K. Robinso

2.10 YOGURT CON LACTOSA HIDROLIZADA

Durante el proceso de elaboración del yogurt los microorganismos estárter solo utilizan como fuente de energía, una parte de la lactosa disponible con la consiguiente producción de ácido láctico. La lactosa restante puede ser utilizada para conferir al yogurt sabor dulce sin aumentar su contenido en calorías. Este efecto se logra mediante la hidrólisis de la lactosa con la enzima β -D-galactosidasa (en polvo o líquida), la cual hidroliza la lactosa rindiendo glucosa y galactosa.

El poder edulcorante relativo de la lactosa y de los monosacáridos resultantes de su hidrólisis en comparación de la sacarosa (=1) es de 0.4 para la lactosa, 0.6 para la galactosa y 0.7 para la glucosa. No obstante, Engel (1973) observo que solo es necesario hidrolizar un 50% de la lactosa presente para lograr, por lo que respecta al sabor, un producto de calidad aceptable, pudiendo realizarse esta hidrólisis durante el almacenamiento en refrigeración de la leche o a temperaturas de 35°C el mismo día de su elaboración, es decir antes del tratamiento térmico de la leche.

Esta hidrólisis es solo deseable durante la fabricación de yogurt de frutas o aromatizados, ya que el yogurt natural nunca es edulcorado ni azucarado. Sin embargo la reducción de las concentraciones de lactosa en el yogurt natural mejoran su valor terapéutico (Gallagher, Molleson y Caldwell)..

2.11 ANÁLISIS SENSORIAL

Desde tiempos muy antiguos el hombre distinguió a los alimentos que le agradan o desagradan, exteriorizando en aceptación o rechazo. La calidad de un alimento es obviamente una suma mental de las propiedades físicas y químicas que contiene el alimento, estando implicados muchos factores sensoriales. Las pruebas físicas y químicas, aunque aportan mucha información útil y frecuentemente pueden correlacionarse con la calidad, deben suplementarse con ensayos organolépticos.

La evaluación sensorial se constituye en la actualidad una de las herramientas más importantes de análisis de alimentos (Ott, 1992).

2.11.1 TIPOS DE TEST BÁSICOS PARA EVALUACIÓN SENSORIAL DE ALIMENTOS

Los tipos de test para la evaluación sensorial se agrupan en dos categorías:

- ❖ Métodos de respuesta objetiva.
- ❖ Métodos de respuesta subjetiva.

2.11.1.1 MÉTODO DE RESPUESTA OBJETIVA

Este tipo de test, se lo realiza con jueces que previamente debieron haber pasado por etapas de selección y entrenamiento en las técnicas de degustación, además de tener un conocimiento completo de las características del producto a evaluar.

2.11.1.2 MÉTODO DE RESPUESTA SUBJETIVA

Para este método, el juez responde emocionalmente en la evaluación del producto, quien no requiere de un entrenamiento previo. Estos test determinan la preferencia o aceptabilidad (pruebas hedónicas) de un producto, en que los panelistas representan al

público consumidor para predecir el impacto que causara el producto en la población (Soruco, 2002).

2.12 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño factorial se entiende aquel, en el que se investiga todas las posibles combinaciones de los factores en cada ensayo completo o réplicas de experimento (Montgomery, 1991).

Sin embargo el diseño factorial es muy importante porque se usa ampliamente en el trabajo de investigación y porque constituye la base para otros diseños de gran valor práctico (Montgomery, 1991).

En el diseño factorial existen varios tipos como el 2^k que consiste en k factores cada uno con dos niveles y 3^k que consta de k factores cada uno con tres niveles, estos niveles pueden ser cualitativos y cuantitativos (Montgomery, 1991).

Cada uno con dos niveles, peor en el diseño 2^k tiene diferentes notaciones como ser la notación “+, -“, luego con letras minúsculas para identificar las combinaciones de los tratamientos y por último se utiliza los dígitos 1 y 0 para denotar los niveles alto y bajo del factor (Montgomery, 1991).

En el presente trabajo se utilizará el diseño:

$$2^k$$

Dónde:

2= significa los niveles

K = significa los factores o variables

El diseño experimental consta de un modelo:

TABLA 2.11

Diseño experimental para el proceso de dosificación del “yogurt deslactosado”

N° DE TRATAMIENTOS	COMBINACION DE TRATAMIENTOS	FACTORES			INTERACCION				RESPUESTA
		Ca	Cg	Cm	Ca Cg	Ca Cm	Cg Cm	Ca Cg Cm	Yi
1	(1)	-	-	-	+	+	+	-	Y₁
2	a	+	-	-	-	-	+	+	Y₂
3	b	-	+	-	-	+	-	+	Y₃
4	c	+	+	-	+	-	-	-	Y₄
5	ab	-	-	+	+	-	-	+	Y₅
6	ac	+	-	+	-	+	-	-	Y₆
7	bc	-	+	+	-	-	+	-	Y₇
8	abc	+	+	+	+	+	+	+	Y₈

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

Y = Variable respuesta. Grados de Acidez

Variables:

Ca = Cantidad de azúcar (250 gr ; 200 gr)

Cg = Cantidad de gelatina (10gr ; 7 gr)

Cm = Cantidad de maicena (8gr ; 4 gr)

TABLA 2.12

Diseño experimental para el proceso de deslactosado del “yogurt deslactosado”

PRUEBA S	TRATAMIENTOS	FACTORES		INTERACCIÓN DE EFECTOS	TOTAL
		T	Ce	T*Ce	Y_i
1	(1)	-	-	+	Y_1
2	a	+	-	-	Y_2
3	b	-	+	-	Y_3
4	ab	+	+	+	Y_4

Fuente: Elaboración Propia

Dónde: Variable respuesta Cantidad de Lactosa Hidrolizada.

Variables:

T= Temperatura (30°C y 42°C)

Ce= Cantidad de enzima (0.5ml; 3.6ml)

3.1. INTRODUCCIÓN

La parte práctica del trabajo de investigación, ELABORACION DE YOGURT DESLACTOSADO se realizó en el Laboratorio de las instalaciones de la planta procesadora de leche PIL TARIJA SRL ubicada en Km 2 carretera Bermejo.

3.2. DESCRIPCION DE EQUIPOS, INSTRUMENTOS, MATERIALES, MATERIA PRIMA, INSUMOS, Y REACTIVOS

Durante la realización de la parte experimental de la investigación se utilizó diferentes materiales, equipos, e instrumentos, además de materia prima, insumos y reactivos los mismos se describe a continuación:

3.2.1 EQUIPOS

Para realizar la parte experimental del trabajo se utilizaron los siguientes equipos:

CENTRIFUGADORA, se utilizó para determinar el contenido de materia grasa de la leche, gracias a su fuerza centrífuga (figura 3.1):

MODELO: 3680-2388
MARCA: Funke Gerber
ORIGEN: Alemania

Figura 3.1
Centrifuga multiuso SuperVario



AUTOCLAVE, (ver figura3.2) utilizada para el tratamiento térmico y para mantener constante la temperatura durante la etapa de fermentación. La autoclave utilizada tiene las siguientes características:

MODELO: Q190

MARCA: QUIMIS

CAPACIDAD: 50 Litros

MATERIAL: ACERO INOXIDABLE

PRESIÓN MÁXIMA: 1.5Kgf/cm² o 127 °C

Figura 3.2
Autoclave



BALANZA ANALÍTICA, utilizada durante el proceso, para pesar todos los insumos utilizados en la elaboración de yogurt. La balanza analítica (ver figura 3.3) tiene las siguientes especificaciones técnicas:

MODELO: AR3130
MARCA: OHAUS
INDUSTRIA: USA
CAPACIDAD: 310 GR
FUENTE: 8-14.5 V

Figura 3.3
Balanza Analítica



REFRIGERADOR, se utilizó para ayudar en la conservación de la leche del yogurt obtenido.

3.2.2 INSTRUMENTOS

Los instrumentos utilizados son los siguientes:

BRIXÓMETRO, (figura 3.4) Se utilizó este instrumento manual para medir el porcentaje de sólidos no grasos en la leche los cuales son expresados en °Brix sus datos técnicos son los siguientes:

MARCA: Atago
INDUSTRIA: Japonesa
ESCALA: 0.0- 23°Brix

*Figura 3.4
Brixometro*



TERMOMETRO, se utilizó para medir la temperatura de ebullición de la leche en el tratamiento térmico y mantener constante la temperatura de fermentación de la leche. Los datos técnicos se muestran a continuación

TERMOMETRO DE MERCURIO

Marca: Nahita

Escala: -10 a 110°C

3.2.3 MATERIALES

Los materiales usados se detallan en la tabla 3.1

Tabla 3.1
Materiales utilizados en la elaboración de yogurt deslactosado

Descripción	Cantidad	Capacidad	Calidad
Pipetas	3	10ml	Vidrio
Pipeta	1	1ml	Vidrio
Pipeta	1	0.1ml	Vidrio
Piseta	1	1000ml	Plástico
Cuchara	1	Mediana	Metálica
Tachos	3	5l	Acero inoxidable
Jarra graduada	1	2l	Plástico
Espátula	1	-	Metálica
Licadora	1	2l	-
Embudo	1	-	Plástico
Vaso precipitado	1	500ml	Vidrio
Pobreta	1	1000ml	Vidrio
Graduada			

Fuente: Elaboración propia

3.2.4 MATERIA PRIMA

La materia prima, utilizada en el presente trabajo fue leche entera, proveniente de la planta lechera PIL Tarija. En la figura 3.6 se puede observar la materia prima.

3.2.5 INSUMOS

Los insumos utilizados para la elaboración de Yogurt Deslactosado se detallan a continuación en la tabla 3.2.

Tabla 3.2
Insumos utilizados en la elaboración de Yogurt Deslactosado

INSUMOS	DESCRIPCION	PROCEDENCIA
Azúcar	Bermejo	Bolivia
Cultivo para yogurt	Y-812	Italia
Enzima	Lactase	España
Gelatina Neutra	Maprial	Ecuador
Maicena	Cargill	Brasil

Fuente: Elaboración propia

3.2.6 REACTIVOS

Los reactivos utilizados se detallan en la tabla 3.3.

Tabla 3.3
Reactivos utilizados

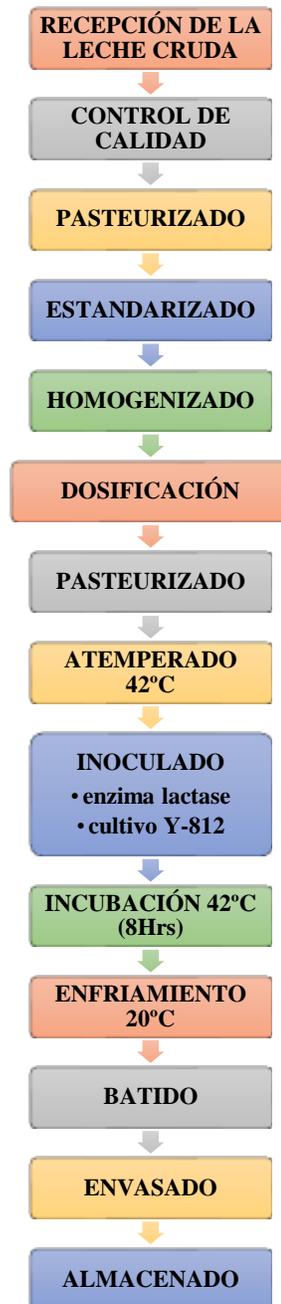
REACTIVOS	Concentración	Industria
Solución de Hidróxido de sodio NaOH	0.1N	Argentina
Fenolftaleína	5%	Alemana
Ácido Sulfúrico H₂SO₄	91%	Argentina
Alcohol Isoamílico	88.15g/l	Brasil
CMT		Argentina

Fuente: Elaboración propia

3.3 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO EXPERIMENTAL

En la figura 3.5 se muestra el procedimiento experimental seguido de la parte experimental.

Figura 3.5
Diagrama de elaboración de Yogurt Deslactosado



Fuente: Elaboración propia.

3.3.1 RECEPCIÓN DE LECHE

Para la elaboración de yogurt deslactosado se ha utilizado leche de vaca fresca de buena calidad previamente analizada.

CONTROL DE CALIDAD

La calidad del yogurt depende de la calidad de la materia prima, por lo tanto es indispensable realizar los distintos análisis para determinar si se encuentra en buenas condiciones, principalmente de las técnicas de elaboración empleadas y sobre todo de la higiene personal y de los utensilios utilizados.

