



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA INDUSTRIA
INGENIERIA AGROINDUSTRIAL**

**Obtención del yogurt natural elaborado a partir de una mezcla de
leche con suero láctico a nivel de laboratorio, en la Universidad
Nacional de Ingeniería, Sede Regional del Norte.**

AUTORES

Br. Holman Josué Guevara Casco
Br. Fátima Yesenia Peralta González
Br. Mabel Vanessa Videa Zelaya

TUTOR

Ing. Mariliana Videa Bustillo

Estelí, octubre de 2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Tecnología de la Industria

DECANATURA

Managua, 04 de febrero de 2019

Brs. Holman Josué Guevara Casco
Fátima Yessenia Peralta González
Mabel Vanessa Videa Zelaya

Por este medio hago constar que el protocolo de su trabajo monográfico titulado **“Obtención del yogurt natural elaborado a partir de una mezcla de leche con suero láctico a nivel de laboratorio, en la Universidad Nacional de Ingeniería, Sede Regional del Norte”**, para obtener el título de **Ingeniero Agroindustrial** y que contará con la **MSc. Mariliana Videa Bustillo** como tutor, ha sido aprobado por esta Decanatura.

Cordialmente,


MSc. Lester Antonio Artola Chavarría
Decano



C/c Archivo
LACH/art

Estelí, 26 de julio de 2019

Msc. Lester Artola Chavarría
Decano FTI
Sus manos

Estimado Decano

Reciba cordiales saludos, a través del presente remito tesis monográfica titulada: **“Obtención del yogurt natural elaborado a partir de una mezcla de leche con suero láctico a nivel de laboratorio, en la Universidad Nacional de Ingeniería, Sede Regional del Norte.”** para su proceso de defensa, la misma fue elaborada por los bachilleres: Holman Josué Guevara Casco, Fátima Yesenia Peralta González y Mabel Vanessa Videa Zelaya.

Por otra parte, no omito manifestarle que el documento cumple con los requerimientos técnicos normados por la facultad, por lo tanto, solicito su aprobación para que los bachilleres antes mencionados puedan proceder a su correspondiente defensa.

Sin más a que referirme le saludo con muestras de estima y consideración.

Atentamente,



Ing. Mariliana Videa Bustillo
Tutora

Agradecimiento

Principalmente gracias a Dios, por ser el inspirador y guía presente en el caminar de nuestras vidas. Por darnos fuerzas para continuar en el proceso de cumplir esta meta.

Agradecer a nuestros padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años. Por ser los promotores de nuestros sueños, por confiar y creer en nuestras expectativas, por sus consejos, valores y principios que nos han inculcado.

Gracias a los maestros, por tomarse el arduo trabajo de transmitir sus diversos conocimientos.

Gracias a la tutora Mariliana Videa por su paciencia, por cada momento dedicado en la elaboración de este documento y a la vez por compartir sus conocimientos con nosotros.

De manera muy especial se dedica este trabajo monográfico a la señora Antonia Corina Zelaya, como parte de una promesa.

Resumen

La presente investigación tuvo como finalidad la elaboración de una bebida fermentada (yogurt) resultante de una mezcla entre suero láctico y leche entera, utilizando tres formulaciones con diferentes proporciones de suero y leche entera 30/70, 50/50 y 70/30, respectivamente. Cumpliendo con las propiedades organolépticas óptimas, buscando la reducción en los costos de producción y a la vez la reutilización del suero láctico por ser un agente contaminante del ambiente.

Para iniciar la elaboración del yogurt, se caracterizó la materia prima utilizando leche fresca entera de vaca y suero fresco del procesamiento de queso, ambas sustancias (leche y suero) se sometieron a análisis físico químico (temperatura, densidad, acidez titulable).

Se prepararon los tres tipos de formulaciones de yogurt y se determinó por análisis sensorial que la fórmula que contenía 70% leche y 30% suero, presentó mejores características organolépticas.

Con la formulación seleccionada, se realizaron los cálculos de rendimiento productivo y los balances de masa, se encontró que el rendimiento en relación a 3.68 kg de mezcla leche-suero, equivalente al 100% fue de 2.11 kg de yogurt, es decir 54%, siendo este el rendimiento de la producción.

A la vez, se calcularon los costos generales para producir 100 envases de yogurt de 250 ml cada uno y se encontró que el costo de producir los 100 envases es de C\$ 1,777.27, dando un costo por unidad de C\$ 17.77.

Tabla de Contenido

I.	Introducción	1
II.	Antecedentes	2
III.	Justificación	4
IV.	Objetivos	6
	4.1. Objetivo general	6
	4.2. Objetivos específicos	6
V.	Marco teórico	7
VI.	Hipótesis	21
VII.	Análisis y presentación de resultados	22
	7.1. Ubicación del estudio	22
	7.2. Tipo de estudio	22
	7.3. Actividades por objetivos específicos	23
	7.3.1. Caracterización de la materia prima	23
	7.3.2. Determinación de la mejor fórmula de leche y suero para la obtención de yogurt y análisis estadístico	27
	7.3.3. Cálculo del rendimiento productivo y balances de masa	39
VIII.	Conclusión	53
IX.	Recomendaciones	55
X.	Bibliografía	56
XI.	Anexos	59

Índice de Tablas

Tabla 1. Medición de acidez titulable en la leche	25
Tabla 2. Medición de acidez titulable en el suero.....	25
Tabla 3. Análisis de varianza de los atributos evaluados en las tres formulaciones de yogurt.	33
Tabla 4. Separación de promedios para los atributos evaluados en las tres formulaciones.	33
Tabla 5. Prueba de homogeneidad de varianza para los atributos evaluados en las tres formulaciones.	35
Tabla 6. Resultado de la prueba t para muestras independientes.	38
Tabla 7. Costos de producción y precio por unidad.	51

Índice de figuras

Figura 1. Reacción de fermentación del ácido láctico.	19
Figura 2. Ubicación del estudio.	22
Figura 3. Medición de pH (leche y suero).....	24
Figura 4. Medición de acidez titulable (leche y suero).....	26
Figura 5. Medición de densidad (leche y suero).....	27
Figura 6. Pasteurización de la mezcla.....	29
Figura 7. Valoraciones dadas por los jueces expertos a las muestras de yogurt. .	31
Figura 8. Normalidad de errores para las valoraciones de las tres formulaciones.	35
Figura 9. Valoración de los jueces no entrenados a las muestras de yogurt.....	37
Figura 10. Diagrama de flujo para la producción de yogurt.....	41

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1. Cálculo de acidez titulable.	25
Ecuación 2. Ecuación de balance de materia.....	39
Ecuación 3. Cálculo de cantidad de calor.	48
Ecuación 4. Cálculo de masa de combustible.....	49
Ecuación 5. Potencia eléctrica.	51

I. Introducción

La industria láctea es uno de los sectores más importantes de la economía de países industrializados y en desarrollo. Aproximadamente el 90% del total de la leche utilizada en la industria quesera es eliminada como lactosuero, el cual retiene cerca del 55% del total de ingredientes de la leche como la lactosa, proteínas solubles, lípidos y sales minerales (Parra Huertas, 2009).

El lactosuero es un subproducto que se obtiene de la elaboración de queso el cual se caracteriza por poseer un color amarillo-verdoso y la forma opalescente, además de un alto valor nutritivo, esto por la presencia de proteínas disueltas en el mismo con alto valor biológico (entre la que se destacan la α -lacto-albúmina y la β -lactoglobulina); las vitaminas del complejo B, y minerales tales como el calcio y el fósforo (Parra Huertas, 2009).

A nivel global, la utilización de suero lácteo está muy difundida por su valor nutritivo y menor costo, siendo aprovechado como materia prima para la elaboración de otros productos de consumo humano entre ellos está el yogurt (Montesdeoca, Benítez, & Guevara Raúl, 2017).

Por lo antes mencionado, en esta investigación se propuso la obtención de yogurt a partir de tres formulaciones de suero y leche entera en proporciones de 30/70, 50/50 y 70/30, y se comprobó por medio de análisis sensorial la mejor formulación, determinándose los respectivos costos de producción.

II. Antecedentes

A nivel mundial, el lactosuero se ha convertido en un aliado para la innovación y el crecimiento de la industria de alimentos y bebidas, con su utilización en la fabricación de productos de alto valor nutricional y funcional que contribuyen a la alimentación de la población (Klotz, 2014).

La Universidad de Cartagena en el año 2012 planteó la elaboración y evaluación de una bebida tipo yogurt a base de lacto suero dulce fermentada con *Streptococcus Salivarius ssp Thermophilus* y *Lactobacillus Casei ssp Casei*, en la que se pudo conocer que en todas las formulaciones de las bebidas de tipo yogurt aumentaron el contenido de todos sus componentes después de la fermentación entre los cuales plantean que “hubo un aumento de la densidad, el contenido de proteína y los sólidos soluble.” (Marulanda, 2012)

El instituto de investigaciones agropecuarias “Jorge Dimitrov” realizó una investigación en donde se elaboró una bebida fermentada a partir del suero de queso en el combinado lácteo “La Hacienda” de la ciudad de Bayamo (Granma, Cuba) se realizaron a escala piloto 5 corridas experimentales de 200 litros con cada variante que se había fijado, las cuales mostraron que “una bebida fermentada a partir de suero se ha obtenido un producto de buena calidad, inocuo, de durabilidad extendida, y con características energéticas y pro bióticas” (Miranda, Fonseca, Ponce, Cedeño, Rivero, & Vazquez, 2014).

En esta misma rama se desarrolló una investigación en la Escuela Superior Politécnica de Manabí, Ecuador acerca del procedimiento para la producción de una bebida láctea fermentada utilizando lactosuero, donde se utilizó lactosuero en concentraciones de 10%, 20% y 30% y tres tipos de estabilizantes: 0.1% obsigel 8 AGT, 0.1% obsigel 955B y 0.1% CC-729 respectivamente; con el objetivo de diseñar una bebida láctea fermentada utilizando lactosuero como sustituto parcial de leche y diferentes estabilizantes comerciales. Mediante un análisis descriptivo minucioso

de los datos que arrojaron los resultados de las pruebas físico-químicos, se apreció que el tratamiento a3*b3 (30% de lacto suero + estabilizante CC - 729) predominó con un pH 4,170; mientras que en el análisis estadístico de la acidez mostró como resultado el tratamiento a3*b3 (30% de lacto suero + estabilizante CC -729) predominó con una acidez 0,67 con relación a los demás tratamientos; en el análisis estadístico de la variable °Brix se apreció que el tratamiento a1*b1 (10% de lacto suero + estabilizante Obsigel 8AGT) predominó con un °Brix de 15,60; en la consistencia los resultados muestran el tratamiento a1*b3 (10% de lacto suero + estabilizante CC - 729) predomina con una consistencia de 2,63. Partiendo de los resultados físicos - químicos, se define como el mejor tratamiento es el T9=a3*b3 (30% de lacto suero + estabilizante CC - 729) como el mejor de esta investigación (Montesdeoca, Benítez, & Guevara Raúl, 2017).

En el 2008 se llevó a cabo una investigación en la Universidad Nacional de Ingeniería, recinto Simón Bolívar en donde se elaboró yogurt batido de dos maneras: la primera procesando leche entera del centro de acopio lácteo “El Vaquerito” elaborando queso y separándole el suero, la segunda utilizando suero de la empresa láctea NILAC del departamento de Managua, con la cual se determinó que con la adición de 5% de sólidos el yogurt no presentó la consistencia del yogurt batido y el grado de sinéresis fue mayor (Martínez & Hernández, 2008).

III. Justificación

En Nicaragua de cada 10 litros de leche que se procesan para elaborar queso, resultan entre 7.2 y 8.5 litros de suero y debido a la falta de inversión en equipos de procesamiento esto impide su aprovechamiento. Para evitar sus efectos contaminantes el principal uso que se le da en el país es como alimento para cerdos, por lo que en las zonas lecheras más alejadas ha crecido mucho la actividad porcina (Baca Castellón, 2016).

Dentro de los productos derivados de la leche, el yogurt se ha convertido en una bebida de alto consumo. Hoy en día los consumidores latinoamericanos buscan alimentos que satisfagan un sinnúmero de necesidades: quieren convivencia, beneficios para la salud, un alto contenido nutritivo y todo a un precio conveniente. El yogurt ofrece todo esto y más, con opciones para un gran panorama de consumidores (Tamillow, 2012).

Como una alternativa para la reducción de costos de producción y aprovechamiento de sus propiedades nutritivas, se ha implementado la utilización del suero en la elaboración de bebidas fermentadas. Este subproducto tiene altas posibilidades de ser reutilizado como precursor para otros procesos, como es la formulación de alimentos balanceados para el ganado, como base para métodos de fermentación, obtención de lactato de calcio, elaboración de bebidas suplementarias para deportistas, entre otros (Rojas & Ruíz, 2014)

El problema ambiental de mayor importancia generado por las industrias lácteas es la generación de suero lácteo como resultado de la elaboración de queso convirtiéndose en aguas residuales sin ningún tratamiento que reduzca su nivel de contaminación, la reutilización de este permitirá un aporte considerable a dicha problemática.