La leche debe proceder de vacas sanas y libres de enfermedades infecto-contagiosas. Se determinó los siguientes análisis: grado de acidez, SNG, se realizó el análisis de materia grasa por el método de Gerber, pH inicial, y pruebas organolépticas descrito en la tabla 3.4. Estas determinaciones son requerimientos mínimos para poder garantizar que se está utilizando una leche en condiciones para ser procesada.

Tabla 3.4
Análisis realizados a la materia prima

SNG	8.5%
MATERIA GRASA	3.5%
pH	6.74
ACIDEZ	16°Dornic

Fuente: Elaboración propia

Las proteínas desempeñan un importante papel en la formación del coagulo y por tanto la consistencia y viscosidad del producto es directamente proporcional a la concentración de la proteína presente.

Entre las ventajas que se consigue concentrando los sólidos, especialmente las proteínas se tienen:

*Mejora el sabor y enmascara la percepción de la acidez

*Mejora la consistencia y la viscosidad.

*Previene la separación del suero (Almaza y Barrera, 1991)

3.3.2 TRATAMIENTO TÉRMICO

La materia prima utilizada, hace un recorrido desde el valle central de Tarija transporte de la misma hasta la fábrica se produce inevitablemente la contaminación por microorganismos, que llegan a contaminar indudablemente la leche. Por este motivo es una variable importante la temperatura de para el control de los microorganismos.

Para eliminar estos microorganismos, ya sea en forma total o parcial se lo realiza mediante un tratamiento térmico.

Se efectúa la pasteurización por las siguientes razones:

-Para proteger la salud pública, mediante la destrucción de microorganismos patógenos.

-Para aumentar el tiempo de conservación de la leche, por la destrucción de la mayoría de gérmenes acidificantes.

-Para asegurar la buena calidad de la leche.

La pasteurización está en función de dos variables: el tiempo y la temperatura.

El proceso de pasteurización consiste en el calentamiento del producto hasta una determinada temperatura a un determinado tiempo. La temperatura y la duración deben ser tales que impidan cambios físico-químicos y organolépticos.

Para la pasteurización la leche es impulsada por una bomba desde el balancín que donde es controlada por los sensores del balancín, pasa al pasteurizador, la leche entra en contracorriente donde es pre-calentada a una temperatura de 45°C, donde se

deriva a la descremadora eliminando todo tipo de cuerpos extraños, y donde es estandarizada, se extrae la grasa excedente de acuerdo a los porcentajes requeridos para cada proceso.

La leche descremada y libre de impurezas retorna al pasteurizador e ingresa a la zona de recuperación de calor donde se calienta a una temperatura de 65°C, debido a que la pasteurización está a 85°C puesto en contacto con las placas.

De ahí se procede a la etapa de pasteurización donde alcanza una temperatura de 85°C durante un tiempo de 15seg, en contra flujo con el agua caliente. Luego la leche pasa al proceso de homogenización reduciendo así el tamaño de glóbulos grasos, del homogenizador retorna la leche nuevamente al pasteurizador a una temperatura de 85°C. Este procedimiento se conoce con el nombre de “Alta temperatura y corta duración” HTST (HIGH TEMPERATURA SHORT TIME PROCESS)

Una vez que cede su calor la leche en el segundo grupo de placas, se enfría en el primer grupo de placas, llamado enfriamiento, colocándose en contracorriente con el agua fría proveniente del banco de agua fría a una temperatura de 7°C, luego vuelve a recircular al banco de agua a una temperatura de 12°C.

3.3.4. PROCESO DE DESCREMADO

Este proceso es también llamado estandarización aquí se depura la leche por un método físico con la utilización de la centrífuga en la cual se eliminan las impurezas macroscópicas y grumos existentes en la leche. Esto es necesario por las siguientes razones:

-La leche de consumo debe ajustarse a una riqueza de grasa determinada.

El descremado es la separación de la grasa de la leche obteniendo la crema, esta separación se da por la diferenciación de sus densidades entre glóbulos grasos y la fase acuosa que constituye la leche desnatada.

En la sala de procesos se cuenta con una desnatadora de funcionamiento centrífugo, una vez la leche pre-calentada a la temperatura de 45°C la leche ingresa por la parte inferior girando rápidamente y se distribuye en los discos separadores que le imparten la acción separadora. El producto más pesado formara una capa en la parte exterior del recipiente, mientras la grasa se juntara en la parte inferior del círculo de la leche y la crema en rotación. La leche sin separar entra y empuja a las distintas capas desde la parte inferior hasta la parte superior del recipiente.

Se prevé de dos platos en la parte superior para la salida de la leche y de la crema, la apertura que se encuentras más cercana al centro da la salida a la crema y la otra a la leche.

Ajustando el chorro de descarga por medio de un tornillo de ajuste en la apertura puede regularse la proporción de grasa en la crema.

La descarga de la crema es realizada en tachos previamente esterilizados con un contenido graso mínimo de 40%, y la leche es transportada al pasteurizador a través de cañerías de acero inoxidable

3.3.5 HOMOGENIZADO

La densidad de la materia grasa, que es más baja que la de otros componentes de la leche, tiende a provocar su separación natural, especialmente durante su almacenamiento.

La homogenización es un proceso durante el cual se reduce el tamaño de los glóbulos grasos y dispersar muy finamente las partículas emulsionadas en la mezcla líquida, esta mezcla adquiere así estabilidad por un tiempo más prolongado.

3.3.6 PATEURIZADO DE LA MEZCLA PARA EL YOGURT

Se realiza un segundo pasteurizado a la mezcla preparada para la elaboración de yogurt la cual contiene azúcar, gelatina y maicena, estos insumos hacen que la carga microbiana aumente, entonces por eso es muy importante este pasteurizado.

El pasteurizado de la leche se realizó en la autoclave, donde se calentó la leche a una temperatura de 80°C durante un tiempo de 20 minutos. Es recomendable que la leche se mantenga a esta temperatura en forma constante porque a temperaturas mayores desnaturalizan las proteínas y bajan la calidad del producto terminado y a temperaturas menores no eliminan la carga bacteriana y el producto llega a deteriorarse por la contaminación.

El tratamiento térmico ha sido utilizado para la destrucción y/o eliminación de la flora contaminante especialmente microorganismos patógenos.

3.3.7 ACONDICIONAMIENTO

Se realiza un descenso de temperatura para la adición del cultivo estárter y la preparación enzimática a una temperatura de 42°C para adicionar el cultivo láctico.

3.3.8 INOCULADO Y DESLACTOSADO

Consiste en incorporar a la leche el cultivo activado de yogurt en la proporción de 0.62ml por litro de leche, luego se agita suavemente hasta la obtención de una mezcla homogénea.

Se aplica al mismo tiempo la enzima lactasa para realizar la hidrolisis de la lactosa, a una temperatura que se encuentra a 42°C.

3.3.9 INCUBACIÓN

Esta operación consiste en mantener la mezcla anterior a una temperatura promedio 40-42°C durante un tiempo de 8 horas. Hasta alcanzar una acidez óptima que en este caso es de 48°D. Transcurrido este tiempo se puede observar la coagulación del producto adquiriendo la consistencia de flan.

3.3.10 ENFRIAMIENTO Y BATIDO

Se enfría rápidamente a temperatura ambiente para detener la hidrólisis como también el proceso de fermentación. Seguidamente se realiza el batido, que consiste en la agitación del yogurt suavemente hasta obtener un producto de cuerpo viscoso.

3.3.11 ENVASADO

El envasado se realiza en botellas plásticas que contienen 1 litro de capacidad, el envase esta previamente desinfectado con bacoccin una preparación para esterilizar el envase.

3.3.8 ALMACENADO

El producto es almacenado en cámara fría a una temperatura de 4°C. En estas condiciones pueden durar hasta 14 días sin alteraciones significativas.

3.4 METODOLOGÍA PARA OBTENCIÓN DE RESULTADOS

Para la obtención de los resultados del trabajo experimental de la investigación se analizó las siguientes características:

3.4.1 CARACTERÍSTICAS DE LA MATERIA PRIMA

Considerando las características más importantes como ser organolépticas y fisicoquímicas las cuales sufren cambios desde su recepción hasta la obtención del producto final.

Los parámetros en la leche cruda

- ❖ Color
- ❖ Olor
- ❖ Sabor
- ❖ Aspecto

3.4.2 ASPECTOS FISICOQUIMÍCOS

Las características determinadas en la leche pasteurizada estandarizada:

- ❖ Acidez
- ❖ Materia grasa
- ❖ Sólidos no grasos
- ❖ pH
- ❖ Lactosa
- ❖ Calcio Total
- ❖ Cenizas
- ❖ Fibra
- ❖ Hierro Total
- ❖ Hidratos de Carbono
- ❖ Humedad
- ❖ Proteínas
- ❖ Valor energético

3.4.3 CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS

Este análisis solo se realizó al producto final, donde se determinó:

- ❖ Coliformes fecales
- ❖ Coliformes totales
- ❖ Mohos y levaduras
- ❖ Bacterias aerobias mesófilas
- ❖ Staphylococcus aureus

3.4.3.1 TÉCNICAS DE DETERMINACIÓN DE LOS ANÁLISIS

En cuanto a los análisis: organoléptico, fisicoquímico y microbiológico de la materia prima, leche estandarizada y leche deslactosada, fueron determinadas en el laboratorio de PIL Tarija.

Uno de los análisis físico químico como ser la cantidad de lactosa presente en la leche y en el producto final, fue determinado en el Laboratorio Referencial del Oriente Boliviano LABROB-ALIMENTOS, de la universidad Autónoma “**Gabriel René Moreno**” Anexo A.

Entre otros parámetros fisicoquímicos y microbiológicos realizados al producto final que se muestran en las *tablas 3.5- 3.6* fueron verificados por el Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo (CEANID), dependiente de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma “**JUAN MISAEL SARACHO**”

3.4.3.2 NORMAS Y MÉTODOS PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

En la *tabla 3.5*, se muestran las normas y métodos utilizados para determinar las propiedades fisicoquímicas de la materia prima y del yogur deslactosado.

Tabla 3.5
Normas y métodos para determinar propiedades fisicoquímicas

Detalle	Norma	Método	Unidad
Humedad	NB 074-2000	Gravimétrico	%
Proteína total(N*6.25)	NB 466-81	Volumétrico	%
Fibra	Manual CEANID	Gravimétrico	%
Hidratos de Carbono	Cálculo	Cálculo	%
pH	Potencio métrico		
Materia grasa	Método Babcock	Gravimétrico	%
Cenizas	NB 075-74	Gravimétrico	%
Acidez % ácido láctico	NB 229-98	Volumétrico	%
Sólidos no grasos	Cálculo	Cálculo	%
Valor energético	Cálculo	Cálculo	Kcal/100g
Hierro	SM 3500-FeB		mg/100g
Sólidos totales	NB 231:1-98		%
Calcio total	Abs Atómica		Mg/kg
Hierro Total	Abs Atómica		Mg/kg
Proteína Total	NB- 466-81		%

Fuente: CEANID, 2015.

3.4.3.3.- NORMAS Y MÉTODOS PARA EL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

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

Tabla 3.6
Normas y métodos para determinar el análisis microbiológico

Detalles	Norma	Método
Coliformes totales	NB 32005	Tubos múltiples
Coliformes fecales	NB 32005	Tubos múltiples
Mohos y levaduras	NB 32006	Recuento de placa fluida
Staphylococo	NB- 32004	Recuento de placa fluida

Fuente: CEANID, 2015

3.5 ENZIMA

En el punto **2.5.3 Ver (ENZIMAS COMERCIALES)** se observa que para la hidrólisis de lactosas existen diferentes tipos de enzimas que se pueden utilizar de ellas, la que se utilizara es la enzima *Kluyveromyces lactis* ya que presenta mayor inhibición por producto en comparación con las otras enzimas y por otro lado trabaja con pH de 6.6 y eso indica que es la más adecuada para trabajar con leche natural con un pH de 6.67.

La enzima utilizada en este trabajo es Lacta-proq (5000NLU/g) por las condiciones de proceso que nos ofrece y además es una enzima comercial en nuestro medio.

3.5.1 DESCRIPCIÓN DE LACTA-PROQ

LACTAPROQ es una lactasa de grado alimentario obtenida por fermentación de *Kluyveromyces lactis* (libre de GMO), asegura una eliminación controlada de la lactosa en la leche, desdoblándola en glucosa y galactosa, con lo que puede ser digerida sin riesgo de intolerancia.

La lactosa es un disacárido que se encuentra en la leche de los mamíferos; la lactosa no es un azúcar dulce y es poco soluble. La lactasa (B-D-galactosidasa) hidroliza la lactosa y la descompone en glucosa y galactosa, azúcares que son relativamente dulces (80% de dulzura comparando con la sacarosa) y 3-4 veces más solubles que la lactosa sola.

Esta enzima permite producir leche y productos derivados bajos en lactosa, que puedan ser digeridos por cualquier persona sin que aparezcan los efectos adversos de la intolerancia a la lactosa. También cumple con el grado alimentario dadas por la Joint FAO/WHO Expert Commite on Food Additives (JECFA) y por la Food Chemical Codex (FCC).

LACTAPROQ cuenta con los certificados KOSHER Y HALAL y en su elaboración se cumplen las normas ISO 9001:2008 e ISO 22.000.

3.6 CULTIVO

El cultivo utilizado para la elaboración de yogurt deslactosado es el cultivo FY-L812, ya que este cultivo como centro de nuestro interés nos brinda una buena suavidad y cremosidad, por ello se utiliza este cultivo en el presente trabajo además que es adecuado para la fabricación de yogurt firme, batido y líquido. En el yogurt las cualidades de este cultivo son:

Aumenta la velocidad de fermentación de manera que supone una reducción de costes, sin comprometer la suavidad, calidad y estabilidad de la acidez en el yogur durante el tiempo de vida del producto.

Mejora tanto la viscosidad como la cremosidad del producto final. Esto permite el aumento de la calidad de los yogures bajos en grasa y enteros, y una ventaja adicional es la oportunidad de reducir costes y la opción de incluir etiquetas limpias, ya que la necesidad de añadir estabilizantes y/o proteínas de leche puede ser reducida significativamente.

Satisface los retos debidos a condiciones de almacenamiento por debajo de los niveles óptimos de manera que se evitan los cambios en el yogur durante el almacenamiento, principalmente cambios de pH (yogurt agrio). Esto aumenta la eficacia del proceso de producción además de la satisfacción del consumidor.

3.6.1 DESCRIPCIÓN DE YF-L812

Es un cultivo termófilo compuesto por *Lactobacillus delbrueckii* subs. *Bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*, con color blanco ligeramente rojizo o marrón, su aspecto físico es granulado. Toda la información relacionada con este cultivo se puede observar en el **anexo H** la *ficha técnica del cultivo*.

3.7 EVALUACIÓN SENSORIAL

En la realización de la evaluación sensorial del producto “Yogurt Deslactosado”, se utiliza la escala hedónica de acuerdo a lo que deseamos evaluar del trabajo experimental.

La evaluación sensorial. Sabor, consistencia y suavidad y acidez y aceptabilidad, del yogurt deslactosado, permitirá escoger el mejor tratamiento. Como respuestas experimentales se tendrán los análisis físicos químicos realizados al mejor tratamiento.

3.7.1 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA ELEGIR EL PRODUCTO TERMINADO YOGURT DESLACTOSADO

Se presentaron a 18 jueces no entrenados, 8 muestras de YOGURT DESLACTOSADO para evaluar sus atributos organolépticos sabor, consistencia y suavidad y acidez en el yogurt, mediante el test (ANEXO D).

3.5.3.5.- EVALUACIÓN SENSORIAL DEL PRODUCTO FINAL

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

3.8 DISEÑO EXPERIMENTAL

En el presente trabajo, dentro del proceso de la dosificación existen tres variables, cada una con dos niveles tal como se muestra en la tabla 3.5.

Tabla 3.5
VARIABLES DE LA DOSIFICACIÓN Y NIVELES DE VARIACIÓN

Variables	Unidades	Nivel inferior	Nivel superior
Cantidad de azúcar	gramos	250	200
Cantidad de gelatina	gramos	10	7
Cantidad de maicena	gramos	8	4

Fuente: Elaboración propia

En este trabajo al existir dos niveles de variación y tres variables se convierte en un diseño factorial de 2^3 , dando como resultado 8 muestras producidas por las combinaciones de tratamientos: (1), a, b, c, ab, ac, bc y abc. En la tabla 3.6 se muestra la matriz experimental para el proceso de dosificación del yogurt deslactosado.

Tabla 3.4
Matriz experimental de las muestras

Nº DE TRATAMIENTOS	VARIABLES			RESPUESTA	REPLICA
	Cp	Cl	Cj	Yi	Yj
1	-	-	-	Y _{1i}	Y _{1j}
2	+	-	-	Y _{2i}	Y _{2j}
3	-	+	-	Y _{3i}	Y _{3j}
4	+	+	-	Y _{4i}	Y _{4j}
5	-	-	+	Y _{5i}	Y _{5j}
6	+	-	+	Y _{6i}	Y _{6j}
7	-	+	+	Y _{7i}	Y _{7j}
8	+	+	+	Y _{8i}	Y _{8j}

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

Cp = Cantidad de azúcar (250 gr; 200 gr)

Cl = Cantidad de gelatina (10 gr; 7 gr)

Cj = Cantidad de maicena (8 gr; 4 gr)

4.1 CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

La descripción de las características físico químicas y organolépticas de la leche de la cual se obtiene yogurt se muestran a continuación.4.1.1 CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS

En el trabajo realizado se tomaron diferentes muestras de leche que recepciona PIL TARIJA de las diferentes comunidades a las q hizo un muestreo.

Para determinar las características organolépticas, se registra las características con las que llega la leche a la planta. Las características obtenidas en esta prueba de la leche como materia prima del valle central de Tarija se muestran a continuación:

COLOR: Blanco opaco y tendencia amarillenta.

OLOR: Característico a la leche, en algunos, olor a establo y otros.

SABOR: Agradable, ligeramente dulce.

ASPECTO: Líquido, libre de elementos ajenos aunque en algunos casos existen pelos, restos de forraje, y excepcionalmente impurezas, etc.

De las características más sobresalientes en la leche cruda se puede destacar el color amarillento por la presencia de la nata en la leche, demostrando que el producto es rico en grasa, además de poseer un sabor agradable, fresca y ligeramente dulzón.

Se trabajó de acuerdo a la norma NTE INEN 0009 (Leche cruda requisitos) Norma Técnica Ecuatoriana ANEXO D, entre los Requisitos organolépticos debe cumplir con que el:

- Color. Debe ser blanco opalescente o ligeramente amarillento.
- Olor. Debe ser suave, lácteo característico, libre de olores extraños.
- Aspecto. Debe ser homogéneo, libre de materias extrañas.

Ya que la materia prima cumple la norma se continúa con la elaboración del producto.

4.1.2 CARACTERÍSTICAS FISICOQUIMÍCAS

Las características determinadas en la leche del valle central de Tarija (Chocloca centro y Chocloca universidad) en forma experimental se muestran en la tabla 4.1 y tabla 4.2 las muestras fueron tomadas en el mes de febrero del presente durante la primera y segunda quincena.

Tabla 4.1
Control de materia grasa y sólidos no grasos
Valle central de Tarija (Chocloca universidad)

	%M.G₁	%SNG₁	%M.G₂	%SNG₂
N° de Tacho	3,1	8	3,3	8,5
1103	3,8	9	3,4	9
1104	3,7	8	3	8
1115	3	8	3,1	8
1124	3,5	7,5	2,6	8
1126	1,9	7	3	8
1143	3,1	7	2,8	9
1147	3	7,5	2,6	8
1150	3,3	8	3,8	8
1151	3	7,5	3,2	8,5
1153	3,8	8	3,1	7
1156	2,9	7,5	1,7	7
1157	2,9	7	2,8	8
1158	3,3	8	3,8	8
1159	3,2	8,5	3	8
PROMEDIO	3,2	7,8	3,0	8,1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.2
Control de materia grasa y sólidos no grasos
Valle central de Tarija (Chocloca centro)

	%M.G₁	%SNG₁	%M.G₂	%SNG₂
N° de Tacho	3,1	7,5	3,1	8
1100	2,5	7,5	3	8
1105	3,3	7,5	2,7	8
1106	3,7	8,5	3	8
1108	3,6	8	3,5	8,5
1111	3,7	8,5	3,8	8
1112	2,6	8	2,9	8
1114	3,8	8	3,1	8
1118	3,6	8	3,8	8
1120	3	8	3	8
1123	3,8	8	3,2	8
1125	3,5	8,5	3,3	8,5
1127	3,5	8	3,3	8,5
1128	3,1	7,5	3	8
1131	3,1	7,5	3	8
1135	2,5	8,0	3,5	8,0
1136	3,5	8	3	8
1140	3	8,5	3,4	8
1148	3,3	8	2,8	7,5
1149	2,9	8	3	8
PROMEDIO	3,3	8,0	3,2	8,1

Fuente: Elaboración propia

La tabla 4.3 muestra los valores de promedio de las características físicas de la leche del valle central de Tarija, obtenidos de los datos experimentales generados por las tablas anteriores.

Tabla 4.3
Características físicas de las muestras estudiadas de la leche

DETALLE	RANGO	MEDIA
pH	6.10-6.69	6.53
Ácido Láctico (%)	0.14-0.17	0.15
Materia Grasa (%)	3.0-3.3	3.2
SNG (%)	7.8-8.2	8

Fuente: Elaboración propia

De las características de la leche cruda se puede destacar que el promedio de: pH de 6.53, ácido láctico 0.15 con un % de materia grasa 3.2% y un cantidad de SNG de 8 a estas condiciones la estabilidad de las proteínas es buena.

Estos valores se encuentran dentro de los rangos permitidos según J.Amiot.

4.1.3 CARACTERÍSTICAS DE LA LECHE CRUDA UTILIZADA

Tomando en cuenta los puntos anteriores la leche cruda destinada a la elaboración del producto deberá cumplir con los siguientes requisitos:

4.1.3.1 CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS

ASPECTO: Líquido homogéneo, libre de elementos ajenos.

COLOR: Blanco opaco, amarillento.

OLOR: Característico lácteo (leche)

SABOR: Agradable y ligeramente dulce.

Ausencia de líquidos y secreciones anormales como:

- ❖ Sangre
- ❖ Pus
- ❖ Calostro

La leche debe estar libre de antibióticos y otros productos veterinarios y no debe tener olores y sabores extraños.

4.1.4 CARACTERÍSTICAS FISICOQUIMÍCAS

ACIDEZ TITULABLE: 0.14 Min- 0.6 Max % de ácido láctico.

PRUEBA DE ALCOHOL: La leche no debe coagular con alcohol al 76% (v/v).

SÓLIDOS NO GRASOS: 8.0 % Min -8.5 % Max. En el lactómetro Bertuzi a una temperatura de 15°C.

MATERIA GRASA: 3.2% Min - 4.3 Max%

TEMPERATURA: 15°C Min-30°C Max.

Según la norma NTE INE 0009, se puede comparar los parámetros obtenidos:

4.1.4.1 MATERIA GRASA

En este parámetro se obtuvo 3.2% de materia grasa, lo cual comparando con el *anexo D: 1*, los rangos son 3.2-4.3% de materia grasa. Con esto se puede indicar que la leche se encuentra dentro de la normativa, además este es uno de los parámetros más el cual da una característica indispensable al yogurt el cual es la textura del mismo.

4.1.4.2 SÓLIDOS NO GRASOS

Los sólidos de la leche que obtuvo la leche es de 8.5%, comparando con los datos de la bibliografía se puede decir que se encuentra dentro del rango establecido ya que como valor mínimo de sólidos no grasos es un valor de 8.2%.

4.1.4.3 TEMPERATURA

La leche utilizada para el yogurt deslactosado tuvo una temperatura de 20°C y la normativa indica que los valores van de un rango de 15-30°C para analizar en el laboratorio.

4.1.4.4 LACTOSA

Según la normativa la lactosa de la leche va en un rango de 4.0-5.0% en la muestra se obtuvo un valor de 4.39% lo cual indica que se encuentra de los rangos y cumple con la normativa para posteriores estudios como el presente elaboración de yogurt deslactosado.

4.1.4.5 pH

La materia prima que es la leche de vaca cruda estuvo en óptima ya que se obtuvo un pH inicial de 6.63 con el cual se puede indicar que este valor se encuentra dentro de las normas establecidas para este parámetro.

4.2 CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN

La estandarización de la leche comprende la pasteurización, desnatado y homogeneización, estos procesos ya son definidos en PIL TARIJA la tabla se muestra a continuación en la *tabla 4.4 Estandarizado de la leche deslactosada*:

Tabla 4.4
Estandarizado de leche

Leche estandarizada			
%Ácido láctico	% Materia Grasa	SNG	PH
16	2.8	10	6.52

Fuente: Elaboración propia

Para la elaboración del yogurt deslactosado se tomó en cuenta también los datos de la estandarización que se realiza para los diferentes tipos de yogurt se puede observar en la tabla (4.4.1 Datos de la estandarización para yogurt).