Por lo tanto, en la siguiente investigación se formuló una bebida (yogurt) resultante de una mezcla entre suero láctico y leche entera, obteniéndose un producto que aparte de cumplir con las propiedades organolépticas óptimas, también logra la reducción en los costos de producción y a la vez la reutilización del suero láctico evitando ser un agente contaminante del ambiente.

IV. Objetivos

4.1. Objetivo general

Obtener yogurt natural elaborado a partir de una mezcla de leche con suero láctico a nivel de laboratorio, en la Universidad Nacional de Ingeniería, Sede Regional del Norte.

4.2. Objetivos específicos

4.2.1. Caracterizar el suero y la leche, analizando las propiedades físico-químicas como pH, acidez y densidad que permita la obtención de un producto de calidad.

4.2.2. Determinar la mejor formulación de leche y suero para la obtención de yogurt, por medio de análisis sensorial comparando con yogurt de leche de manera que los panelistas encuentren diferencias significativas.

4.2.3. Implementar métodos estadísticos como el estudio experimental de bloques completos al azar para la reducción del error provocado por la variabilidad en las evaluaciones sensoriales.

4.2.4. Calcular el rendimiento productivo a nivel de laboratorio de la mejor fórmula de yogurt obtenido a partir de las formulaciones evaluadas, por medio de balances de masa para la determinación de costos de producción.

V. Marco teórico

En este acápite contiene un conjunto de ideas, procedimientos y teorías que servirán para sustentar esta investigación.

5.1. Leche

Es el producto íntegro, no alterado, ni adulterado y sin calostro, procedente del ordeño higiénico regular, completo e ininterrumpido de las hembras domésticas, sanas y bien alimentadas (Morales, 2011).

5.1.1. Obtención de la leche

La leche se obtiene por medio del ordeño higiénico y completo de vacas sanas, libre de calostro, materia contaminante y exenta de color, olor, sabor y consistencia anormales. Se puede extraer de forma artesanal o por succión al vacío, donde se han perfeccionado metodologías científicas de crianza y explotación comercial (Morales, 2011).

5.1.2. Aspectos Nutricionales

Proteínas: La leche de vaca contiene de 3 a 4.1 por ciento de proteínas (depende de la raza), distribuida en caseínas, proteínas solubles o seroproteínas y sustancias nitrogenadas no proteicas. Son capaces de cubrir las necesidades de aminoácidos del hombre y presentan alta digestibilidad y valor biológico. Además del papel nutricional, se ha descrito su papel potencial como factor y modulador del crecimiento.

Lípidos: Figuran entre los constituyentes más importantes de la leche por sus aspectos económicos, nutritivos, características físicas y organolépticas que se deben a ellos. La leche entera de vaca se comercializa con un 3,5 por ciento de

grasa, lo cual supone alrededor del 50 por ciento de la energía suministrada (García, Montiel, & Borderas, 2014).

Azúcares: La lactosa es el único azúcar que se encuentra en la leche en cantidad importante (4,5 por ciento) y actúa principalmente como fuente de energía y tiene un efecto estimulante en la absorción de calcio y otros elementos minerales de la leche.

Sustancias minerales: La leche de vaca contiene alrededor de 1 por ciento de sales, destacan calcio y fósforo. El calcio es un macro nutriente de interés, ya que está implicado en muchas funciones vitales por su alta biodisponibilidad, así como, por la ausencia en la leche de factores inhibidores de su absorción.

Vitaminas: Es fuente importante de vitaminas para niños y adultos. La ingesta recomendada de vitaminas del grupo B (B1, B2 y B12) y un porcentaje importante de las A, C y ácido pantoténico, se cubre con el consumo de un litro de leche (Zavala Pope, 2005)

5.1.3. Tipos de leche

5.1.3.1. Según el contenido graso

- Entera: Contiene como mínimo 3.0 % - 3.3 % de grasa, que se supera en la mayoría de las marcas.
- Semi-desnatada: Contiene el 1.5%-2.1% de grasa, la separación de la grasa se consigue por centrifugación.
- Desnatada: Contiene el 0%-0.5% de grasa, es conocida como descremada.

5.1.3.2. Según el proceso de conservación

- Concentradas: Son aquellas cuyo volumen se ha reducido a un tercio del original. Se pueden conservar durante años. Entre las leches concentradas se distinguen: condensada, evaporada, en polvo, esterilizada, fermentada,

homogeneizada, pasteurizada, ultra pasteurizada y enriquecidas (esta última corresponde a los lácteos preparados en forma de yogurt o leche líquida que pueden contener valores nutritivos como vitaminas, calcio, fósforo, entre otros) (Zavala Pope, 2005).

5.1.4. Los derivados

Los productos lácteos se preparan por alteración de las relaciones en las que se encuentran los componentes de la leche. Estos derivados son:

- Leche desnatada y semidesnatada: Se logran obtener por separación mecánica (centrifugación) parcialmente o totalmente la grasa.
- Leche entera concentrada o en polvo: Se obtiene por eliminación simple de agua. La evaporada, pierde algo de agua; a la condensada se le añade azúcar, y si es en polvo esta deshidratada.
- Queso: Es el derivado de la leche obtenido por coagulación enzimática: en la maduración se operan procesos de hidrólisis en los lípidos, carbohidratos y proteínas presentes en el producto fresco.
- Yogurt: Es la leche fermentada más conocida: a la leche se le incrementa el contenido en proteínas con sólidos lácteos y se inocula con una mezcla de *Streptococcus Thermophilus* y *Lactobacillus Bulgaricus*. La transformación más importante es la fermentación láctica que usa la lactosa de la leche como sustrato. Las leches fermentadas se incluyen en el grupo de los alimentos prebióticos (contienen microorganismos vivos que ingeridos en cantidades suficientes ejercen algún efecto beneficioso sobre la salud al favorecer el equilibrio y mantenimiento de la flora intestinal) (Roca Ruíz, 2015).

5.1.5. Calidad microbiológica de la leche cruda

De acuerdo con las normas de salubridad se considera que la leche cruda de buena calidad en la industria láctea, debe tener menos de 100.000 bacterias mesófilas aerobias por mililitro y menos de 400.000 células somáticas. Como la leche cruda

es la materia prima para la producción de leche pasteurizada y de todos los derivados lácteos; y como la pasteurización siempre deja vivo un porcentaje importante de bacterias, la industria cada día se encuentra más interesada en poder iniciar sus procesos industriales con leches crudas que tengan el menor número de bacterias por mL (E.Heer, 2007).

Como la leche es el alimento más completo de la naturaleza porque contiene proteína de óptima calidad, grasas, azúcar, en forma de lactosa, muchos minerales y casi todas las vitaminas, los varios miles de tipo de bacterias que existen pueden multiplicarse en este alimento tan rápidamente, que duplican su número cada 15 minutos cuando la leche esta entre 30 y 37 ° C.

Para multiplicarse las bacterias “consumen” leche y excretan sustancias indeseables como: Ácido láctico, ácido propiónico, ácido acético, provenientes del metabolismo de la lactosa; ácidos grasos y acetona provenientes de la utilización de las grasas y productos indicativos de putrefacción como indol, la cual es una prueba bioquímica realizada en especies bacterianas para determinar a habilidad del organismo de romper el indol del aminoácido triptófano. Esta división molecular es lograda por una serie de enzimas intracelulares diferentes, un sistema que en conjunto se le llama con frecuencia triptofanasa; propios del metabolismo de las proteínas. Son muchos los cambios que va sufriendo la leche hasta llegar a la acidificación y en ese momento hay varios millones de bacterias por mL, generalmente más de siete millones (Fernández Pinzón, 2006).

5.1.6. Determinación de la calidad microbiológica de la leche cruda

Para evaluar la calidad higiénica de la leche se utilizan diferentes metodologías, unas que miden los cambios que producen las bacterias cuando crecen en la leche, otras que miden la acción de las bacterias sobre una sustancia modificando sus propiedades y finalmente otras que cuentan el número de bacterias existente. Las

últimas son las más confiables y por lo tanto las que tienen mayor aplicación a nivel mundial.

Las técnicas que se han diseñado para este tipo de análisis son: Prueba de alcohol, reducción de azul de metileno, medición de pH, acidez titulable y densidad, que permiten conocer cuál es la fuente de contaminación más importante o proponer la durabilidad del producto en el mostrador (E.Heer, 2007).

- **Prueba de alcohol**

Fue el primer indicador de calidad de la leche cruda debido a que se producen ácidos, se modifican las estructuras proteicas y la leche se coagula (se corta) cuando se mezcla con alcohol o se somete a ebullición. El fundamento de la prueba del alcohol es cuando se mezclan cantidades iguales de leche y alcohol al 68-72 por ciento. Normalmente una leche positiva a la prueba de alcohol, tiene mal olor y sabor ácido mayor a 0.19 por ciento, se corta a la ebullición y contiene millones de bacterias.

Leches con valores superiores a 0.19 por ciento, además de ser positivas a la prueba de alcohol se coagulan con el calentamiento, tienen mal sabor y recuento de bacterias de varios millones y TRAM (tiempo de reducción del azul de metileno) muy corto (Martínez & Hernández, 2008).

- **Tiempo de reducción de azul de metileno (TRAM)**

Se analiza el tiempo de azul de metileno también llamado reductasa, para explicar esta reacción es necesario hacer las siguientes consideraciones:

El colorante azul de metileno el cual es un indicador de óxido- reducción, es azul cuando está oxidado e incoloro cuando está reducido. Varias especies de bacterias tienen la capacidad de tomar el oxígeno presente en el medio y por lo tanto generar

la reducción del azul de metileno con la consecuente pérdida del tono azul. Básicamente la velocidad con la cual se reduce el azul de metileno depende del número de microorganismos que tienen el efecto reductor, comúnmente se describe en bacteriología como un recuento metabólico indirecto

Las malas prácticas de higiene, ordeño, alimentación, son factores que influyen en la contaminación de la leche con microorganismos que tienen muy poca actividad reductora comparativamente con bacterias de los géneros *Streptococcus* y *Lactobacillus* que son habitantes normales de la glándula mamaria y que a través de ella pueden llegar a la leche.

Basados en la actividad metabólica de los diferentes microorganismos que pueden contaminar la leche, la prueba TRAM puede dar resultados negativos a las leches que tienen poca contaminación ambiental, pero con presencia de bacterias con gran capacidad reductora y de otra parte favorecer las leches con alto número de bacterias contaminantes ambientales producto de ordeños antihigiénicos pero que demoran mucho en reducir el azul de metileno.

Otra razón para tener largo tiempo de TRAM frente a un alto número de bacterias, es que la leche examinada contenga sustancias que inhiban el crecimiento bacteriano, por ejemplo, preservantes químicos o antibióticos, compuestos que cuando se está haciendo el recuento en placa, por el factor de dilución al que se somete la muestra, pierde actividad o capacidad inhibitoria (Fernández Pinzón, 2006).

- **Acidez titulable**

Tiene por objeto determinar la cantidad de ácido láctico presente en la leche, que recién obtenida de una ubre sana es de 0.11-0.14 % y se espera que al llegar a la plataforma de recepción haya aumentado lo menos posible. Entre más cerca este el valor de la acidez al de la leche fresca menos actividad bacteriana se ha producido y por ende menos será el número de bacterias presentes. Con alguna frecuencia se encuentran leches que coagulan con el alcohol, pero con acidez titulable normal, negativo a la ebullición. Cuando hay mastitis la leche es de tendencia alcalina y por

ende negativa a la prueba de alcohol y acidez titulable por debajo de 0.11%, fenómeno conocido como Síndrome de la Leche Anormal (SILA), el cual afecta la densidad de la leche, reducción en el rendimiento y calidad del queso.

Las características físico químicas de una leche afectada por SILA son: prueba de alcohol positiva, acidez titulable mayor de 0.13%, sólidos totales disminuidos, proteínas, mayor al 2.9 %, relación proteína/caseína mayor de 75%, pH mayor de 6.75%, urea de la leche aumentada, calcio normal, fósforo y magnesio disminuidos, potasio aumentado (Martínez & Hernández, 2008).

- **Densidad**

En el caso de la leche es el peso de un volumen dado de la misma a una temperatura determinada. Se expresa en gramos por centímetro cúbico o kilogramos por litro.

La densidad normal de la leche es de 1.028 a 1.03 gr/cc a 15° C de temperatura. Cuando la leche ha sido aguada la densidad baja a menos de 1.028 y al ser descremada la densidad aumenta por encima de 1.034.

Para la medición de esta se usa un aparato de vidrio llamado lactodensímetro, está graduado en milésimas de peso (Ochoa & Ofelia, 2005).

- **pH**

El pH representa la acidez actual (concentración de H⁺ libres) de la leche. Uno de los métodos para medir pH es el uso de papeles o cintas indicadoras embebidas en soluciones colorantes que cambian de color según el pH de la leche.

El pH y la acidez por titulación son dos medidas no estrictamente asociadas. El pH al ser medida de la acidez actual de la leche se relaciona mejor que la acidez

titulable con la estabilidad de la leche frente a tratamientos térmicos en la industria (Negri, 2005).

5.2. El queso

Es un alimento derivado de la leche que se obtiene de la coagulación de la misma, producto blando, semiduro, duro y extra duro, madurado o no madurado, en el que la proporción entre proteína de suero y caseína no son superior a la de la leche (FAO, 2013).

Tres son los ingredientes fundamentales en la elaboración del queso:

Leche: El queso no es más que leche muy concentrada, a la que se le elimina el agua; por eso las características de la leche utilizada definirán, en gran parte, las del queso resultante.

Cuajo: Procedente del cuarto estómago (o cuajar) de ternero muy joven, contiene quimosina, la cual es una enzima que permite que la kappa-caseína responsable de mantener las micelas de caseína en la leche separadas se inactive. Las moléculas de caseína, principal proteína de la leche, se mantienen agrupadas en unas estructuras llamadas micelas. Cuando el cuajo actúa, las micelas de caseína confluyen para unirse y formar la leche cuajada.

Microorganismos: Bacterias y hongos son los que darán las peculiaridades a cada queso al modificar las proteínas y grasas presentes en la leche, dando lugar a nuevos compuestos con sabores y aromas característicos. La variedad es amplia, desde las bacterias iniciadoras, que suelen ser bacterias del ácido láctico responsables de la acidificación de la leche y sabor de gran parte de quesos semiduros, hasta las bacterias propiónicas responsables de los agujeros de quesos como el gruyere, o los mohos azules del roquefort y los blancos del Camembert.

El queso es una buena fuente de vitaminas hidrosolubles como la B1 y B2, así como liposolubles A y D, cuyo contenido dependerá de la mayor o menor presencia de grasa. De la misma manera, el calcio y el fósforo participan de forma importante en la composición nutricional del queso (FAO, 2013).

5.3. El suero

Es el líquido resultante de la coagulación de la leche durante la elaboración del queso y otros derivados de esta. Se obtiene tras la separación de la caseína y las grasas. Por acción de los ácidos lácticos se produce la coagulación de la leche, separándose un líquido de color verdoso, concentrado de proteínas de alto valor biológico, rico en sales minerales, aminoácidos y vitaminas.

El suero de queso representa un producto o una mezcla importante de proteínas que poseen un amplio rango de propiedades químicas, físicas y funcionales, y que entre otros beneficios pueden ayudar a conservar la salud y evitar ciertas enfermedades. Las proteínas lácteas se dividen en dos grandes grupos: las caseínas, que representan 80% del total, y las proteínas del suero o seroproteínas, que constituyen el porcentaje restante (Zambrano Arias & Zambrano Zambrano, 2013).

Está compuesto mayoritariamente por agua (94 - 95%) y compuestos hidrosolubles tales como lactosa (4.9%), proteína cruda (0.9%), cenizas (0.6%), grasas (0.3%) y ácido láctico (0.2%). La fracción proteica está compuesta por lacto globulina, lacto albúmina, inmunoglobulinas, proteasa peptona, enzimas nativas, urea, creatina, ácidos nucleicos y aminoácidos. La acidez es variable (5.0 - 5.8).

En cuanto a las proteínas, el suero de leche aporta dos tipos indispensables para el organismo como son lacto globulina y lacto albúmina, cuya presencia en el suero es mayor que en la misma leche y los huevos. También es relevante el contenido

en minerales y oligoelementos: calcio, potasio, magnesio, fósforo, sodio, zinc, hierro y cobre y elevado contenido en vitaminas B y C (Martínez & Hernández, 2008).

5.3.1. Tipos de suero

Suero dulce: Se obtiene como subproducto de la elaboración de quesos duros, semiduros y de ciertos quesos blandos en los cuales es usado el cuajo como insumo principal. El pH debe estar en el rango de 5.6 – 6.6, de acuerdo a las normas del codex alimentarius.

Suero ácido: Se obtiene durante la producción de caseína del ácido láctico, precipitada por ácidos minerales, con un pH de 4.3 – 4.6.

Suero salado: Se genera al añadir sal a la leche o al mismo suero durante el proceso de elaboración de quesos (Martínez & Hernández, 2008).

5.3.2. Principales usos del suero

- Bebidas fermentadas (Arazo Rusindo, 2010).
- Producción de enzimas (Bello González, 2009).
- Proteína unicelular (Hernández, Meza, & Nela, 2000).
- Jarabe de suero (Martínez & Hernández, 2008).

5.4. Yogurt

Es un producto lácteo obtenido por medio de la fermentación de la leche que puede haber sido elaborado a partir de productos obtenidos de la leche con o sin modificaciones en la composición, por medio de la acción de microorganismos adecuados como *Streptococcus Thermophilus* y *Lactobacillus Bulgaricus* (FAO, Leche y productos lácteos, 2011).

5.4.1. Clasificación

Según el contenido graso:

- Elaborado con leche entera
- Elaborado con leche semidescremada o semidesnatada
- Elaborado con leche descremada o desnatada

El yogurt entero tiene un mínimo de 3% de contenido graso, el yogurt parcialmente descremado está dentro del rango de 1.0% al 2.9% de contenido graso y el yogurt descremado tiene un contenido máximo de 1.0 de contenido graso.

Según los ingredientes utilizados

- Yogurt natural
- Yogurt con frutas
- Yogurt azucarado
- Yogurt edulcorado
- Yogurt saborizado o aromatizado

Según el proceso de elaboración

- Yogurt batido
- Yogurt coagulado o aflanado
- Yogurt bebible o fluido
- Yogurt concentrado
- Yogurt deslactosado (Vera Balcázar, 2011)

5.5. Cultivos lácteos

Otros de los ingredientes esenciales del yogurt son los cultivos, en especial los cultivos lácticos, que están conformados por microorganismos seleccionados que se emplean en la industria lechera.

La función de los cultivos lácticos es producir ácido láctico, esto se da por la fermentación de la lactosa de la leche, lo cual aporta un sabor ácido y fresco a la leche fermentada asegurando la calidad de la misma.

Los cultivos se clasifican dependiendo de su forma, temperatura de crecimiento, funciones y otros.

Entre las bacterias que son cultivos lácteos termófilos (se emplean para la elaboración de yogurt, ya que tienen temperaturas óptimas de desarrollo entre 40 a 45 °C) están constituidos por:

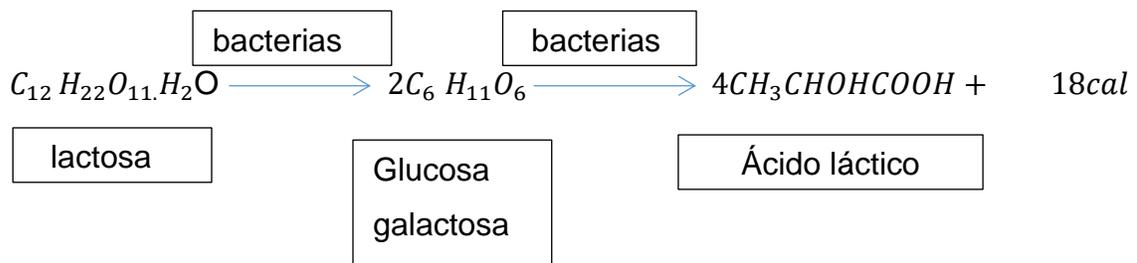
- *Streptococcus Thermophilus*: Se presenta en forma ovoide o esférica, en parejas o formando una cadena según la temperatura de crecimiento y el medio de cultivo. Son bacteria homofermentativas capaces de producir 1% de ácido láctico y polisacáridos que forman un mucilago, lo cual es importante para la viscosidad del yogurt.
- *Lactobacillus Bulgaricus*: Tienen forma de bacilo alargado, de punta redondeada, puede estar formando una cadena o separados. Se caracterizan por producir gran cantidad de ácido láctico.
Se conocen dos tipos: *Lactobacillus bifidus*, estos controlan el crecimiento de bacterias contaminantes y mejora la digestibilidad de las personas al momento de consumir leche; *Lactobacillus acidophilus*, funciona adhiriéndose a los intestinos mejorando la digestibilidad de los alimentos.

Debe encontrarse una relación de 1:1:2, es decir, un *Lactobacillus Bulgaricus* por cada uno o dos de *Streptococcus Thermophilus* (Vera Balcázar, 2011).

5.5.1. Actividad del cultivo lácteo

El proceso que se lleva a cabo es una fermentación ácido láctica producida por las bacterias, donde ocurre un descenso de pH, cuando las bacterias fermentan la lactosa para producir ácido láctico de acuerdo a la siguiente reacción:

Figura 1. Reacción de fermentación del ácido láctico.



El *Lactobacillus Bulgaricus* es facultativo anaerobio y coagula la leche por 4-5 horas; origina un coágulo con estructura rugosa y sabor ácido muy agradable, que contiene hasta 3.5% de ácido láctico. Se desarrolla a temperatura desde 22 °C, pero la óptima es de 45 - 50°C, para su activación se necesita insertarlo en la leche con un pH de 6.5 – 6.6. El *Streptococcus termophilus* descompone la lactosa y coagula la leche en un período de 8 -12 horas y la acidez alcanza hasta 1.2% (Martínez & Hernández, 2008).

5.6. Análisis sensorial

La evaluación sensorial se ocupa de la medición y cuantificación de las características de un producto, ingrediente o modelo, las cuales son percibidas por los sentidos humanos. Entre las características se pueden mencionar las siguientes:

- Apariencia: color, tamaño, forma, conformación, uniformidad.
- Olor: verifica los olores característicos, por los compuestos volátiles que contribuyen al aroma.
- Gusto: Dulce, amargo, salado, metálico.

- Textura: Son las propiedades físicas como dureza, viscosidad, granulosidad, formación de grumos y otros.
- Aroma: Consiste en la percepción de sustancias olorosas y aromáticas de un alimento después de haberse puesto en la boca.

Este análisis se realiza con el objetivo de comprobar las características organolépticas y aceptación del producto por los consumidores, mediante las medidas físicas, fisiológicas y sensoriales (García Ahued, 2009)

5.6.1. Pruebas sensoriales

Existen tres tipos de pruebas: Las afectivas, las discriminativas y las descriptivas.

- Pruebas afectivas

Son aquellas en las cuales el juez expresa su reacción subjetiva ante el producto, indicando si le gusta o le disgusta, si lo acepta o lo rechaza, o si lo prefiere a otro. Generalmente se realizan con paneles inexpertos o solo con consumidores. Entre las pruebas afectivas se encuentran las de preferencia, medición del grado de satisfacción y las de aceptación.

- Pruebas discriminativas

No se requiere conocer la sensación subjetiva que produce un alimento, se busca establecer si hay diferencia o no entre dos o más muestras, y en algunos casos, la magnitud o importancia de esa diferencia. Las más usadas son las pruebas de comparación apareada simple, triangular, dúo-trío, comparaciones múltiples y de ordenamiento.

- Descriptivas

El objetivo es caracterizar, por medio de diversos atributos, el producto a analizar. Pueden ser simples y cuantitativas (Hernández E. , 2005)

VI. Hipótesis

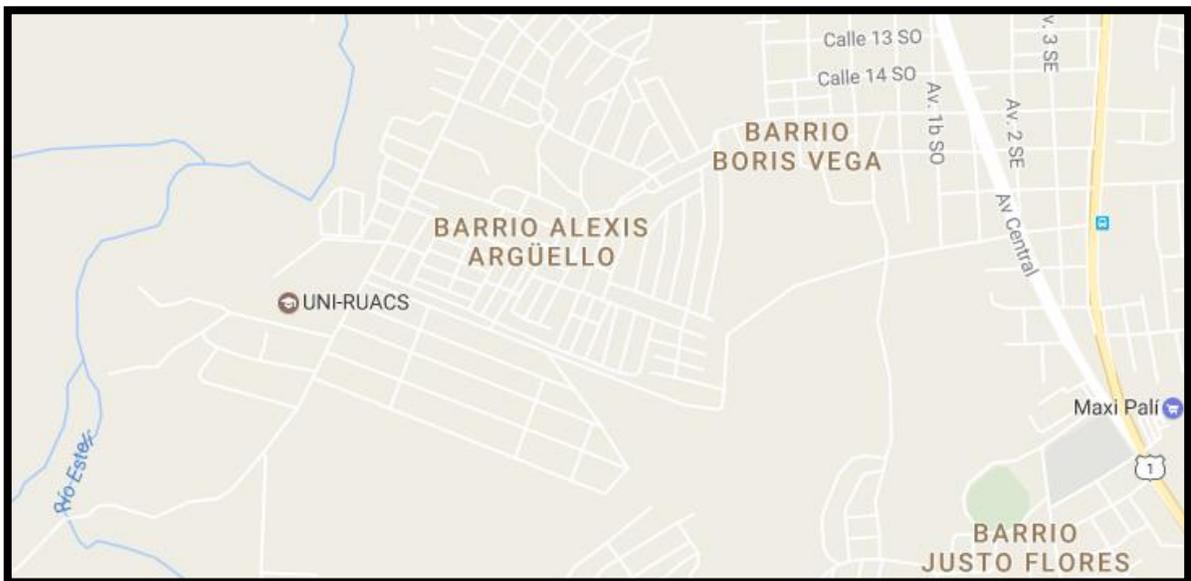
La fórmula de yogurt elaborado a partir de leche y suero lácteo, presenta iguales o mejores características organolépticas en contraste con el yogurt elaborado a partir de leche entera.