Tabla 4.4.1
Datos de estandarización para yogurt

Tipo de yogurt	Acidez °D	Solidos no grasos %	Materia grasa %
Yogurt bebible	10	15	1,60 -1,80
Yogurt batido	13 – 14	13	1,9 - 2
Yogurt frutado	18 – 20	17 - 18	2,5 – 3
Yogurt natural	15	16	1,20

Fuente: Elaboración propia

4.3 ANÁLISIS EN EL YOGURT DESLACTOSADO

Estos parámetros se los realizó en base al mejor tratamiento, ya que de éste parte los análisis para demostrar la calidad del producto en sí.

4.3.1 ACIDEZ

En los análisis realizados en el yogurt deslactosado, se pudo obtener una acidez ligera lo cual es muy conveniente, ya que el consumidor prefiere un yogurt no muy ácido, por lo que podemos indicar que este producto tiene buena aceptación en el mercado.

Tabla 4.4.2

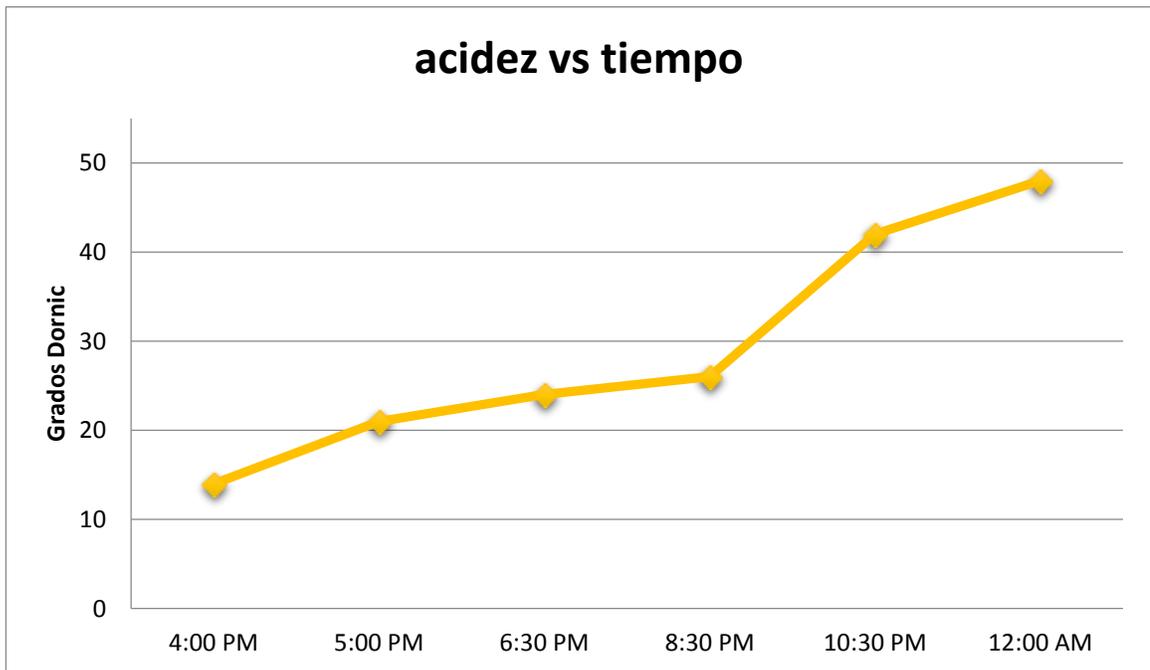
Datos de la acidez del yogurt deslactosado a diferente tiempo

Hora	°D
16:00	14
17:00	21
18:30	24
20:30	26
22:30	42
24:00	48

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.1

Datos de la acidez del yogurt deslactosado a diferente tiempo



Fuente: Elaboración propia

4.3.2 pH

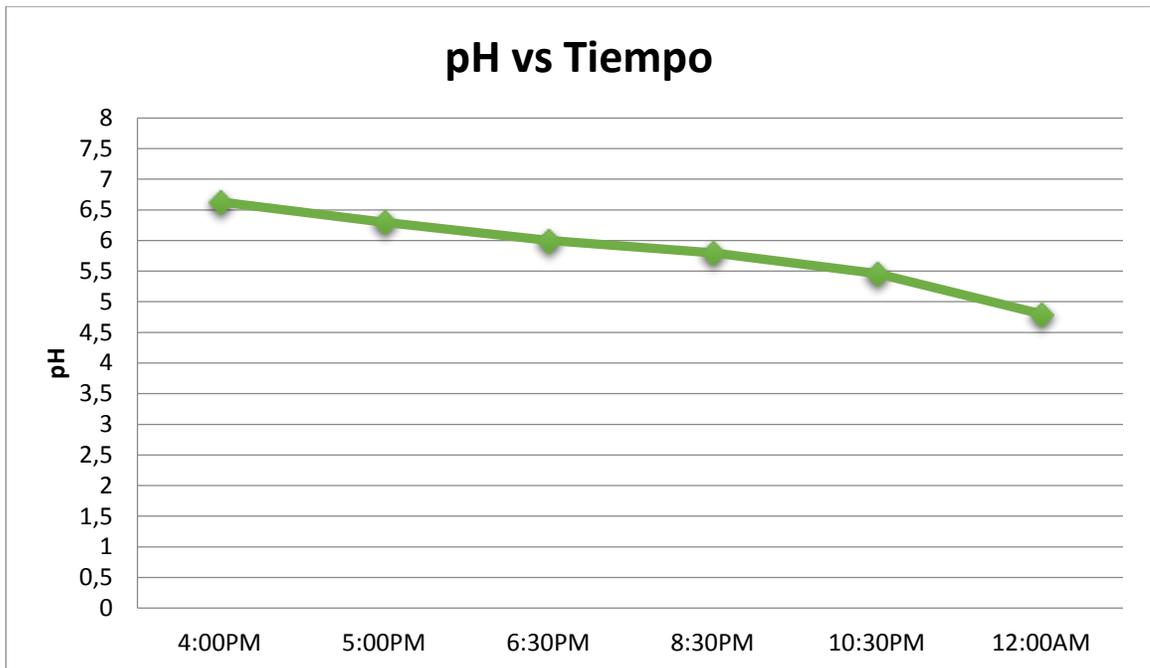
En los análisis de yogurt deslactosado, se pudo obtener que el parámetro de pH indicado de norma es de 4.6 pH ácido y el que se registra en este producto es de 4.6.

Tabla N°4.4.3
Datos pH del yogurt Deslactosado

	pH
INICIAL	6.63
FINAL	4.6

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.2
Datos de pH yogurt deslactosado



Fuente: Elaboración propia

4.3.3 LACTOSA

Al analizar el efecto de la dosis de enzima (*Lacta-proq5000NLU/G*) sobre la composición de azúcares, se encuentra que partiendo con el 4.34% de lactosa en la leche y usando una dosis de 0.35-0.5 ml/l de enzima se obtiene el menor contenido de lactosa residual (1.4%). Esta cantidad representa un porcentaje de hidrólisis de 80% (figura 4.2 *Datos de lactosa en el yogurt deslactosado*).

Actualmente no existe una normativa que especifique y regule el contenido de lactosa en el yogurt deslactosado, de modo que es conveniente mencionar que los datos de la figura 4.2 se encuentran especificados en el *Anexo C*, en la norma NTE INEN 10: la misma que cita que el porcentaje de lactosa contenida en la leche pasteurizada entera, semidescremada y descremada debe encontrarse un rango de 0.7% (producto bajo en lactosa) hasta 1.4% (producto parcialmente deslactosado).

El producto de elaboración propuesto permite obtener un yogurt con un contenido de lactosa menor a 1.4%.

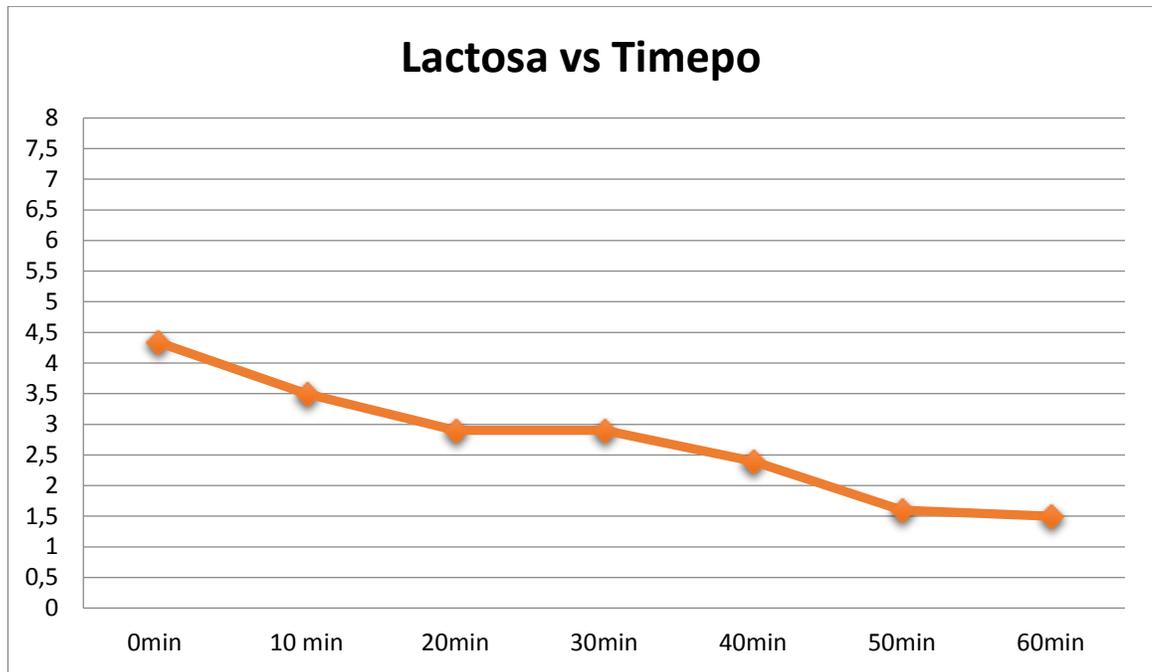
Esto lo convierte en un alimento adecuado para el consumo de personas que padecen de intolerancia al azúcar de la leche.

Tabla N°4.4.4
Datos de lactosa en el yogurt Deslactosado

	Lactosa
INICIAL	4.34
FINAL	1.4

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.3
Datos de lactosa en el yogurt deslactosado



Fuente: Elaboración propia

Los datos observados en la figura 4.3 se obtuvieron de los análisis obtenidos y la curva de lactosa vs tiempo se puede encontrar en el anexo H.

4.3.4 TEMPERATURA

El valor de la temperatura para hidrolizar la leche según la ficha técnica es de 42 °C observando una leve disminución de 40°C que no es significativo.

4.4 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL Y DUNCAN DEL PRODUCTO TERMINADO

En las tablas siguientes se mostraran los resultados de la evaluación sensorial del producto yogurt deslactosado, mediante la escala hedónica se midió los atributos de sabor, consistencia, suavidad, acidez que facilito la obtención de valores para poder procesarlos estadísticamente y así llegar al mejor tratamiento.

4.4.1 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL PRODUCTO TERMINADO: CONSISTENCIA

Los datos sobre la evaluación sensorial del producto terminado: consistencia, se encuentran expresados en la tabla 4.5.

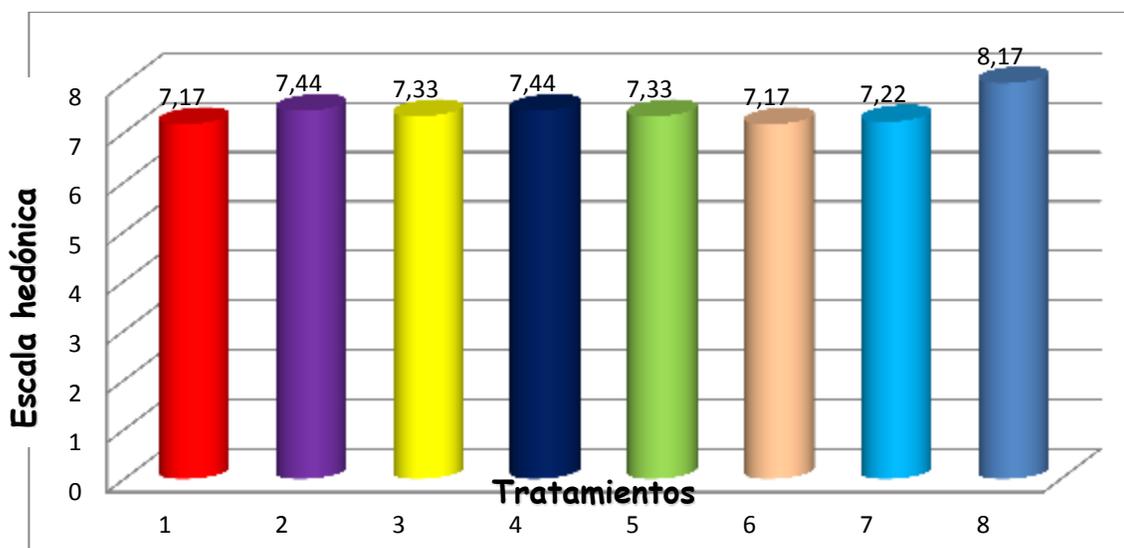
Tabla 4.5
Evaluación sensorial del producto terminado yogurt deslactosado: consistencia

Nº de jueces	TRATAMIENTOS							
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
1	7	8	9	7	8	9	8	8
2	8	7	6	7	7	6	8	7
3	7	7	7	7	7	8	8	8
4	6	8	6	8	7	6	7	7
5	5	7	6	8	7	6	7	8
6	6	8	5	7	8	9	9	9
7	8	9	7	8	8	6	7	9
8	7	7	8	8	8	9	7	9
9	6	7	7	7	6	8	6	8
10	7	6	8	9	9	9	8	9
11	8	8	8	8	6	8	7	8
12	6	5	6	5	6	5	4	7
13	9	9	8	8	7	8	7	9
14	7	8	8	5	8	6	7	7
15	8	7	8	8	8	5	8	8
16	7	6	8	9	8	8	6	8
17	9	9	8	8	7	5	8	9
18	8	8	9	7	7	8	8	9
PROMEDIO	7,17	7,44	7,33	7,44	7,33	7,17	7,22	8,17

Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la figura 4.4 los resultados en escala hedónica de la evaluación sensorial del yogurt deslactosado, fueron extraídos de la tabla 4.5.

Figura 4.4
Resultados de la Evaluación sensorial del yogurt deslactosado terminado:
consistencia



Fuente: Elaboración propia

A continuación se muestra la tabla 4.5.1 los resultados del cuadro de Análisis de Varianza (ANVA) de la prueba de significancia de Fisher al 95%, donde si $F_{cal} < F_{tab}$ no se realiza la prueba de Duncan, pero en caso de que $F_{cal} > F_{tab}$ se realiza la prueba de Duncan.

Tabla 4.5.1
Cuadro de Análisis de Varianza (ANVA)

ANVA					
Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de Libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado (Fcal)	Fisher tabulado (Ftab)
total	179	143			
muestras (A)	13	7	CM(A)=1.85	1.92	2.09
jueces (B)	51	17	CM(B)=3	3.21	1.71
ERROR	115	119	CM(E)=0.96		

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla de análisis de varianza, se observa que el Fisher calculado es menor Fisher tabulado, por este motivo no se debe realizar la prueba estadística de Duncan.

4.4.2 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL PRODUCTO TERMINADO: SABOR

Los datos sobre la evaluación sensorial del producto terminado: SABOR, se encuentran expresados en la tabla 4.6.

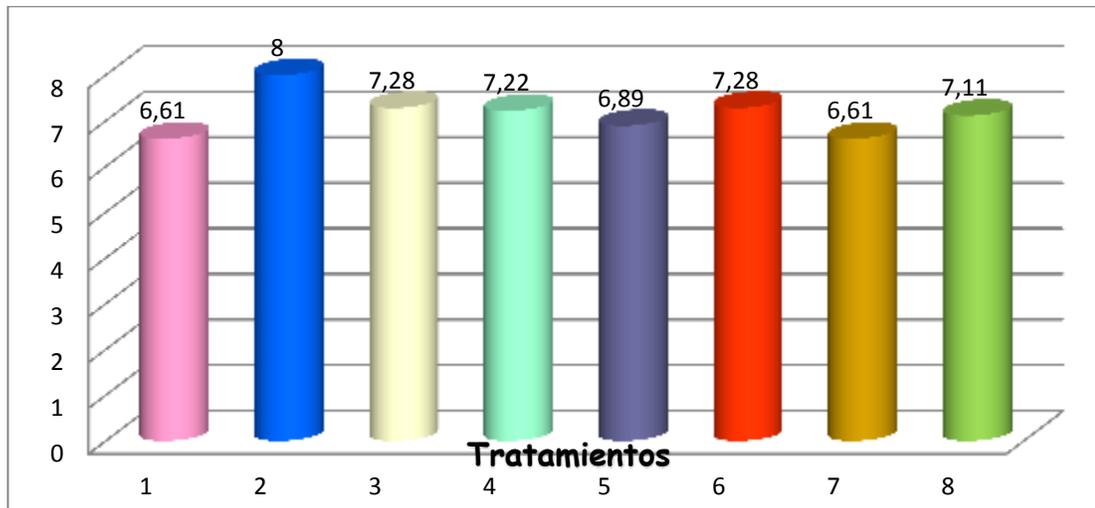
Tabla 4.6
Evaluación sensorial del producto terminado yogurt deslactosado: sabor

N° de jueces	TRATAMIENTOS							
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
1	6	7	9	8	9	9	8	7
2	7	9	6	6	8	8	6	7
3	4	5	7	5	5	5	5	7
4	5	8	7	8	7	8	6	5
5	6	9	7	8	7	7	5	8
6	6	9	6	5	6	7	6	8
7	7	9	5	8	7	9	9	9
8	5	7	8	8	7	5	7	6
9	7	8	8	7	6	8	5	8
10	8	9	7	8	8	8	6	4
11	8	9	8	8	6	8	7	8
12	6	4	7	7	5	4	6	7
13	7	8	8	7	9	8	8	8
14	8	8	7	7	7	7	6	8
15	7	9	9	6	6	7	8	5
16	8	9	8	9	7	9	7	7
17	7	9	6	7	7	7	7	8
18	7	8	8	8	7	7	7	8
PROMEDIO	6,61	8,00	7,28	7,22	6,89	7,28	6,61	7,11

Fuente: Elaboración Propia

Como se muestra en la figura 4.5, los resultados en escala hedónica de la evaluación sensorial del yogurt deslactosado, fueron extraídos de la tabla 4.6.

Figura 4.5
Resultados de la Evaluación sensorial del yogurt deslactosado terminado: Sabor



Fuente: Elaboración propia

A continuación se muestra la tabla 4.6.1. Los resultados del cuadro de Análisis de Varianza (ANVA) de la prueba de significancia de Fisher al 95%, donde si $F_{cal} < F_{tab}$ no se realiza la prueba de Duncan, pero en caso de que $F_{cal} > F_{tab}$ se realiza la prueba de Duncan.

Tabla 4.6.1
Cuadro de Análisis de Varianza (ANVA)

ANVA					
Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de Libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado (Fcal)	Fisher tabulado (Ftab)
total	231.75	143			
muestras (A)	25.30	7	CM(A)=3.61	3.14	2.09
jueces (B)	69	17	CM(B)=4.05	3.52	1.71
ERROR	137.45	119	CM(E)=1.15		

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla de análisis de varianza, se observa que el Fisher calculado $>$ Fisher tabulado, por este motivo se debe realizar la prueba estadística de Duncan.

4.4.3 EVALUACION SENSORIAL DEL PRODUCTO TERMINADO: SUAVIDAD

Los datos sobre la evaluación sensorial del producto terminado: Suavidad, se encuentran expresados en la tabla 4.7.

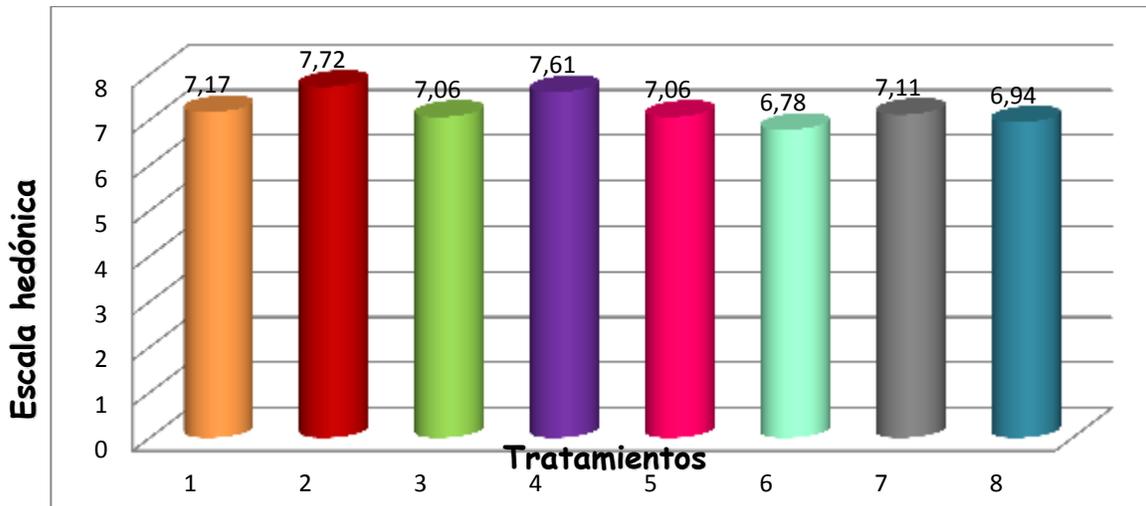
Tabla 4.7
Evaluación sensorial del producto terminado yogurt deslactosado: suavidad

Nº de jueces	TRATAMIENTOS							
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
1	6	8	9	8	9	8	8	8
2	7	8	4	7	6	9	6	6
3	7	7	7	8	8	7	7	7
4	7	7	6	7	7	6	7	7
5	5	7	6	7	7	7	6	7
6	5	6	6	8	7	6	8	7
7	8	8	7	7	6	8	9	9
8	7	7	8	8	8	3	7	7
9	8	8	8	8	6	8	6	8
10	5	9	5	8	8	6	5	9
11	8	7	8	8	7	8	7	8
12	7	5	5	6	6	5	6	8
13	8	8	8	8	8	8	8	7
14	8	9	8	7	8	7	9	1
15	8	8	8	7	6	6	8	5
16	9	9	9	9	5	9	8	8
17	7	9	7	8	8	4	5	6
18	9	9	8	8	7	7	8	7
PROMEDIO	7,17	7,72	7,06	7,61	7,06	6,78	7,11	6,94

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la figura 4.6, los resultados en escala hedónica de la evaluación sensorial del yogurt deslactosado, fueron extraídos de la tabla 4.4.

Figura 4.6
Resultados de la Evaluación sensorial del yogurt deslactosado terminado: Suavidad



Fuente: Elaboración propia

A continuación se muestra la tabla 4.7.1 los resultados del cuadro de Análisis de Varianza (ANVA) de la prueba de significancia de Fisher al 95%, donde si $F_{cal} < F_{tab}$ no se realiza la prueba de Duncan, pero en caso de que $F_{cal} > F_{tab}$ se realiza la prueba de Duncan.

TABLA 4.7.1
Cuadro de Análisis de Varianza (ANVA)

ANVA					
Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de Libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado (Fcal)	Fisher tabulado (Ftab)
total	249.30	143			
muestras (A)	13.89	7	CM(A)=1.98	1.29	2.09
jueces (B)	52.5	17	CM(B)=3.08	2.01	1.71
ERROR	182.91	119	CM(E)=1.53		

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla de análisis de varianza, se observa que el Fisher calculado $>$ Fisher tabulado, por este motivo se debe realizar la prueba estadística de Duncan.