VII. Análisis y presentación de resultados

7.1. Ubicación del estudio

Este estudio se llevó a cabo en el laboratorio de agroindustria de la Universidad Nacional de Ingeniería, Recinto Universitario Augusto C. Sandino, sede Regional del Norte, entrada la Tunosa ubicada en la ciudad de Estelí- Nicaragua.

Figura 2. Ubicación del estudio.



Fuente: Google Maps, 2017

7.2. Tipo de estudio

En la presente investigación se desarrollaron tres diferentes fórmulas de yogurt a base de leche entera en combinación con suero lácteo, utilizando diferentes proporciones de ambas sustancias (30/70, 50/50 y 70/30 relación leche/suero). Para ello se caracterizó la materia prima, se hizo un análisis sensorial y se calcularon rendimientos productivos a nivel de laboratorio y costos de producción por medio de balances de masa.

Según el análisis y alcance de los resultados, es una investigación experimental ya que se manipularon variables para definir el efecto que tiene el experimento (Rodríguez & A., 2011).

7.3. Actividades por objetivos específicos

A continuación, se describen las actividades desarrolladas en este estudio por cada objetivo específico planteado.

7.3.1. Caracterización de la materia prima

Se utilizó como materia prima leche fresca entera de vaca y suero fresco del procesamiento de queso.

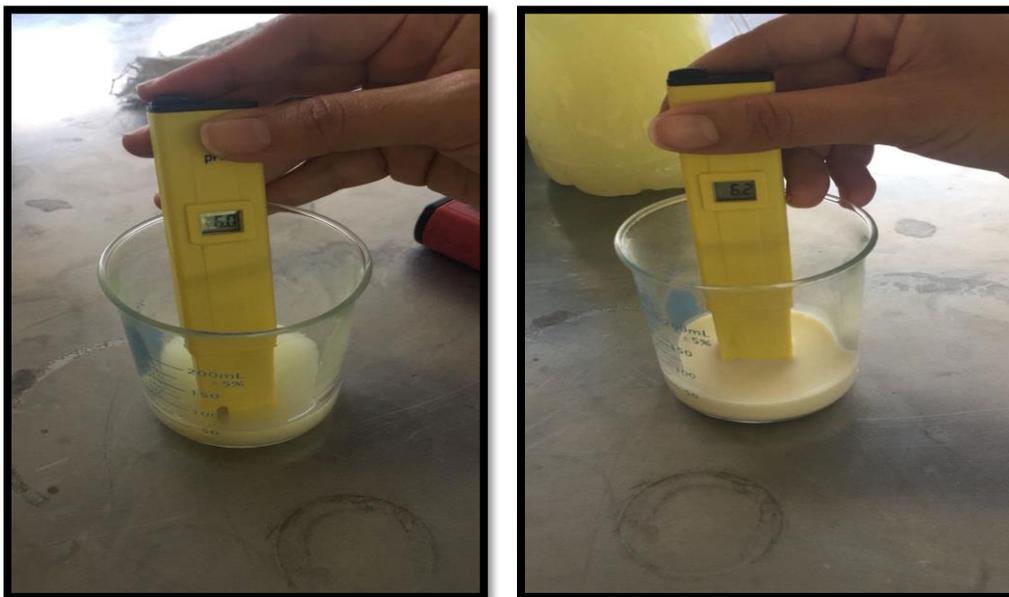
Para el cumplimiento de este objetivo se tomó en cuenta las propiedades fisicoquímicas de ambas sustancias.

- **Medición de pH**

Según documento de estudios previos de las propiedades físicas de la leche, esta debe poseer un pH entre 6.0 – 6.7 (Artica Mallqui, 2014), valores similares para el suero lácteo.

Los valores obtenidos durante la medición de pH, para una muestra de 3 litros de leche fue de 6.2 a una temperatura de 19°C, en el caso del suero lácteo (3 litros) 6.0, a una temperatura de 18.4°C, como se muestra en la figura 1. Para ello se utilizó un pHmetro digital y para la medición de temperatura un termómetro de varilla con un rango de -18°C a 400°C.

Figura 3. Medición de pH (leche y suero).



- **Acidez titulable**

Según el documento Métodos para el análisis fisicoquímico de la leche y derivados lácteos, la acidez titulable se realiza mediante el método volumétrico que consiste en una titulación con solución valorada de hidróxido de sodio, frente a fenolftaleína como indicador hasta un color rosado (Artica Mallqui, 2014).

Tomando en cuenta este método, se realizó la medición de la acidez titulable, se utilizó hidróxido de sodio al 0.1%.

Como indicador se utilizó fenolftaleína 0.5 gr en combinación con 50 ml de alcohol al 96%.

Este procedimiento se realizó en tres momentos para verificar o tener valores exactos, los resultados para la acidez titulable de la leche se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 1. Medición de acidez titulable en la leche

Muestra	NaOH gastados ml	% Acidez
1	6	0.18
2	5.5	0.165
3	5.5	0.165
Promedio		0.17

En el caso del suero se obtuvieron los resultados que se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Medición de acidez titulable en el suero

Muestra	NaOH gastados ml	% Acidez
1	2.5	0.075
2	2.5	0.075
3	2.3	0.069
Promedio		0.073

Se calculó el porcentaje de acidez con la siguiente ecuación:

Ecuación 1. Cálculo de acidez titulable.

$$Ac_{Tmuestra} = \frac{G \times N \times Peq}{V}$$

Donde:

Ac_T = acidez titulable de toda la muestra de análisis (leche + suero)

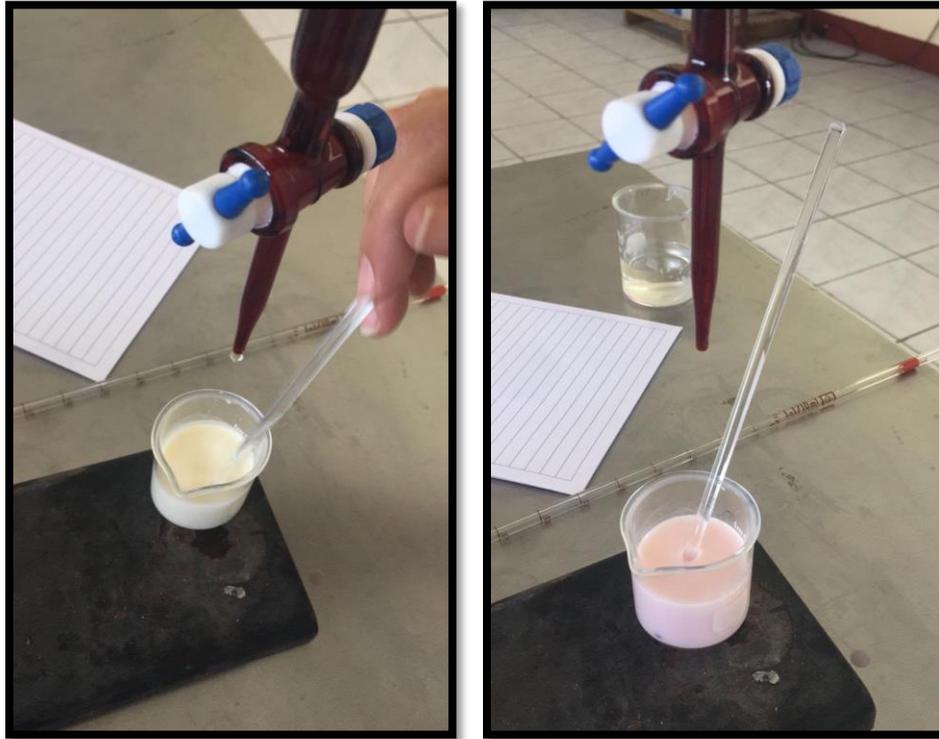
G = gasto de NaOH en mililitros (ml)

N = Normalidad del NaOH

Peq. = Peso equivalente del ácido predominante en el plátano en gramos.

V = Volumen de la muestra en ml.

Figura 4. Medición de acidez titulable (leche y suero)



- **Densidad**

Según el procedimiento para determinar la densidad relativa la prueba de densidad se realiza haciendo uso del lactodensímetro, para ello se midieron 250 mL de leche, anteriormente filtrada, presentando 1.28 kg/m^3 a una temperatura de 20°C , por otro lado el suero 1.17 kg/m^3 a una temperatura de 19.4°C . (Artica Mallqui, 2014).

Figura 5. Medición de densidad (leche y suero).



7.3.2. Determinación de la mejor fórmula de leche y suero para la obtención de yogurt y análisis estadístico.

A continuación, se describe cada una de las etapas que se llevaron a cabo para la elaboración de yogurt según (Montesdeoca, Benítez, & Guevara Raúl, 2017) :

Recepción:

En el laboratorio se recibieron 3 litros de leche y 3 de suero láctico a los cuales se le realizaron las pruebas físico químicas anteriormente descritas.

Filtrado

Para la elaboración de yogurt se inició con la filtración de la leche y el suero, obtenidos de la lechería “Lácteos Mendoza”, por medio de tamiz de tela previamente

esterilizado, para remover partículas extrañas (impurezas) de la leche y el lactosuero.

Formulación

Se procedió a preparar las muestras de leche y suero en las siguientes proporciones de concentración:

La primera con un 70% leche y 30% lactosuero

La segunda con un 50% leche y 50% lactosuero

La tercera con un 30% leche y 70% lactosuero

Se trabajó con 3 litros de mezcla leche suero siendo el 100% del compuesto, la primera fórmula contenía 2.1 litros de leche y 0.9 litros de lactosuero, con relación a los porcentajes 70/30; la segunda tenía 1.5 litros de leche y 1.5 de lactosuero, porcentaje 50/50 y la tercera 0.9 litros de leche y 2.1 litros de lactosuero.

Al momento de plantear dichas formulaciones se tomó como referencia un estudio previo realizado con porcentajes en lactosuero 10, 20 y 30% en combinación con leche, resultando al final del estudio estadísticas iguales (Zambrano Arias & Zambrano Zambrano, 2013).

Pasteurización

Se realizó con el objetivo de destruir los gérmenes patógenos que se encuentran en la leche y el lactosuero, utilizando un recipiente de aluminio con capacidad de 5 litros. La temperatura y tiempo de retención de la mezcla de la leche y suero fue de 90°C por 15 minutos, para ello se basó en un estudio previo realizado acerca de la elaboración de una bebida láctea fermentada (Martínez & Hernández, 2008). En esta etapa se agrega el azúcar, 25 gr por cada litro, es decir, 75 gr en total para los 3 litros de muestra; y leche en polvo como estabilizante, 150 gr para el total de la muestra, como se muestra en la figura 6.

Este procedimiento se llevó a cabo para las tres formulaciones (70/30, 50/50, 30/70).

Figura 6. Pasteurización de la mezcla



Filtrado:

Una vez pasteurizada la mezcla, se procedió a filtrarla con un tamiz, para separar los residuos sólidos.

Enfriamiento

Las tres formulaciones se dejaron enfriar hasta llegar a una temperatura de 45 °C, temperatura óptima para el buen funcionamiento de las bacterias.

Esta etapa se llevó a cabo utilizando un recipiente de aluminio con agua y hielo, monitoreándose la temperatura con un termómetro infrarrojo de rango entre -18 °C a 400 °C.

Inoculación y fermentación

Las tres fórmulas establecidas se inocularon con 4 % de cultivo termófilo liofilizado de yogurt marca CHR HANSEN, correspondiente a 0.25 g de cultivo por litro procesado. Luego de la inoculación, las muestras se colocaron en una incubadora compacta de laboratorio, para controlar la temperatura a 42 – 45 °C, garantizando un óptimo trabajo de las bacterias, igualmente se controló el tiempo a 5 horas de fermentación lo que permitió alcanzar los valores indicados para las leches

fermentadas. En esta fase ocurre el desarrollo de la acidez de la mezcla suero y leche.

Enfriamiento

El yogurt que se obtuvo luego de la fermentación (yogurt natural) se enfrió hasta una temperatura menor de 8 °C y mayor de 2 °C, con el fin de reducir la producción de ácido láctico.