4.4.4 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL PRODUCTO TERMINADO: ACIDEZ

Los datos sobre la evaluación sensorial del producto terminado: ACIDEZ, se encuentran expresados en la tabla 4.8

Tabla 4.8

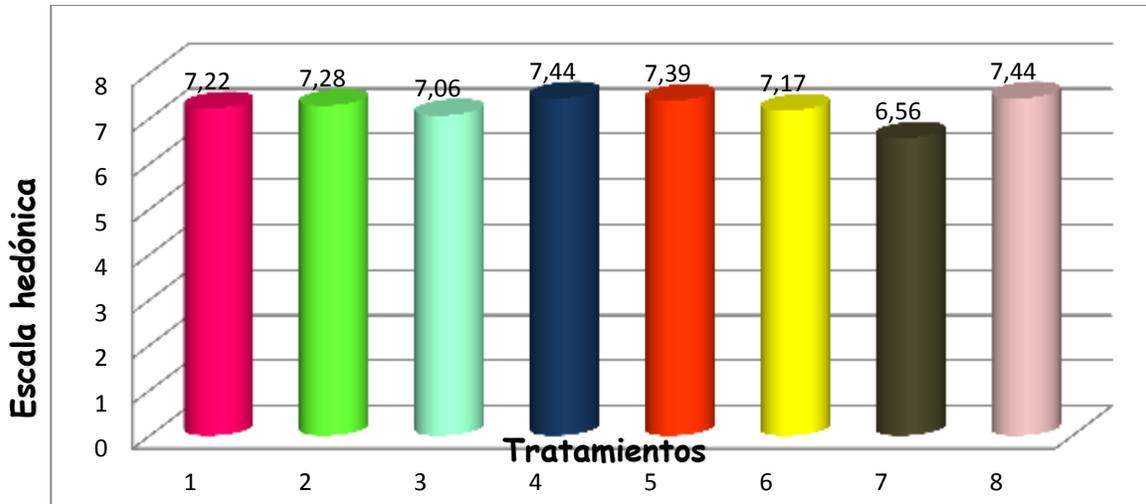
Evaluación sensorial del producto terminado yogurt deslactosado: acidez

N° de jueces	TRATAMIENTOS							
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
1	6	8	9	9	9	8	7	8
2	8	8	6	8	8	9	7	7
3	8	8	8	8	8	7	7	7
4	7	8	7	8	7	7	7	8
5	5	7	6	7	6	7	7	8
6	7	5	5	7	9	7	8	9
7	8	6	6	7	8	7	7	7
8	7	7	8	8	7	3	2	8
9	7	7	6	7	7	8	6	8
10	9	9	9	6	8	7	8	8
11	8	8	8	8	6	8	7	8
12	5	4	5	7	6	5	6	7
13	7	9	8	7	8	8	8	8
14	6	6	6	8	9	8	2	4
15	7	8	8	7	5	7	8	5
16	9	6	8	6	6	7	7	7
17	7	9	5	8	8	8	7	9
18	9	8	9	8	8	8	7	8
PROMEDIO	7,22	7,28	7,06	7,44	7,39	7,17	6,56	7,44

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la figura 4.7, los resultados en escala hedónica de la evaluación sensorial del yogurt deslactosado, fueron extraídos de la tabla 4.5.

Figura 4.7
Resultados de la Evaluación sensorial del yogurt deslactosado terminado: Acidez



Fuente: Elaboración propia

A continuación se muestra la tabla 4.8.1 los resultados del cuadro de Análisis de Varianza (ANVA) de la prueba de significancia de Fisher al 95%, donde si $F_{cal} < F_{tab}$ no se realiza la prueba de Duncan, pero en caso de que $F_{cal} > F_{tab}$ se realiza la prueba de Duncan.

Tabla 4.8.1
Cuadro de Análisis de Varianza (ANVA)

ANVA					
Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de Libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado (Fcal)	Fisher tabulado (Ftab)
total	248	143			
muestras (A)	11.22	7	CM(A)=1.6	1.13	2.09
jueces (B)	68	17	CM(B)=4	2.83	1.71
ERROR	168.78	119	CM(E)=1.41		

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla de análisis de varianza, se observa que el Fisher calculado es menor que Fisher tabulado, por este motivo no se realizó la prueba estadística de Duncan.

4.5 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL PRODUCTO TERMINADO

Se realizó el análisis sensorial del yogur deslactosado, tomando en cuenta los atributos sensoriales de sabor, suavidad, textura y acidez. Los resultados promedio obtenidos (Anexo D), se muestran en la tabla 4.6, en base a diez jueces no entrenados.

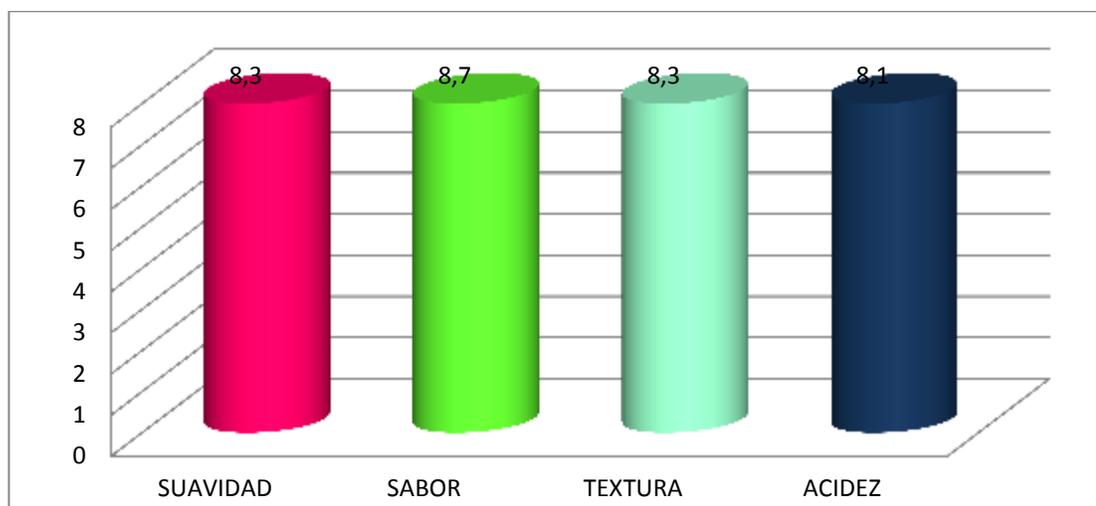
Tabla 4.9
Evaluación sensorial de los atributos sensoriales del producto terminado

Muestra	Escala hedónica de los atributos sensoriales			
	Aroma	Sabor	Textura	Acidez
MF	8,3	8,7	8,3	8,1

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.5, se muestran los valores promedio de aceptación de los diferentes atributos sensoriales del yogur deslactosado; en base a los resultados de la tabla 4.6.

Figura 4.8
Atributos sensoriales del yogur deslactosado



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.5, se observa que los cuatro atributos evaluados y el atributo con mayor aceptación por los jueces es sabor con un valor de 8,7; suavidad 8,3, textura con un valor de 8,3, y por último el atributo acidez con un valor de 8,10.

En la tabla 4.6.1, se muestra el análisis de varianza de los atributos sensoriales del yogur Deslactosado (producto), en base a los resultados (Anexo D).

Tabla 4.9.1
Análisis de varianza para los atributos sensoriales del producto final

Fuente de Variación	SC	GL	CM	Fcal	Ftab
Entre muestras	2,75	4-1= 3	0,92	2,63	2,83
Entre Jueces	5,40	15-1= 14	0,38	1,08	1,09
Error	14,90	3*14=42	0,35		
Total	17,65	59			

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.9.1, $F_{cal} < F_{tab}$ ($2,63 < 2,83$), lo que no existe evidencia estadística de variación entre las muestras; por lo tanto, se rechaza la hipótesis planteada para una $p < 0,05$; lo que quiere decir, que cualquiera de las muestras puede ser elegida estadísticamente.

Sin embargo, se tomó en cuenta la preferencia de los jueces por los atributos sabor que tiene 8,7, suavidad y textura con 8,3; en comparación con el atributo acidez que tiene 8,1 en escala hedónica. De acuerdo a la evaluación sensorial, se puede decir que el yogur deslactosado tiene una buena aceptación organoléptica en sus atributos analizados.

4.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL DISEÑO EXPERIMENTAL

En el diseño experimental 2^3 , dio como resultado 8 muestras las cuales son las combinaciones de las variables con los niveles, en este diseño la variable respuesta fue el contenido de acidez, en la tabla 4.10 muestra los resultados de las variables y sus réplicas.

Tabla 4.10
Matriz de resultados de las variables en función de la acidez

Combinación de tratamientos	Réplicas		TOTAL	Simbología
	I	II		
Ca menor, Cg menor, Cm menor	48	49	97	1
Ca mayor, Cg menor, Cm menor	49	55	104	a
Ca menor, Cg mayor, Cm menor	53	51	104	b
Ca mayor, Cg mayor, Cm menor	46	49	95	c
Ca menor, Cg menor, Cm mayor	46	47	93	ab
Ca mayor, Cg menor, Cm mayor	51	56	107	ac
Ca menor, Cg mayor, Cm mayor	55	55	110	bc
Ca mayor, Cg mayor, Cm mayor	55	56	111	abc

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

Cp = Cantidad de Azúcar.

Cl = Cantidad de gelatina.

Cj = Cantidad de maicena.

En la tabla 4.10.1, se muestra los resultados del análisis de varianza (ANVA) del diseño 2^3 . Cuya resolución y metodología se detalla en el ANEXO F en la Tabla Anexo F: 2.

Tabla 4.10.1
ANVA de las variables de dosificación para un diseño de 2³

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fisher calculado (Fcal)	Fisher tabulado (Ftab)
total	203.5	15			
factor A	5.06	1	5.06	1.04	2.46
factor B	14.06	1	14.06	*2.9	1.95
factor C	39.06	1	39.06	*8.1	1.69
Interac. AB	52.56	1	52.56	*10.9	1.65
Interac. AC	18.06	1	18.06	*3.74	1.84
Interac. BC	33.06	1	33.06	*6.85	1.75
Interac. ABC	3.06	1	3.06	0.63	2.84
Error	38.58	8	4.82		

Fuente: Elaboración propia

*Significativo

A = Cp = Cantidad de azúcar (83.33gr)

B = Cl = Cantidad de gelatina (2.33 gr)

C = Cj = Cantidad de maicena (1.33 gr)

En la tabla 4.6.1 se observa que el factor (B) cantidad de gelatina, el factor (C) cantidad de maicena, las interacciones (AB) Cantidad de azúcar y gelatina, (AC) cantidad de gelatina y maicena, (BC) cantidad de gelatina y maicena son muy importantes en la dosificación del yogurt deslactosado respecto a la acidez, mientras que el factor (A) cantidad de azúcar, y la interacción (ABC) no son significativos.

En conclusión ya que Fisher calculado es mayor que Fisher tabulado, por lo tanto se rechaza la hipótesis planteada para un límite de confianza del 95%.

Para determinar la cantidad de enzima adecuada que es la variable respuesta del siguiente diseño, para una buena hidrólisis en la etapa de inoculado, el diseño factorial de 2^2 dio como resultado 4 muestras las cuales son las combinaciones de las variables con los niveles;

En la tabla 4.11, se muestra el arreglo matricial de las variables del proceso de concentración, se tomaron en cuenta dos factores (cantidad de rallas de zanahoria pre-cocida y azúcar); dos niveles de variación en cada factor para la elaboración de pulpa de zanahoria.

- Cantidad de enzima (Ce) = 2 niveles
- Temperatura (T) = 2 niveles

Tabla 4.11
Variación de los factores en el proceso de concentración

Factores	Nivel Inferior	Nivel Superior
Cantidad de enzima	0.5	1.5 g
Temperatura	30°C	42°C

Fuente: Elaboración propia

La tabla 4.11.1 muestra los resultados de las variables y sus réplicas.

Tabla 4.11.1
Matriz de resultados de las variables en función de la cantidad de lactosa hidrolizada

Corridas	Variables		Total (Yi)
	(A)	(B)	
(1)	2.91	2.90	5.8
a	2.8	2.82	5.62
b	1.52	1.50	3.2
ab	1.4	1.4	2.8
Total (Yj)			17.42

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.11.2, se muestra los resultados del análisis de varianza (ANVA) del diseño 2². Cuya resolución y metodología se detalla en el ANEXO F.

Tabla 4.11.2
Análisis de varianza para las variables del proceso de concentración

Fuente de varianza (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fcal	Ftab
Total	3.22	7			
Factor A	0.02	1	0.02	0.2	160.4
Factor B	3.6	1	3.6	36	160.1
Interacción AB	6.05x10 ⁻³	1	6.05x10 ⁻³	0.06	160.4
Error experimental	-0.4	4	-(0.1)		

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla anterior $F_{cal} < F_{tab}$ para el factor A temperatura, lo cual se acepta la hipótesis y no existe evidencia estadística de esta variación en el proceso de adición de la enzima para una ($p < 0.05$)

Como se puede observar en la tabla anterior $F_{cal} > F_{tab}$ para el factor B (cantidad de cultivo adicionado), lo cual se rechaza la hipótesis y se puede afirmar que existe evidencia estadística de esta variación en el proceso de adición de la enzima para una ($p < 0.05$)

4.6 CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO TERMINADO

Para caracterizar el producto terminado, se tomó en cuenta los siguientes aspectos como ser:

4.6.1.- ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL PRODUCTO TERMINADO

En la tabla 4.12, se muestra el análisis fisicoquímico realizado al yogurt deslactosado (Anexo B).