Batido

En esta etapa se procedió a batir para realizar la ruptura del coágulo de yogurt y conseguir una masa homogénea. El tiempo de esta operación fue hasta que la bebida láctea fermentada tomó una consistencia suave y cremosa.

Almacenamiento

El producto final se refrigeró a una temperatura de 4 °C (Zambrano Arias & Zambrano Zambrano, 2013).

Las muestras de yogurt elaborado con las diferentes formulaciones se sometieron a análisis sensorial para seleccionar la mejor formulación. El diseño experimental utilizado para el análisis de los datos fue análisis de varianza bifactorial sin interacción que es equivalente al modelo matemático de un diseño de bloques completos al azar utilizando el modelo estadístico lineal:

$$x_{ij} = \bar{x} \pm \alpha_i \pm \beta_j \pm \varepsilon_{ij}$$

Donde

x_{ij} = Valor de la "j" observación ubicada en el "i" tratamiento.

\bar{x} = Promedio General

α_i = Efecto del tratamiento "i"

β_j = Efecto del Bloque "j"

ε_{ij} = Variación o error de las observaciones ubicada en el bloque "j", utilizando el tratamiento "i".

Donde el bloque fue la persona que evaluó las muestras, de esta manera se neutralizó el efecto que esta pudo generar en la variabilidad de los resultados, se redujo el error y así se pudo explicar la variación ocurrida en el área experimental (Dicovski, 2013).

Cada persona evaluó todos los tratamientos, procurando que el orden de cada muestra fuera aleatorio, en este caso el bloque también fue aleatorio.

Para el análisis de la información se utilizó el software estadístico Infostat (Di Rienzo J.A., 2016)

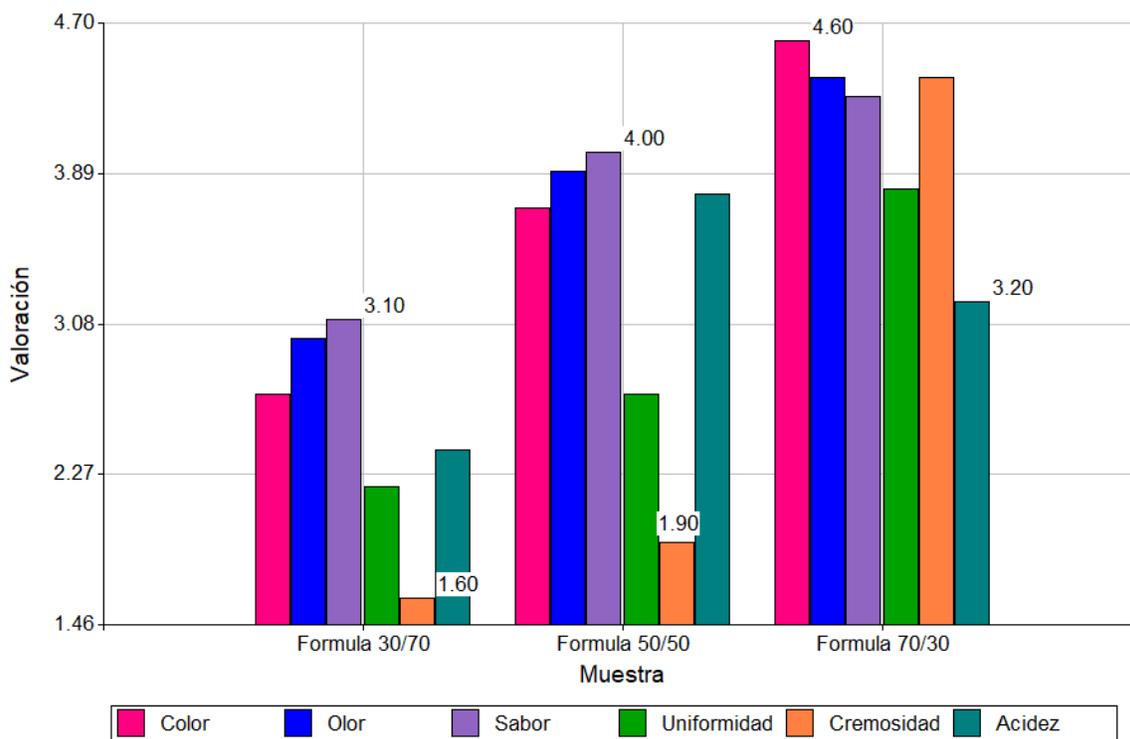
De las tres fórmulas obtenidas se realizó una selección previa mediante degustaciones (ver anexo) donde se evaluaron las características organolépticas de cada una, utilizando una escala Likert como se muestra en la tabla 3, y así determinar la mejor muestra, con la participación de diez jueces expertos. De forma general se presentan los resultados de esta evaluación en la figura 7.

Tabla 3. Escala Likert utilizada para el análisis sensorial

Escala	Valoración
1	Me disgusta mucho
2	Me disgusta
3	No me gusta ni me disgusta
4	Me gusta
5	Me gusta mucho

Figura 7. Valoraciones dadas por los jueces expertos a las muestras de yogurt.

Gráfico de las valoraciones a las muestras de yogurt



Para la fórmula 30/70 (% de leche/% de suero) el criterio mejor evaluado fue el sabor con un promedio de 3.10 que según la escala planteada indica que la muestra de yogurt no les disgustó, pero tampoco les gustó. El criterio que tuvo menor valoración para esta muestra fue la cremosidad, indicando que el yogurt estaba “ralo”.

En el caso de la fórmula 50/50, los jueces valoraron más alto al sabor que a las otras características, indicaron que la muestra les gustó; y de la misma forma que a la muestra anterior, expresaron que el yogurt elaborado con esta fórmula estaba “ralo”

Por último, para la fórmula 70/30, todas las valoraciones a las características organolépticas están por encima del valor 3, es decir más cerca de la valoración ideal. El criterio mejor evaluado fue el color, los jueces expresaron que les gustó mucho; en el caso de la acidez la valoración 3.20 indica que los jueces sintieron el sabor del yogurt más dulce que ácido. De la misma forma dieron valoraciones altas para el olor, sabor y cremosidad.

- **Prueba de hipótesis por medio del análisis de la varianza**

Para el análisis de los datos se hizo utilizando el software Infostat (Di Rienzo J.A., 2016) con el análisis de la varianza (ANDEVA) con un diseño de bloques completos al azar, donde el bloque es la persona que probó las muestras. El resultado obtenido en esta prueba se presenta en la tabla 3.

Tabla 4. Análisis de varianza de los atributos evaluados en las tres formulaciones de yogurt.

Variable/p-valor	Juez	Muestra
Color	0.1765	0.007
Olor	0.9120	0.0699
Sabor	0.4968	0.0404
Uniformidad	0.0732	0.0023
Cremosidad	0.7220	<0.0001
Acidez	0.7933	0.0320

El análisis de la varianza indica que los jueces demostraron uniformidad en sus criterios, en todos los casos resulta una hipótesis nula, entonces el panel se considera confiable en las valoraciones dadas a las muestras.

En el caso de las muestras, todas las características resultan iguales para los panelistas, es decir que, si encontraron diferencias significativas entre las muestras, excepto para el olor, al que si consideraron igual para las tres fórmulas. En la tabla 3. se presenta cuáles son las muestras diferentes en la prueba de Duncan.

Tabla 5. Separación de promedios para los atributos evaluados en las tres formulaciones.

Formulación / Variables	Color			Acidez			Sabor			Uniformidad			Cremosidad		
	Medias			Medias			Medias			Medias			Medias		
30/70	2.70	A		2.22	A		3.10	A		2.20	A		1.60	A	
50/50	3.70		B	3.22	A	B	4.00	A	B	2.70	A		1.90	A	

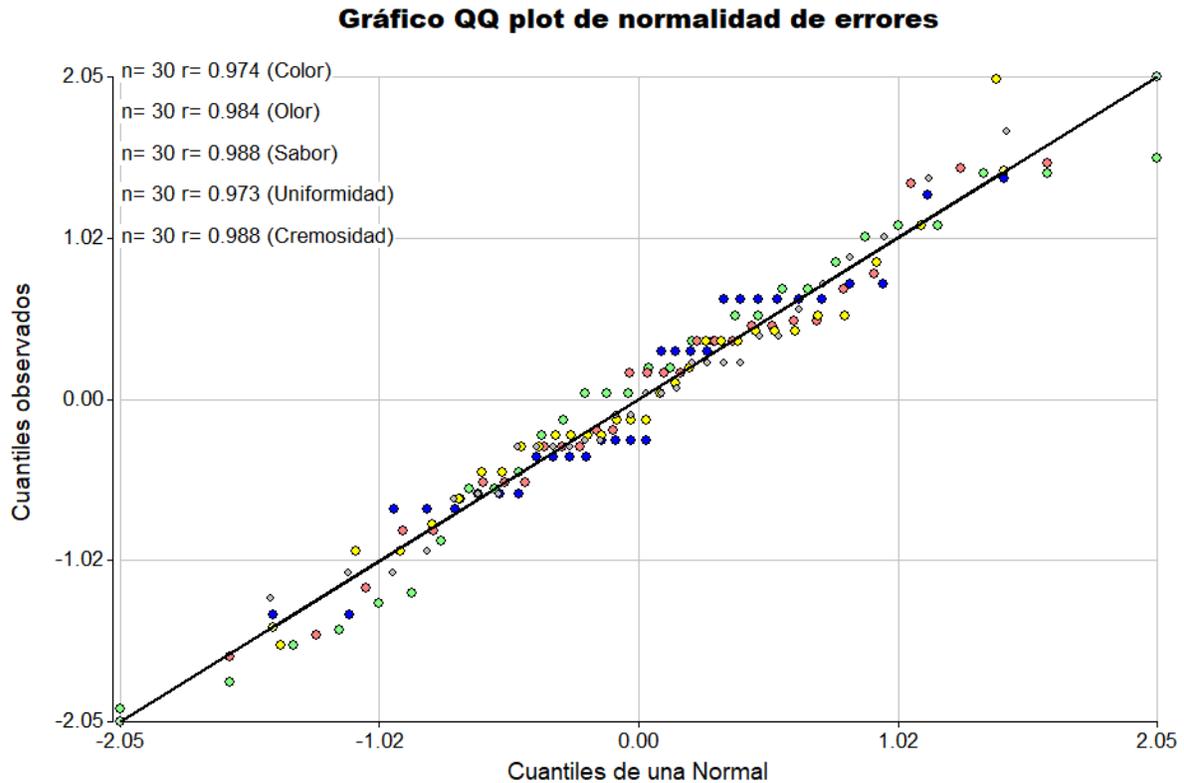
70/30	4.60		C	3.78		B	4.30		B	3.80		B	4.40		B
-------	------	--	---	------	--	---	------	--	---	------	--	---	------	--	---

Como se muestra en la tabla 4. la formulación que resulta diferente en todos los casos es la 70/30 con medias más altas. En el caso del color las tres formulaciones resultaron diferentes pero la fórmula 70/30 fue mejor evaluada.

- **Verificación del modelo**

Se verificó la normalidad de errores y la homogeneidad de las varianzas para demostrar que el experimento fue hecho de forma correcta. En la figura 8. se presenta la normalidad de los errores.

Figura 8. Normalidad de errores para las valoraciones de las tres formulaciones.



Los errores o residuos de las variables evaluadas presentan normalidad lo que indica que los resultados obtenidos de los análisis de varianza realizados pueden considerarse confiables.

En la tabla 5, se presenta el resultado del análisis de la homogeneidad de varianzas que determina que el experimento fue realizado de forma controlada.

Tabla 6. Prueba de homogeneidad de varianza para los atributos evaluados en las tres formulaciones.

Variable	p-valor
Color	0.88
Olor	0.3596
Sabor	0.9992
Uniformidad	0.4162

Creemosidad	0.7732
Acidez	0.3316

Los valores presentan varianzas homogéneas, lo que indica que los resultados obtenidos de los análisis de estas variables son confiables.