Tabla 4.12
Resultado del análisis fisicoquímico del yogurt deslactosado

Parámetros	Unidad	Yogurt deslactosado
Acidez (ac. láctico)	%	0,81
Calcio Total	mg/Kg	616
Cenizas	%	0,72
Fibra	%	n.d
Grasa	%	45
Hierro Total	mg/Kg	5.31
Hidratos de carbono	%	16.8
Materia grasa	%	3,16
Humedad	%	78.9
Proteína total	%	3.09
Sólidos solubles	°Brix	17,70
Valor energético	Kcal/100 g	83.7

Fuente: CEANID, 2015

4.6.2 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL PRODUCTO TERMINADO

En la tabla 4.13, se muestra el análisis microbiológico realizado al yogur enriquecido con pulpa de zanahoria (Anexo B); elaborado según la Norma Boliviana para yogur natural.

Tabla 4.13
Análisis microbiológico del producto terminado

Parámetro	Unidad	Resultado
Coliformes totales	UFC/ml	0,00
Coliformes fecales	UFC/ml	0,00
Mohos y levaduras	UFC/ml	3.0×10^1
Staphylococo aureus	UFC/ml	<10 (*)

Fuente: CEANID, 2015 (*) No se observa desarrollo de colonias.

4.7- CONTROL DEL PRODUCTO TERMINADO EN EL PROCESO DE ALMACENAMIENTO

Se determinó el análisis microbiológico del yogurt deslactosado durante un determinado tiempo en refrigeración para establecer la vida útil del producto.

Se tomó dos muestras a las cuales una de ellas se le adiciono una dosis de conservante (benzoato y Sorbato) ya establecida por Pil Tarija el cual se pudo determinar que tiene 30 días de vida útil, la otra muestra que paso por el mismo proceso de elaboración, sin adicionarle ningún tipo de conservante se determinó que tiene una vida útil de 14 días, ya que presentaba un sabor, olor y aspecto desagradable difícil de ingerir.

4.8 BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA

Todo proceso o etapa industrial está acompañada de balances de materia y energía, porque nos permiten cuantificar las cantidades de todos los materiales, que entran y salen de un determinado proceso, de esta manera determinar los rendimientos y la eficiencia. Esta cuantía de materia y materiales nos permite conocer los beneficios económicos que se obtendrán en la elaboración del producto.

Para realizar el balance de materia en el pasteurizador se utilizó una cantidad de 13891.5 litros de leche que fueron apartadas para leche pasteurizada, pero se sugiere tomar una base de cálculo (p.ej.: 1000 lt./día).

Para realizar el balance de materia y energía de este proceso de producción de yogurt deslactosado se realiza un diseño simple, buscando una tecnología adecuada a cualquier industria láctea de nuestro medio.

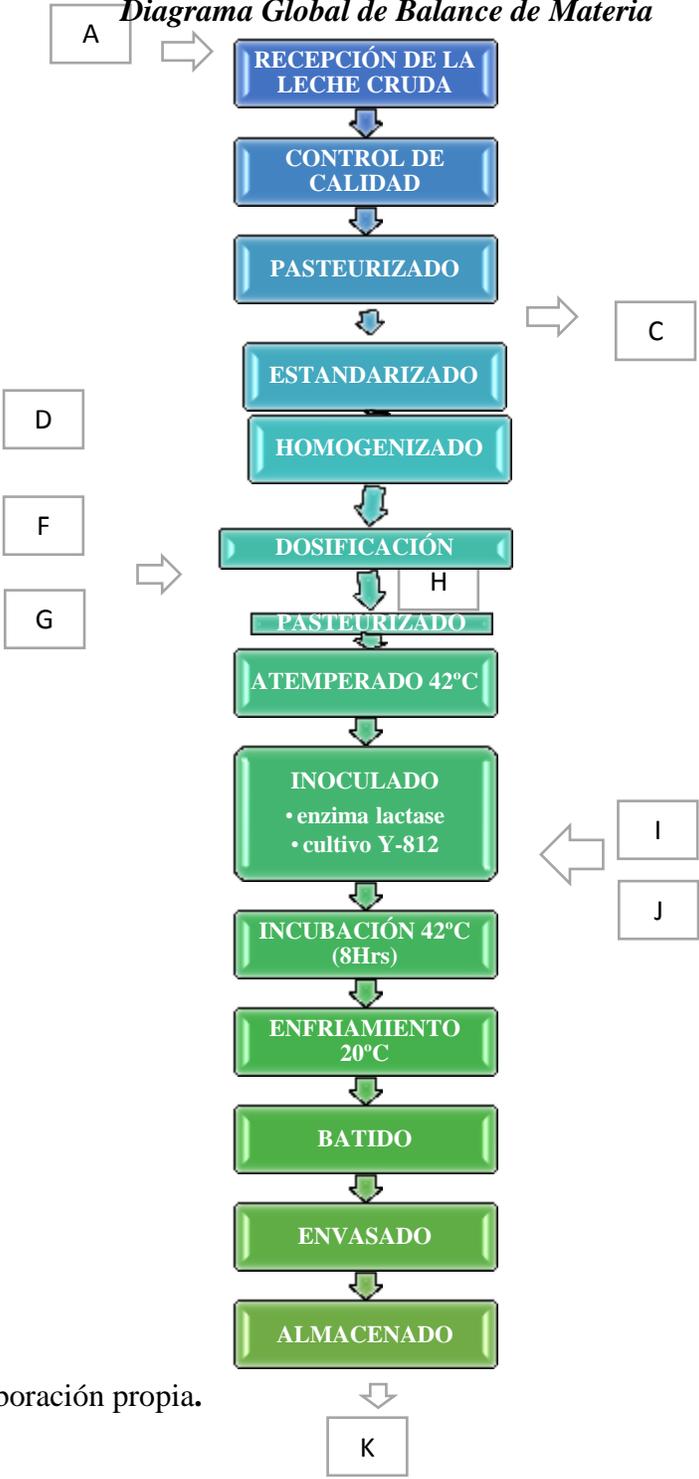
En base a las condiciones de laboratorio que detallamos a continuación, se realizaran el balance de materia y energía:

- ❖ La leche para la elaboración del producto debe cumplir las características nombradas anteriormente en el punto *4.1 caracterización de la materia prima*
- ❖ La enzima utilizada es Lacta-proq (5000 NLU/g), cuya dosis se puede observar en el anexo H.
- ❖ La hidrolisis de la lactosa se lleva acabo con una concentración de 0.5ml/lt
- ❖ La temperatura de trabajo en la hidrolisis de la lactosa es de 42°C.
- ❖ El tiempo establecido para desdoblar el azúcar de la leche es de 1hora.
- ❖ Las horas de trabajo disponible para la elaboración de la yogurt deslactosado es de 8 horas / día. En las que se considera, 1 hora para el proceso de hidrolisis

4.8.1 BALANCE DE MATERIA

Figura 4.9

Diagrama Global de Balance de Materia

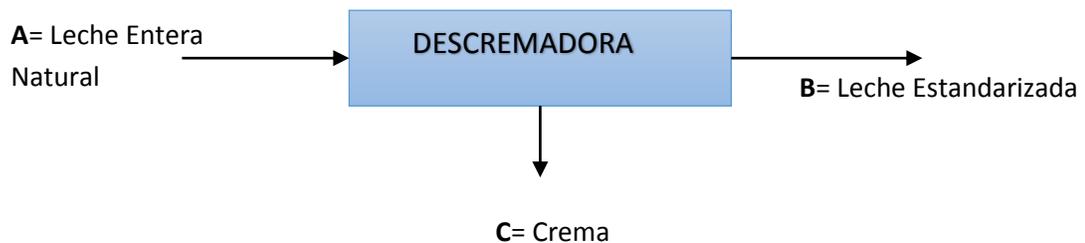


Fuente: Elaboración propia.

4.8.2 BALANCE DE MATERIA EN EL PROCESO DE LECHE PASTEURIZADA

En la figura 4.10 se muestra el diagrama de balance de materia realizado en el proceso de leche pasteurizada

Figura 4.10
Balance de materia en el proceso de leche pasteurizada



Fuente: Elaboracion propia

Se utilizara la siguiente nomenclatura:

A = Masa de leche natural entera, en Kg.

B = Masa de leche pasteurizada, en Kg.

C = Volumen de crema, en lt.

Mg = Porcentaje de materia grasa.

SNG = Porcentaje de sólidos no grasos.

δ = Densidad, en Kg/lt.

En la planta industrializadora de leche Pil Tarija se separa una cantidad de 13.500Kg de leche para leche pasteurizada, la cual se utilizó como materia prima para la elaboración yogurt deslactosado.

LECHE FRESCA	CREMA	LECHE PASTEURIZADA
$A = 13500\text{Kg}$ $Mg_A = 3.3\%$ $SNG_A = 8.5\%$ $\delta = 1.029\text{ Kg/lt}$	$C = 270\text{lt}$ $Mg_B = 48\%$ $SNG_B =$ $\delta = 0.998\text{ Kg/lt}$ $C = 269.46\text{Kg}$	$B =$ $Mg_C = ?$ $SNG_C = ?$ $B =$

Balance global:

$$A = B + C \quad (1)$$

Balance parcial para la materia grasa:

$$A * Mg_A = B * Mg_B + C * Mg_C \quad (2)$$

Balance parcial para sólidos no grasos:

$$A * SNG_A = B * SNG_B + C * SNG_C \quad (3)$$

Resolución de las ecuaciones:

De la ecuación (1) se tiene:

$$B = 13500\text{Kg} - 269.46\text{Kg}$$

$$B = 13230.54\text{kg}$$

Remplazando ecuación (1) a ecuación (2)

$$B * Mg_B = A * Mg_A - C * Mg_C$$

$$Mg_B = (A * Mg_A + C * Mg_C) / B$$

$$Mg_B = 2.8\%$$

De la ecuación (3) se tiene:

$$B * SNG_B = A * SNG_A + C * SNG_C$$

$$SNG_B = (A * SNG_A + C * SNG_C) / B$$

$$SNG_B = 10\%$$

Resultados de leche pasteurizada estandarizada:

$$B=13230.54\text{kg} \rightarrow 12857.63 \text{ lt}$$

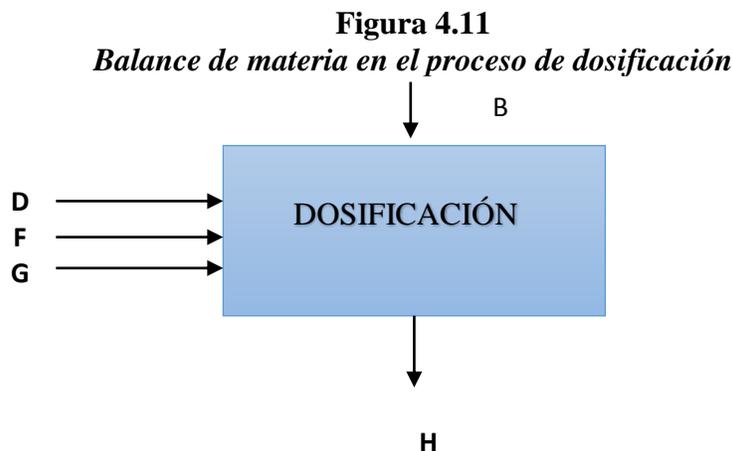
$$SNG_B= 10\%$$

$$Mg_B = 2.8\%$$

Sabiendo que los porcentajes de grasa de la leche cruda es de 3.5%, y crema 48 % respectivamente (valores promedio), se pueden obtener las cantidades de crema y de leche descremada de las fórmulas (1) y (3). Es más útil tomar una base de cálculo (p.ej.: 1000 lt.) en vez de realizar éste para una producción diaria, porque al multiplicar la producción diaria (en miles de litros) por las cantidades determinadas de la fórmula usando la base de cálculo se obtienen valores directos.

4.8.3 BALANCE DE MATERIA EN LA DOSIFICACION

En la figura 4.11 se muestra el diagrama de balance de materia realizado en el proceso de leche pasteurizada



Fuente: Elaboración propia

Se utilizara la siguiente nomenclatura:

D =Azúcar gr

F= Gelatina gr

G= Maicena gr

H= Mezcla para yogurt

Leche Pasteurizada	Azúcar	Gelatina	Maicena
1 lt	83,33gr	2,33gr	1,33gr

Conversión de lt a kg:

$$\delta=1.029\text{kg/L}$$

$$1\text{lt}\rightarrow 1.029\text{Kg}$$

Conversión de gr a Kg:

$$D: 83,33\text{gr}\rightarrow 0.083 \text{ Kg}$$

$$F: 2,33\text{gr}\rightarrow 2,33\times 10^{-3} \text{ Kg}$$

$$G: 1,33 \text{ gr}\rightarrow 1.33\times 10^{-3} \text{ Kg}$$

Balance Global:

$$B+ D+F+G = H \quad (4)$$

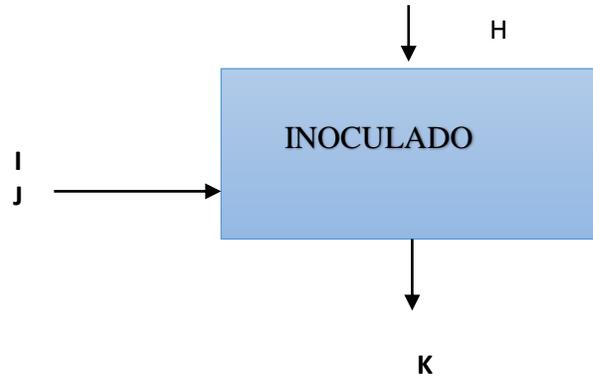
$$H= 0.083 \text{ Kg} + 2,33\times 10^{-3} \text{ Kg} + 1.33\times 10^{-3} \text{ Kg}$$

$$H= 1.115986 \text{ Kg}$$

4.8.4 BALANCE DE MATERIA EN EL INOCULADO

En la figura 4.12 se muestra el diagrama de Balance de materia en el proceso de inoculado

Figura 4.12
Balance de materia en el proceso de inoculado



Fuente: Elaboración propia

Se utilizara la siguiente nomenclatura:

H= Mezcla para yogurt

I = Cultivo FY-L812

J = Enzima Lacta-Proq

Conversión de la enzima de ml a kg:

$$\delta = 1.2\text{gr/ml}$$

$$v = 0.5 \text{ ml} \rightarrow 0.6 \text{ gr} \rightarrow 6 \times 10^{-4} \text{ kg}$$

Conversión de la enzima de ml a kg:

$$\delta = 1\text{gr/ml}$$

$$v = 2\text{ml} \rightarrow 2\text{gr} \rightarrow 2 \times 10^{-3} \text{ Kg}$$

Balance general:

$$H + I + J = K \quad (5)$$

$$K = 1.115986 \text{ Kg} + 6 \times 10^{-4} \text{ kg} + 2 \times 10^{-3} \text{ Kg} = 1.118586 \text{ Kg}$$

4.9 BALANCE DE ENERGÍA EN EL PASTEURIZADOR

En el proceso de pasteurización es una etapa importante porque reduce la carga microbiana, por ello necesita energía para elevar la temperatura de la leche y necesita quitar energía, para inactivar a los microorganismos o enzimas que se encuentran en la misma.

El pasteurizador consta de 4 etapas, en cada una de ellas se realiza el balance respectivo. Se supondrá un flujo de 1000 lt/hr: $\rho = 1.029 \rightarrow W_{Lc} = 1027 \text{ Kg/hr}$

Un balance de materia en el descremador conduce a:

$$W_{Lc} \cdot (X_{cr} - X_{lc}) / (X_{cr} - X_{lp}) = W_{Lp} \quad \text{ec (1)}$$

$$1.029 \cdot (0.39 - 0.032) / (0.39 - 0.028) = 1015.652$$

1° Etapa:

$$W_{Lc} \cdot c_p \cdot (43 - 14) = W_{Lp} \cdot c_p \cdot (T_a - T_b) \quad \text{ec (2)}$$

2° Etapa:

En esta etapa la leche calentada a 43°C sale al descremador, y retorna con una temperatura de 42°C; el flujo de salida del descremador disminuye puesto que se extrae crema a la leche cruda; este flujo es igual al de la leche pasteurizada.

$$W_{Lp} \cdot c_p \cdot (80 - 42) = W_{Lp} \cdot c_p \cdot (84 - T_a) \quad \text{Ec (3)}$$

3° Etapa:

De esa manera alcanza una temperatura de 85°C y esta temperatura empieza a descender, transfiriendo su calor en primera instancia a la leche que se realiza el pasteurizado.

$$W_{Lp} \cdot c_p \cdot (85 - 80) = W_1 \cdot c_{p_{H_2O}} \cdot (95 - 87.5) \quad \text{ec (4)}$$

4° Etapa:

Luego la leche cruda que está ingresando al pasteurizador y en la última etapa transfiere su calor al agua de fría, la que proviene del banco de agua helada.

En el banco de agua helada se utiliza amoníaco como gas refrigerante, el que circula por el medio de los serpentines, produciéndose en esta la evaporación del amoníaco, para tal efecto requiere absorber calor del agua

$$W_1 * c_p * (T_b - 10) = W_2 * c_{p_{H_2O}} * (7 - 4) \quad \text{ec(5)}$$

Resolviendo tenemos:

$$T_a = 46 \text{ °C}; T_b = 16.676 \text{ °C}$$

$$W_1 = 629.7 \text{ Kg/hr}$$

$$W_2 = 2101.953 \text{ Kg/hr}$$

4.10 CÁLCULO DEL CALOR NECESARIO PARA CALENTAR LA MEZCLA DEL YOGURT EN EL AUTOCLAVE

Se calculó el calor necesario a ser suministrado a la leche para elevar la temperatura de 10°C hasta los 42°C de la hidrólisis e inoculado.

$$Q = m_1 * C_{p_1} * (T_i - T_f) \quad \text{ec (6)}$$

Q= cantidad de calor sensible en joules (J)

C_{p1}= Capacidad calorífica de la leche (3872.97 J/Kg °C)

m₁= Mezcla para la elaboración de yogurt deslactosado. (1.115986 Kg)

T_i= temperatura inicial de la mezcla en el autoclave (10°C)

T_f= temperatura final de la mezcla en el autoclave (42°C)

Reemplazando los datos en la ecuación (6)

$$Q = 1366787.2 \text{ J}$$

5.1 CONCLUSIONES

Según los resultados obtenidos en el trabajo de investigación se pueden establecer las siguientes conclusiones:

- ❖ La determinación de los parámetros analizados de la leche cruda que llega del valle central de Tarija a Pil Tarija la leche tiene las siguientes características:

CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS.-

ASPECTO: líquido homogéneo, libre de elementos extraños.

COLOR: Blanco opaco, amarillento.

OLOR: Característico lácteo (leche)

SABOR: Agradable y ligeramente dulce.

Ausencia de líquidos y secreciones anormales como:

1. Sangre
2. Pus
3. Calostro
4. Otros

Ausencia de antibióticos y otros productos veterinarios.

La leche no debe tener olores y sabores extraños.

CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICOS.-

ACIDEZ TITULABLE: 0.14 Min- 0.6 Max % de ácido láctico.

PRUEBA DE ALCÓHOL: La leche no debe coagular con alcohol al 74% (v/v).

SÓLIDOS NO GRASOS: 8.0 % Min -8.5 % Max. En el lactómetro Bertuzi a una temperatura de 15°C.

MATERIA GRASA: 3.2% Min - 4.3 Max%

- ❖ En el proceso de elaboración de yogurt deslactosado mediante las pruebas preliminares del mismo se obtiene que para la mejor dosificación para obtener un yogurt deslactosado con un buen sabor, textura y consistencia es añadiendo 88.33gr/l de azúcar que era la cantidad máxima, 2.33gr/l de gelatina y 1.33gr/l, con este porcentaje se obtiene el mejor tratamiento para la elaboración. Y de acuerdo al análisis sensorial concretamente en el

parámetro de aceptabilidad, se puede que este yogurt deslactosado tiene una excelente aceptabilidad.

- ❖ La cantidad de enzima utilizada para la elaboración del yogurt deslactosada es la misma dosis que Pil Tarija añade a la leche deslactosada, es decir que se utilizó 0.35ml/l de enzima a una temperatura de 40°C siendo exitosa la hidrolisis que se dio en la muestra final del yogurt deslactosado.

- ❖ Entre las características sensoriales que se seleccionó para determinar el mejor tratamiento de yogurt deslactosado fueron los atributos de sabor, suavidad, acidez, textura y aceptación, mediante una la escala hedónica de 1 al 9 que se utilizó para determinar cada uno de los calificativos mencionados también se realizó las pruebas estadísticas de Fisher y Duncan, donde se determinó que el tratamiento número 2 es la que tiene mayor nivel de significancia entre las muestras, además de ser preferida por la mayoría de los jueces.

- ❖ La cantidad de lactosa hidrolizada fue de un 80%, según los resultados de % de lactosa en el producto final obteniendo 1.4gr/100gr de lactosa según los resultado del laboratorio LABROB. Según la ficha técnica de la enzima lacta-proq a la temperatura de 42°C el grado de hidrolisis sería de 95%, pero al combatir con el cultivo láctico ya que los dos son añadidos simultáneamente, este no deja que la enzima realice su grado de hidrolisis como se establece en la ficha técnica

- ❖ El yogurt deslactosado propuesto permite un contenido de lactosa de 1.4%, haciendo una evaluación siguiendo la norma NTE INEN 10(Anexos) la misma que cita que el porcentaje de lactosa contenida en la leche pasteurizada entera, semidescremada y descremada debe encontrarse un rango de 0.7% (producto bajo en lactosa) hasta 1.4% lo convierte en un

alimento adecuado para el consumo de personas que padecen de intolerancia al azúcar de la leche.

- ❖ Según los resultados de los análisis de las propiedades fisicoquímicas del producto, realizadas en el CEANID se determinó que el yogurt deslactosado contiene: 0.81% de ácido láctico, 616mg/Kg de calcio total, 0.72% de cenizas, un contenido de 0.45% de materia grasa, 5.31 mg/Kg de hierro total, 78.9% de humedad, 3.09% de proteínas totales y brinda valor energético de 83.7 Kcal/100gr.
- ❖ En el producto terminado yogurt deslactosado mediante el análisis microbiológico realizado en el CEANID se determinó que los parámetros analizados, existe ausencia de coliformes totales y fecales (0,00 NMP/g), <10 ufc/g de Staphylococo aureus y 3.0×10^1 ufc/g de mohos y levaduras.
- ❖ En las pruebas realizadas al yogur deslactosado, se llegó a la conclusión que después de 14 días de almacenamiento a 4°C el yogurt empieza a descomponerse, y adicionando conservante este puede durar 30 días sin tener alguna alteración.
- ❖ Concluimos diciendo que el yogurt deslactosado 45% de contenido graso, hidroliza a 42°C utilizando una dosis de enzima de 0.5 ml y 2ml de cultivo láctico en un tiempo de 8hrs. Se obtiene un producto con las siguientes características:

YOGURT DESLACTOSADO

Características Organolépticas:

ATRIBUTO

Yogurt Deslactosado

Apariencia

Superficie

Apariencia homogénea, superficialmente batido, sin separación del suero.

Color	Natural de leche
Condiciones de frescura	Apariencia fresca
Olor	Característico de leche acidificada
Sabor	Típico, característico agradable, de ligero a medianamente ácido
Consistencia	Cremoso, viscoso, no pastoso

Características Físico- Químicas:

Parámetros	Unidad	Yogur deslactosado
Acidez (ac. láctico)	%	0,81
pH		4.8
Calcio Total	mg/Kg	616
Cenizas	%	0,72
Fibra	%	n.d
Grasa	%	45
Hierro Total	mg/Kg	5.31
Hidratos de carbono	%	16.8
Materia grasa	%	0.45
Humedad	%	78.9
Proteína total	%	3.09
Sólidos solubles	°Brix	17,70
Valor energético	Kcal/100 g	83.7

5.2 RECOMENDACIONES

- ❖ Se recomienda que la materia prima cruda (leche) pase por un tratamiento térmico para obtener un producto de buena calidad, para evitar la presencia de coliformes totales y fecales.
- ❖ Se recomienda que al realizar el proceso de elaboración se utilice material y todos los utensilios utilizados se encuentren limpios y esterilizados para así evitar la carga microbiana
- ❖ Es de gran importancia tomar en cuenta que la leche una vez pasteurizada, y la mezcla preparada para el yogurt no contenga ningún tipo de conservante para que así se realice un buena hidrólisis y que no ocurra la inhibición de la enzima ya que sería de tipo competitivo sin dejarla reaccionarla
- ❖ Establecer el comportamiento de diferentes tipos de enzimas en la elaboración para determinar si pudiese existir diferencia en el proceso de hidrólisis de la lactosa presente en la leche, implementando la técnica de análisis de porcentaje de lactosa en el laboratorio, por el hecho que es necesario tener conocimiento de la hidrólisis de la lactosa.
- ❖ Se recomienda realizar el mismo proceso de elaboración del yogurt deslactosado, con leche en polvo de materia prima para analizar si existe alguna diferencia sensorial o alguna otra.
- ❖ Se recomienda realizar la elaboración de yogurt con diferentes cultivos lácticos, para poder comparar si se efectúan cambios notables.
- ❖ Establecer el comportamiento de la enzima a diferente tiempo y temperatura durante todo el proceso de elaboración.