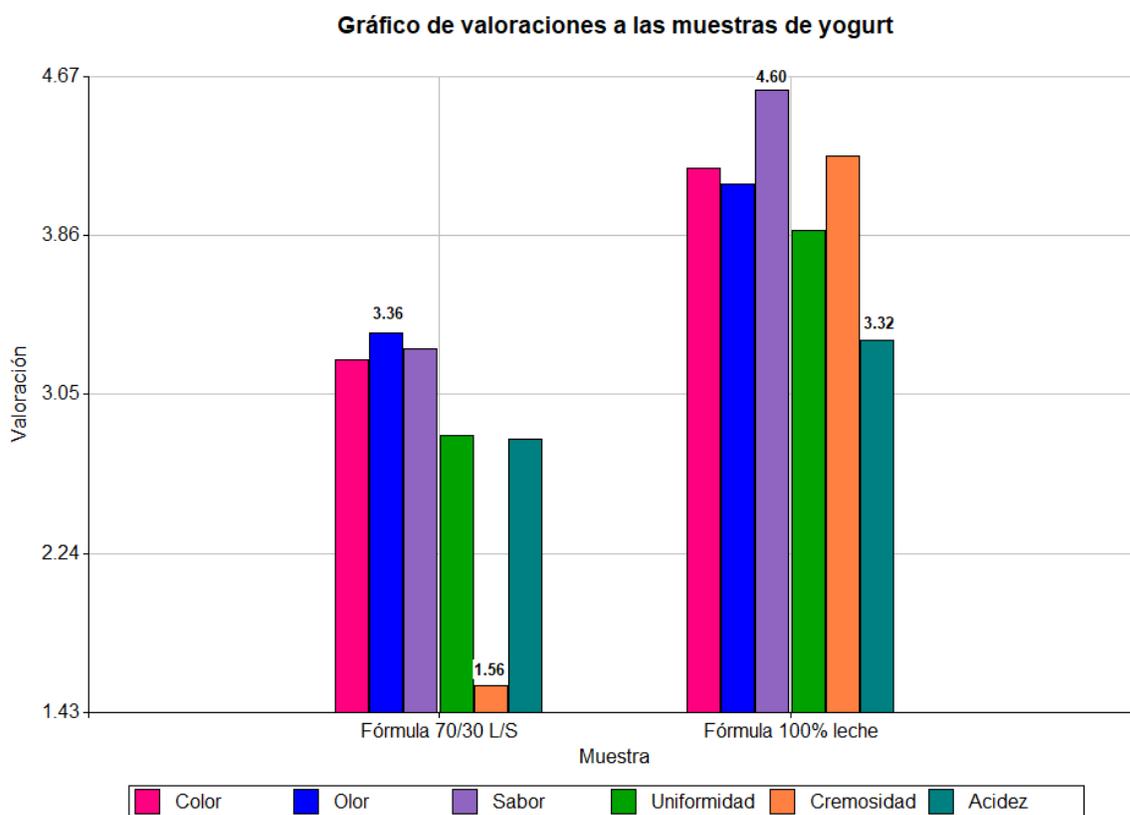
Después de los análisis realizados se encontró que la fórmula mejor evaluada y que resultó diferente al resto fue la fórmula 70% leche y 30% suero, ésta fue sometida al análisis sensorial final con una muestra testigo de yogurt 100% leche, para ello se contó con 50 participantes, el cual se presenta a continuación.

Una vez seleccionada la fórmula 70% leche y 30% suero, esta se sometió a evaluación sensorial contra una fórmula testigo que consistió en yogurt elaborado a partir de 100% leche. Para este análisis, se utilizó la prueba t para muestras independientes.

El panel utilizado para esta evaluación fue de tipo no entrenado y se encontró en la Universidad Nacional de Ingeniería, Recinto Augusto C. Sandino (UNI – RUACS). Cada evaluador llenó una hoja de evaluación sensorial (Ver Anexo 1).

Esta etapa del estudio se realizó en horario de 10:00 am, en el laboratorio de Agroindustria de la UNI – RUACS, con muestras rotuladas y se acompañó con agua por cada muestra. Los resultados de la evaluación sensorial se presentan a continuación en la figura 9.

Figura 9. Valoración de los jueces no entrenados a las muestras de yogurt.



Es notable que las valoraciones más altas fueron dadas a la muestra de yogurt elaborada con 100% leche, teniendo mayor puntaje el sabor que indica que a los jueces les gustó mucho este parámetro, el valor menor fue dado a la acidez lo que muestra que el yogurt no se consideró ni muy ácido ni muy dulce.

La fórmula propuesta que consistió en un 70% contenido de leche y 30% de suero, presentó mayor puntaje para el olor, color y el sabor, siendo de este de 3, valor que indica que a los jueces no les disgusta, pero tampoco les gusta mucho, por lo tanto, no se considera un mal puntaje. En el parámetro cremosidad, se obtuvo un valor bajo de 1.56, demostrando que la textura de esta fórmula de yogurt se considera rala en comparación con el yogurt testigo. Sin embargo, no se puede decir que sea una desventaja ya que podría considerarse como una opción para la elaboración de yogurt batido o bebible.

- **Prueba de hipótesis por medio de prueba “t” de Student para pruebas independientes**

Se analizaron los resultados de las evaluaciones sensoriales para comparar y determinar si existen diferencias significativas entre la fórmula propuesta y el testigo, estos se presentan en la tabla 6.

Tabla 7. Resultado de la prueba t para muestras independientes.

Variable	Fórmula	Media	p valor
Color	100% leche	4.2	<0.0001
	70/30	3.22	
Olor	100% leche	4.12	0.0002
	70/30	3.36	
Sabor	100% leche	4.60	<0.0001
	70/30	3.28	
Uniformidad	100% leche	3.88	<0.0001
	70/30	2.84	
Cremosidad	100% leche	4.26	<0.0001
	70/30	1.56	
Acidez	100% leche	3.32	0.0045
	70/30	2.82	

Todos los valores p son significativamente diferentes, es decir que los panelistas si encontraron diferencias en todos los parámetros evaluados para las muestras de yogurt. Y en este sentido, observando los valores promedios de cada variable, la fórmula 70/30 que es la propuesta, obtuvo los valores menores. Los valores p más bajos son los del color, sabor, cremosidad y uniformidad, considerándose como los parámetros que encontraron con mayor diferencia.

Según las medias de cada variable, la muestra 70/30 no tiene valoraciones menores de 3, es decir que no se considera mala en color, olor y sabor, por tanto, se puede suponer que a los panelistas no les disgustó. En el caso de la acidez los puntajes están entre 2 y 3, indicando que tiene la acidez propia de un yogurt (Ya que la escala iba de muy ácido a dulce). Solo en caso de la uniformidad y cremosidad que se obtuvieron respuestas bajas, pero como se explicó anteriormente podría considerarse para un yogurt de tipo bebible.

7.3.3. Cálculo del rendimiento productivo y balances de masa

Con la muestra seleccionada (70% leche y 30% suero láctico) se procedió a realizar los cálculos de rendimiento productivo y los balances de masa.

Para la realización del producto se llenó una tabla de recolección de datos (ver anexo 2 y 3) de los volúmenes y pesos iniciales y finales por cada etapa del proceso tanto para la materia prima como para los insumos y aditivos, esto con el propósito de calcular el rendimiento de masa que se realizó a partir de los porcentajes de las entradas y salidas tanto de materia prima como de producto terminado. Para esto se utilizó la ecuación general de balance de materia y energía planteada por (Murphy, 2007):

Ecuación 2. Ecuación de balance de materia.

$$[\text{Entrada}] + [\text{Generación}] - [\text{Salida}] - [\text{Consumo}] = [\text{Acumulación}]$$

Donde:

Entrada = materia que *entra* al sistema cruzando los límites del mismo

Generación = materia que se *genera* dentro del sistema

Salida = materia que *sale* del sistema cruzando los límites del mismo

Consumo = materia que se *consume* dentro del sistema

Acumulación = cambio en la materia dentro del sistema

Utilizando diagramas de entradas y salidas para el balance de masa y obtención del rendimiento del proceso como el que se muestra a continuación:

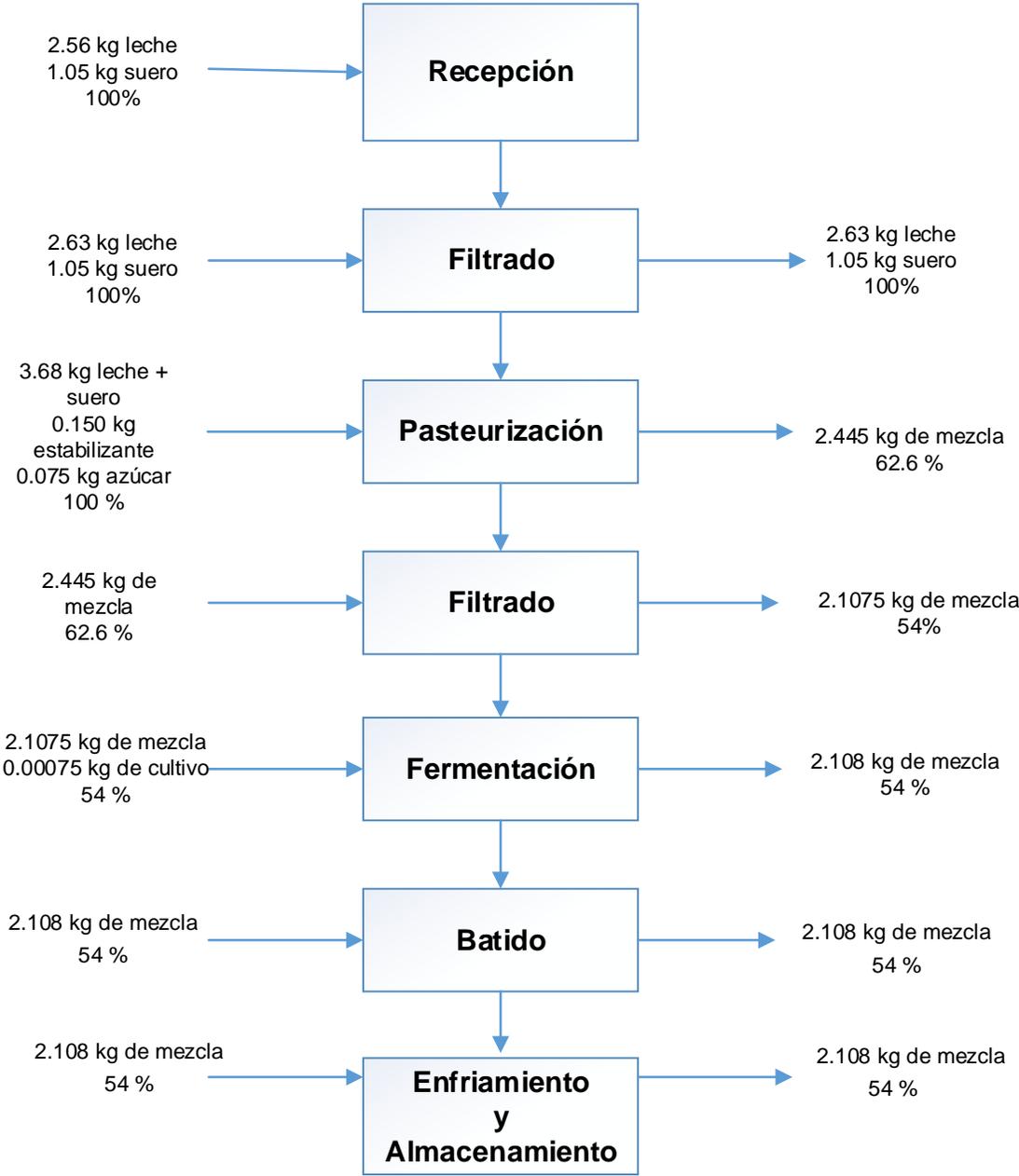
Diagrama de entradas y salidas



Un solo bloque representa todas las operaciones físicas y químicas involucradas en el proceso. Las líneas con flechas representan el movimiento de materiales que entraron y salieron del proceso (Murphy, 2007).

En la figura 10, se presenta el diagrama de flujo de la producción de yogurt utilizando leche y suero en la proporción seleccionada (70/30), con las entradas y salidas del proceso, finalmente el rendimiento en la obtención de este producto.

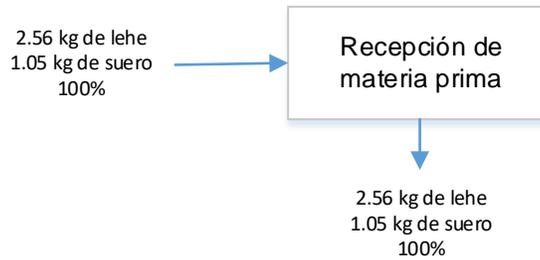
Figura 10. Diagrama de flujo para la producción de yogurt.



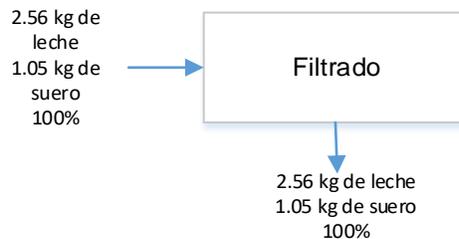
- **Balance de materia**

Para los balances de masa se tomó como base de cálculo 3 litros de mezcla (70% leche, 30% suero) para la elaboración del yogurt natural, estas cantidades se expresaron además en porcentajes y así se determinó el rendimiento de la producción que fue de 54%.

La leche y el suero lácteo provenientes de lácteos Mendoza se recepción a temperatura ambiente, en recipientes limpios con el objetivo de evitar todo tipo de alteración o contaminación.



Se procedió a realizar el filtrado con el objetivo de descartar cualquier materia extraña presente en la leche y el suero. No se encontró ninguna materia extraña siendo los mismos 2.56 kg de leche y 1.05 kg de suero en la entrada y salida de la etapa de filtrado.

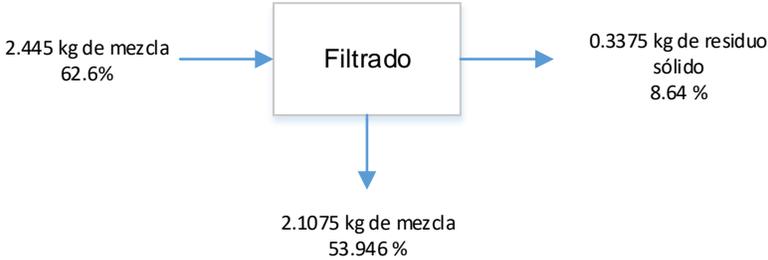


La leche y el suero una vez filtrados, se colocaron ambas cantidades en un recipiente de aluminio y se procedió a pasteurizar monitoreando constantemente la temperatura y el tiempo, en esta etapa se adicionó la leche en polvo como estabilizante (0.150kg) y azúcar (0.075kg) todo esto representando el 100% de la

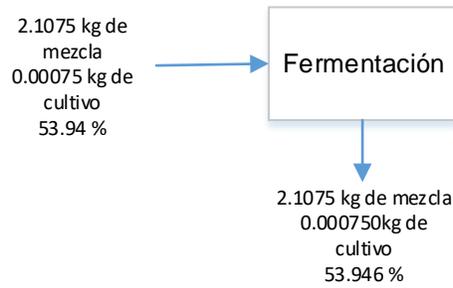
mezcla en total. Debido a la aplicación de calor a los líquidos inició un proceso de evaporación, donde se obtiene disminución en peso y volumen en forma de vapor de agua, teniendo una pérdida de 1.46 kg de vapor de agua que representa el 43.61%, quedando como resultado de esta etapa 2.445 kg de la mezcla leche-suero equivalente a 62.6%.



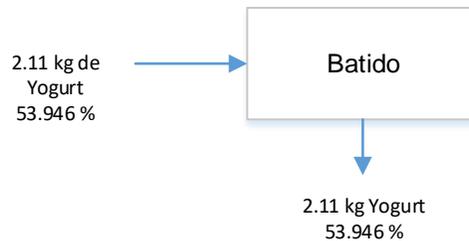
Una vez pasteurizada la mezcla, los 2.445 kg de esta pasaron a filtrarse nuevamente en un tamiz, obteniéndose un residuo sólido que pesó 0.33 kg representando un 8.64% y resultando 2.10 kg de la mezcla equivalente a 53.94%.



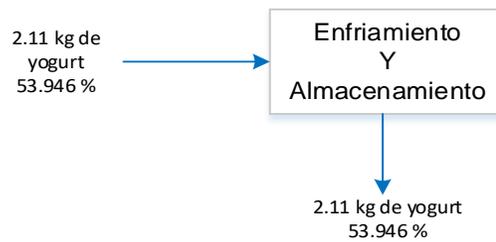
Luego se procedió a fermentar la mezcla de leche y suero agregando el cultivo de bacterias ácido lácticas (*Lactobacillus Bulgaricus* y *Streptococcus Thermophilus*), la cantidad correspondiente a agregar fue de 0.00075 kg, cantidad mínima que no representa aumento considerable en el peso de esta, obteniéndose así los mismos 2.10 kg (53.94%).



Una vez fermentada la mezcla se obtuvo el yogurt natural y se procedió a realizar el batido de este con el objetivo de romper coagulo y obtener la consistencia cremosa característica, no se incorpora ningún aditivo o ingrediente por consiguiente resultaron de igual forma 2.11 kg de yogurt (53.94%).



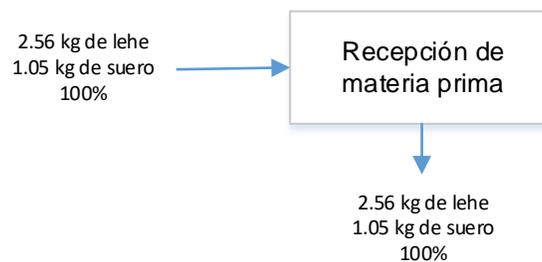
Realizado el batido, se procedió a enfriar y almacenar el yogurt, esto se realizó en una refrigeradora por un tiempo aproximado de 4 horas. Obteniendo un rendimiento de 2.11 kg de yogurt (53.94%).



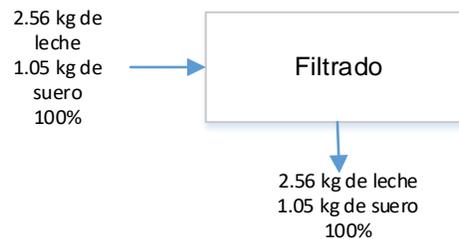
- **Balance de masa por etapa**

A continuación, se presentan los balances de masa por cada etapa, considerando que en cada etapa las entradas representan el 100%, para determinar el rendimiento de cada operación.

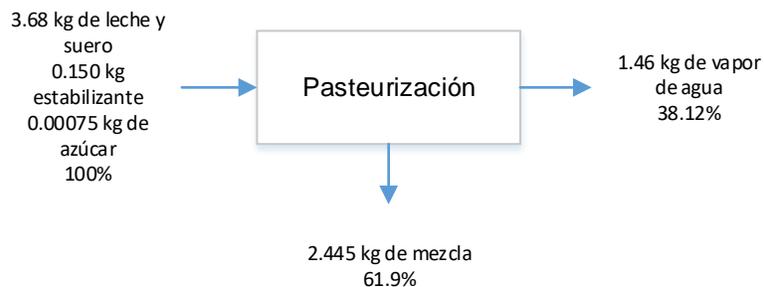
Para iniciar el proceso de producción de yogurt, se procedió a recepcionar la leche y el suero lácteo, en total entraron al proceso 2.56 kg de leche y 1.05 kg de suero lo que representó el 100% de la mezcla total. Obteniendo la misma salida en kg de cada sustancia representado de igual manera como el 100%.



Luego la leche y el suero fueron sometidas a filtración utilizando un tamiz, para descartar cualquier materia extraña, se filtraron 2.56 kg de leche y 1.05 kg de suero, representando el 100%. Al no encontrarse ninguna materia extraña lo que sale del proceso de filtración fueron las mismas cantidades representadas con el 100%.

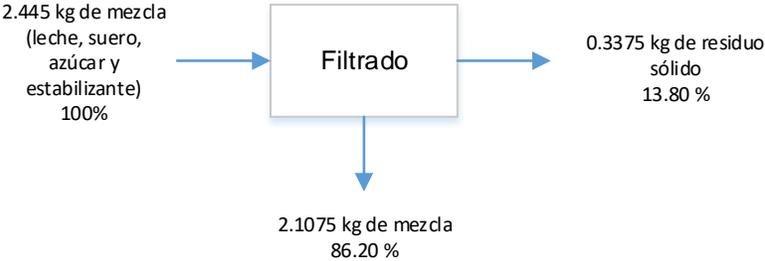


Se continuó con el proceso y se procedió a realizar la pasteurización, donde se depositaron 3.68 kg de leche y suero, 0.150 kg de estabilizante (leche en polvo) y 0.075 kg de azúcar, en un recipiente de aluminio, esto representó el 100% de mezcla total. Una vez finalizado el proceso se obtuvo una mezcla total de 2.445 kg que representa el 61.9% ya que se perdió 1.45 kg en vapor de agua (38.12%), esto debido al material del recipiente que por ser de aluminio se calienta con mayor rapidez e intensidad y al estar el recipiente sin tapadera provoca una mayor fuga del vapor de agua.

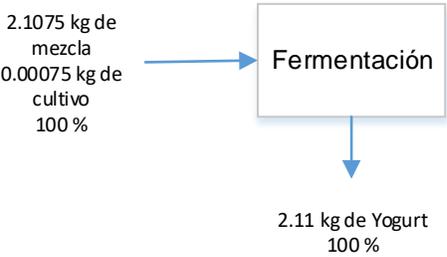


La mezcla resultante de 2.445 kg (100%) de la pasteurización se procedió a filtrar utilizando un tamiz, ya que hubo una separación de sólidos y líquidos en la mezcla, debido a que el suero por ser un líquido resultante de la coagulación de la leche durante la elaboración del queso y otros derivados, posee una alta concentración de proteínas y residuos sólidos de procesos anteriores, según lo explica (Zambrano Arias & Zambrano Zambrano, 2013) en su tesis sobre bebidas lácticas fermentadas, además la temperatura de pasteurización provoca la desnaturalización de las proteínas y precipitan.

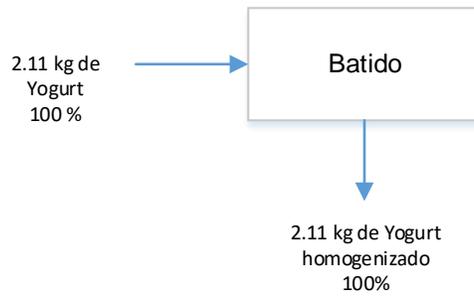
Resultando un residuo sólido que pesó 0.3375 kg equivalente al 13.80%, obteniendo como resultado final en esta etapa una mezcla de 2.1075 kg lo que equivale al 86.20% como rendimiento de la operación de pasteurización.



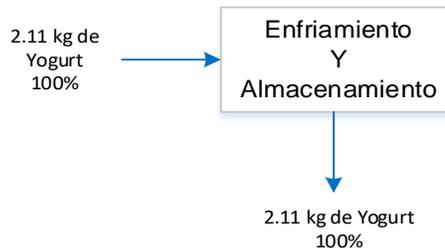
Luego la mezcla resultante entró a la etapa de fermentación donde se adicionó el cultivo bacteriano con una proporción de 0.00075 kg, todo esto equivalente al 100% de mezcla total. Al final de esta etapa se obtuvo los mismos resultados puesto que solo ocurrió la fermentación de la mezcla y no se dieron alteraciones de peso en esta, lo que significa que salieron 2.11 kg de yogurt, es decir, el 100%.



En esta etapa, solamente se procedió a romper el coágulo de yogurt con una cuchara grande de aluminio, para obtener un producto terminado homogenizado, siendo las entradas y las salidas el 100%.



Para finalizar el proceso, el yogurt se enfrió y se almacenó en una refrigeradora. Entrando 2.11kg de yogurt, equivalentes al 100%, al igual que la salida de esta etapa.



- **Balance energético**

Para el cálculo del consumo de gas en la operación de pasteurización

Utilizando la ecuación de cálculo de cantidad de calor (Murphy, 2007)

Ecuación 3. Cálculo de cantidad de calor.

$$Q = M \times C_p \times \Delta T$$

Donde

Q = Calor

M = Masa

Cp = Capacidad calorífica

ΔT = variación de temperatura

Entonces:

La masa de leche y suero (70% y 30% respectivamente) inicial fue de 3.68 kg

La capacidad calorífica de la leche es de 0.9560 kcal/kg (Berk, 2009)

La temperatura inicial de la mezcla de leche y suero fue de 20 °C

La temperatura final deseada fue de 90 °C

Por tanto:

$$Q = (3.68 \text{ kg}) \left(0.9560 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \cdot ^\circ\text{C} \right) (90 ^\circ\text{C} - 20 ^\circ\text{C})$$

$$Q = 246.26 \text{ kcal}$$

Se sabe que 1 kg de gas licuado de petróleo (GLP), que está compuesto en un 90% gas propano y 10% gas butano, suministra por combustión completa 11,812.4 kcal (Maradiaga, Quintana, & Sánchez, 2011) Por lo tanto, para conocer la masa de combustible necesaria para el proceso se utilizó la siguiente ecuación.

Ecuación 4. Cálculo de masa de combustible.

$$M = \frac{E_n}{K}$$

Dónde:

M: Masa de combustible necesaria.

En: Energía necesaria

K: Capacidad calorífica

Por lo tanto,

$$M = \frac{246.26 \text{ kcal}}{11812.4 \text{ kcal/kg}}$$

$$\mathbf{M = 0.0208 \text{ kg}}$$

Se requiere entonces una masa de 0.0208 kg de gas licuado para el proceso de pasteurización de 3.68 kg de mezcla de leche y suero, esto si el gas tuviera una eficiencia de combustión del 100%; considerando una eficiencia en la combustión en quemadores carburados de 90% (Maradiaga, Quintana, & Sánchez, 2011) se tendría que la capacidad calorífica del gas licuado sería realmente de 10,631.16 kcal/kg, entonces la masa de gas necesario es de:

$$M = \frac{246.26 \text{ kcal}}{10631.16 \text{ kcal/kg}}$$

$$\mathbf{M = 0.0232 \text{ kg}}$$

El consumo energético para la pasteurización de 3.68 kg de mezcla es de 0.0232 kg de gas, para elaborar 100 unidades de envases de yogurt de 250 ml cada una, se requiere el proceso de 46.29 litros de mezcla, por tanto, el consumo para esta masa es de 0.3580 kg de GLP.

Gasto energético para el proceso de Almacenamiento

El proceso de almacenamiento del yogurt se realizó en una refrigeradora marca Cetron de 9 pies, ancho 54 cm profundidad 67 cm, con capacidad 9 pies cúbicos, con control de temperatura analógico, con un Amperaje de 0.25 y 110 voltios.

Posee una Potencia eléctrica de 0.0275 Kw/h. Resultado que se obtuvo usando la fórmula para la Potencia eléctrica según la Ley de Ohm:

Ecuación 5. Potencia eléctrica.

$$P = V \times I$$

Donde:

P, es la potencia eléctrica expresada en watts

V, voltaje en voltios

I, la corriente en amperios

Tomando en cuenta que el producto terminado puede refrigerarse por un lapso de 8 horas entonces el gasto energético de la refrigeradora sería de 0.22 Kw/h para 100 unidades de yogurt.

- **Costos de producción**

A continuación, se presenta el costo general de producción para 100 envases de yogurt de 250 ml cada uno.

Para la producción de 100 envases de yogurt se necesitan 32.42 ltr de leche y 13.88 ltr de suero lácteo. En la tabla 7, se presentan los costos de producción sin incluir mano de obra, que permite tener un aproximado del costo de producción por envase de yogurt.

Tabla 8. Costos de producción y precio por unidad.

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio C\$/unidad	Total
Leche	L	32.42	10	324.2
Suero	L	13.88	5	69.4
Envase	Unidad	100	6.6	660
Cultivo	gr	11.57	10.40	120.32
Estabilizante	kg	2.31	240	554.4
Azúcar	lb	2.5	10	25
Gas	kg	0.0232	28.74	23.365
Electricidad	kW	0.22	De acuerdo a la tarifa social	0.59
			Costo total	1,777.27
			Costo por unidad	17.77

En estas condiciones un envase de yogurt, 250 ml tiene un costo de producción de C\$ 17.77 por unidad. Precio que resulta ser favorable tomando en cuenta que los precios de yogurt comercial de marcas como Parmalat y La Perfecta oscilan entre 19.50 y 20 córdobas. Marca Eskimo, 27 córdobas, todas estas en presentaciones de envases de 235 ml. Es importante recalcar que el costo calculado, es un costo general y no considera los costos de operación y otros costos fijos y variables, por tanto, el precio aumentará, sin embargo, puede competir con los precios de otras marcas comerciales como ya se mencionó.

VIII. Conclusión

La materia prima utilizada fue leche fresca entera de vaca y suero fresco del procesamiento de queso, ambos provenientes de Lácteos Mendoza, donde se encargan de cumplir con todos los requisitos de calidad en el manejo de lácteos. A ambos líquidos (leche y suero) se les realizó análisis físico químico, la leche presentó un pH de 6.2 a una temperatura de 19°C y el suero 6.0, a una temperatura de 18.4°C. En cuanto a la acidez titulable de la leche obtuvo un valor de 0.17 y el suero 0.073. Con respecto a la densidad de la leche presentó 1.28 kg/m³ a una temperatura de 20°C, por otro lado, el suero 1.17 kg/m³ a una temperatura de 19.4°C.

Se formularon 3 tipos de mezclas para la elaboración de yogurt con respecto a las cantidades de leche y suero a utilizarse, la primera fue 70% leche y 30% suero, la segunda 50% para ambas sustancias, la tercera 70% suero y 30% leche. Luego de haber realizado todas las prácticas de laboratorio de elaboración de yogurt con las diferentes formulaciones, se obtuvo 3 tipos de yogurt natural (uno con 70% leche y 30% suero, otro con 50% de ambas sustancias y el último con 70% suero y 30% leche), los cuales fueron sometidos a degustación para realizar una evaluación sensorial por medio de un panel para seleccionar la mejor formulación.

Los datos obtenidos en las hojas de recolección para análisis sensorial fueron evaluados por medio de un análisis de varianza bifactorial sin interacción que es equivalente al modelo matemático de un diseño de bloques completos al azar, donde los bloques estuvieron representados por los jueces del panel sensorial. Con el resultado de este análisis se determinó que la fórmula con la que se elaboraría el yogurt sería la que contenía 70% leche y 30% suero, ya que presentó diferencia significativa ($p < 0.05$).

Con la formulación seleccionada, se realizaron los cálculos de rendimiento productivo y los balances de masa, se encontró que el rendimiento en relación a

3.68 kg de mezcla leche-suero, equivalente al 100% fue de 2.11 kg de yogurt, es decir 54%, siendo este el rendimiento de la producción.

Se calcularon los costos generales para producir 100 envases de yogurt de 250 ml cada uno y se encontró que el costo de producir los 100 envases es de C\$ 1,777.27, dando un costo por unidad de C\$ 17.77.

Por último, se realizó una comparación en precios con respecto a las marcas comerciales, tales como La Perfecta que ofrece una presentación de 235 ml con un costo de C\$19.5; Parmalat, presentación de 235 ml C\$20; Eskimo, presentación de 235 ml C\$27. Lo que indica que el producto elaborado obtiene un buen precio con una presentación mayor, es decir 250ml. Además, al obtener el costo real y el precio de venta es posible que pueda competir con las marcas antes mencionadas.

IX. Recomendaciones

Como propuestas para mejorar el estudio sobre la utilización de suero en la elaboración de yogurt, se recomienda evaluar, inspeccionar y monitorear los procesos de obtención de leche y suero de los lugares donde se obtienen estos, con el fin de asegurar la calidad de la materia prima y posibles alteraciones en la composición de los mismos, garantizando un producto final de calidad.

Para mejorar la propuesta tecnológica, se sugiere optimizar o mejorar ciertas etapas del proceso productivo como en la pasteurización, donde puede utilizarse un método que incluya equipos de sistema cerrado, que pueda contribuir a la disminución en las pérdidas por vapor de agua y así obtener mejores rendimientos de producción.

Para la implementación de esta propuesta, se recomienda elaborar un estudio de pre factibilidad para la elaboración de yogurt con 70% leche y 30% suero, que evalúe el mercado, costos de operación, los equipos necesarios y la inversión necesaria con el fin de obtener costos de producción más exactos.

X. Bibliografía

- Arazo Rusindo, M. C. (2010). *Utilización del suero dulce de queso en la elaboración de bebidas fermentadas dietéticas*. La Habana: Universidad de La Habana.
- Artica Mallqui, L. (2014). *Métodos para el análisis físicoquímico de la leche y derivado lácteos*. Huancayo, Perú: Editorial@Libros y editoriales, TEIA.
- Baca Castellón, L. (10 de Marzo de 2016). Suero lácteo, "tesoro" desperdiciado. *La Prensa*, pág. 4.
- Bello González, A. (2009). *Producción de enzimas en la industria láctea*. Zipaquira: Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- Castellón Lira, P. A., & Vallejos Escoto, I. D. (2017). *Estudio Técnico para el aprovechamiento de lactosuero en la elaboración de helado en la pequeña empresa Lácteos Xomalact y su posterior validación en el mercado urbano de Somoto- Madriz*. Managua: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Di Rienzo J.A., C. F. (2016). InfoStat. Córdoba, Argentina: Universidad Nacional de Córdoba.
- Dicovski, L. M. (2013). *Estadística Básica para Ingenieros*. Estelí, Nicaragua: Universidad Nacional de Ingeniería.
- E.Heer, G. (2007). *Microbiología de la leche*. Alemania: Facultad de Ciencias Veterinarias - UNL.
- FAO. (2011). *Leche y productos lácteos*. Roma.
- FAO. (2013). Obtenido de Norma general del Codex para el queso: http://www.fao.org/input/download/standards/175/CXS_283s.pdf
- Fernández Pinzón, A. (2006). *Determinación del índice de bacterias mesófilas aerobias presentes en la leche cruda versus leche pasteurizada que se comercializa en la zona urbana de la ciudad de Popayán*. Popayán: Universidad Nacional Abierta y a Distancia .

- García Ahued, M. (2009). *Análisis sensorial de los alimentos*. Hidalgo: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- García, C., Montiel, R., & Borderas, T. (2014). *Grasa y proteína de la leche de vaca: Componentes, síntesis y modificación*. Coyoacán: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Hernández, E. (2005). *Evaluación sensorial*. Bogotá: Universidad Nacional Abierta y a Distancia Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería.
- Hernández, E., Meza, E., & Nela, L. (2000). *Producción de proteína unicelular mediante cultivo continuo de levadura en suero de leche desproteínizado*. Maracaibo: Universidad de Zulia Facultad de Agronomía.
- Klotz, B. (2014). *Suero lácteo, clave en la innovación de alimentos*. Colombia: Instituto Alpina de Investigación.
- Martínez, H., & Hernández, M. (2008). *Elaboración de yogur batido a partir del suero dulce de queso*. Managua.
- Marulanda, M. (2012). *Elaboracion y evaluacion de una bebida tipo yogurth a base de lactosuero dulce*. España.
- Miranda, O., Fonseca, P., Ponce, I., Cedeño, C., Rivero, L., & Vazquez, L. (2014). Elaboracion de una bebida fermentada a partir del suero de leche que incorpora Lactobacillus Acidophilus y Streptococcus Thermophilus. *Revista cubana de alimentacion y nutricion*, 07-16.
- Montesdeoca, R., Benítez, I., & Guevara Raúl, G. G. (2017). *Procedimiento para la producción de una bebida láctea fermentada utilizando lactosuero*. Santiago: Revista chilena de nutrición.
- Morales, D. (2011). *Buenas Prácticas en el manejo de la leche*. Guatemala.

- Murphy, R. M. (2007). Introducción a los procesos químicos. En R. M. Murphy, *Introducción a los procesos químicos* (pág. 170). McGraw-Hill Interamericana.
- Negri, L. (2005). *El pH y la acidez de la leche*. Argentina.
- Ochoa, I., & Ofelia, G. (2005). *Manejo de la leche*. Bogotá: Centro Agropecuario de La Sabana.
- Parra Huertas, R. A. (2009). *Lactosuero: Importancia en la industria de alimentos*. Medellín: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
- Roca Ruíz, A. M. (2015). *Leche. Beneficios que contiene y sus derivados*. Granada.
- Rodríguez, M., & A., E. (2011). *Metodología de la Investigación*.
- Rojas, M., & Ruíz. (2014). *Suero de leche y su aplicación en la elaboración de alimentos funcionales*. México: Universidad de Las Americas Puebla.
- Tamillow, K. (2012). *El boom del consumo de yogurt en Latinoamérica*. Chicago.
- Vera Balcázar, M. E. (2011). *Elaboración y aplicación gastronómica del yogurt*. Cuenca: Universidad de Cuenca Facultad de Ciencias de la Hospitalidad.
- Zambrano Arias, C. G., & Zambrano Zambrano, J. R. (2013). *Bebida láctea fermentada utilizando lactosuero como sustituto parcial de leche y diferentes estabilizantes comerciales*. Calceta: Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.
- Zavala Pope, J. M. (2005). *Aspectos nutricionales y tecnológicos de la leche*. Perú.

XI. Anexos

Anexos

1. Hoja de análisis sensorial para el panel de degustación

Objetivo: Comparar muestras de yogurt para encontrar diferencias significativas entre ellas.

A continuación, se presentan muestras de yogurt evalúe los parámetros que se presentan en la tabla. Favor marcar con una X donde crea conveniente.

Color	1 (Me disgusta mucho)	2 (Me disgusta poco)	3 (No me gusta ni me disgusta)	4 (Me gusta poco)	5 (Me gusta mucho)
710					
430					
325					

Olor	1 (Me disgusta mucho)	2 (Me disgusta poco)	3 (No me gusta ni me disgusta)	4 (Me gusta poco)	5 (Me gusta mucho)
710					
430					
325					

Sabor	1 (Me disgusta mucho)	2 (Me disgusta poco)	3 (No me gusta ni me disgusta)	4 (Me gusta poco)	5 (Me gusta mucho)
710					
430					
325					

Uniformidad	1 (Fases completamente separadas)	2 (Alguna separación)	3 (Poca separación)	4 (Leve separación)	5 (Ninguna separación)
710					
430					
325					

Cremosidad	1 (Ralo)	2 (Levemente ralo)	3 (Ni espeso ni ralo)	4 (Mayormente espeso)	5 (Espeso)
710					
430					
325					

Acidez	1 (Muy ácido)	2 (Ácido)	3 (Ni ácido ni dulce)	4 (Ligeramente dulce)	5 (Dulce)
710					
430					
325					

Observaciones _____

¿Cuál muestra prefiere? _____

2. Hoja de recolección de datos para pruebas físico químicas

Muestra	Propiedades físico químicas			
	Acidez titulable	Densidad	pH	Temperatura
1				
2				
3				
Promedio				

3. Hoja de recolección de datos de masa por operación.

Operación	Materia	Entrada (ml)	Salida (ml)
Filtrado			
Pausterización			
Enfriamiento			
Inoculación y fermentación			
Enfriamiento o Refrigeración			
Batido			
Almacenamiento			