

**ELABORACION DE UNA BEBIDA FERMENTADA TIPO YOGURT SUPLEMENTADA CON
MORINGA (*Oleifera*)**

**Investigador Principal
ANDRES FELIPE OROZCO CASTILLO
Estudiante de Ingeniería de Alimentos
Universidad de Pamplona**

**Grupo de Investigación en Ingeniería y Tecnología de Alimentos
“GINTAL”**



**INGENIERÍA DE ALIMENTOS
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA**

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
PAMPLONA, Mayo de 2017**

**ELABORACION DE UNA BEBIDA FERMENTADA TIPO YOGURT SUPLEMENTADA CON
MORINGA (*Oleifera*)**

**Trabajo para optar el titulo de:
Ingeniero de Alimentos**

**ANDRES FELIPE OROZCO CASTILLO
Estudiante de Ingeniería de Alimentos
Universidad de Pamplona**

**Director
DANIEL S. DURAN OSORIO
Ph.D. Tecnología, Calidad y Marketing en Industrias Agroalimentarias
Universidad de Pamplona**

**Grupo de Investigación en Ingeniería y Tecnología de Alimentos
“GINTAL”**



**INGENIERÍA DE ALIMENTOS
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA**

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
PAMPLONA, Mayo de 2017**

DEDICATORIA

Este trabajo de grado va dedicado con mucho cariño a:

Jesucristo “el mesías” y a nuestro amado padre Jehová.

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

También por nunca desampararme y siempre estar hay para mí en los momentos más difíciles de este camino

“Encomienda a Jehová tus obras, y tus pensamientos serán afirmados.” Proverbios 16:3.

A la memoria de mis padres Adolfo Orozco Vega y Teresa Castillo España

Por haberme dado la vida, inculcarme sus valores de buena ética moral y por siempre querer lo mejor para mí.

A la memoria de mi abuela Olga España Díaz y hermano Jossep Orozco R.

Por haber aportado riqueza en mi vida.

A mi hermana Jessika Valentina Orozco Castillo

Por ser la única hermana con quien he compartido la mayor parte de mi vida.

A mi abuela Sara Vega Almendrales.

Por los ejemplos de educación y modales de costumbres que la caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

Al Ph.D. Daniel Duran Osorio por sus valiosos consejos y apoyo en la elaboración de este proyecto de grado

A la ingeniera Mariela Hernández Ordoñez por ser una gran persona y contribuirme a la formación integral como ingeniero de alimentos

AGRADECIMIENTOS

Agradezco infinitamente a las siguientes personas:

Ph.D. Daniel Duran Osorio por su colaboración y tiempo dedicado a elaborar este proyecto.

Ingeniero Cesar Vega Romero por haberme enseñado las maravillas de la ingeniería de alimentos como lo son las operaciones unitarias y por su riqueza de conocimientos que pude aprovechar siendo su alumno.

Microbióloga docente Ángela Cajiao Pedraza por haberme ayudado y por sus valiosos consejos que fueron de gran ayuda para los análisis microbiológicos de este proyecto.

Microbiólogo docente William Suarez por haberme dado asesorías y por su buenas ganas y disponibilidad de colaborar.

A todo el cuerpo docente de la universidad de Pamplona el cual tuve el privilegio de ser su alumno en pregrado, docentes de ciencias básicas, docentes de facultad y docentes del programa, a todos infinitas GRACIAS por haberme contribuido a la formación como profesional.

A mis tíos Álvaro Orozco Vega, Edgardo Orozco Vega y Javier Castillo España por

haberme apoyado financieramente en la estadía acá en Pamplona y por sus buenos consejos. A mis tías Olga Castillo España, Miladis Orozco Vega, Yonesy Lara Manjarrez, Susana Rodríguez, Midiam Orozco Vega, Maribel Orozco Y Nazzy Orozco Vega. Por haberme apoyado de una u otra forma en la estadía en Pamplona.

A una persona muy especial Doña Natalia Rico Varela, por haberme servido y ayudado durante tres años acá en pamplona, lo cual fue de bendición para mi situación.

A la Sociedad San Vicente de Paul de Pamplona por haberme ayudado en los momentos más difíciles en los que estuve atravesando.

A mi primo Jorge Enrique Caballero Castillo por haberme ayudado en un tiempo.

Y a todas las personas que de una u otra forma me colaboraron de manera directa e indirecta en la ejecución de este proyecto a todos y todas infinitas GRACIAS de corazón.

INDICE DE CONTENIDO

		PAG.
1	RESUMEN DEL PROYECTO	1
2	MARCO TEORICO Y ESTADO DEL ARTE	2
2.1	LECHES FERMENTADAS	2
2.1.1	Definición legal de bebidas fermentadas	2
2.1.2	Generalidades	3
2.1.3	Valor nutritivo	3
2.1.4	Contenido de lactosa	3
2.1.5	Contenido de vitaminas	3
2.1.6	Energía	3
2.1.7	Digestibilidad	3
2.1.8	Modificación del pH	4
2.1.9	Acción antimicrobiana	4
2.1.10	Absorción de minerales	4
2.1.11	ALGUNOS EFECTOS POSITIVOS DEL CONSUMO DE LECHES FERMENTADAS	4
2.1.11.1	Flora intestinal	4
2.1.11.2	Niveles de colesterol	4
2.1.11.3	Caries dental	5
2.1.11.4	Cataratas	5
2.1.11.5	Tipo de ácido láctico	5
2.2	CLASIFICACION DE LOS PRODUCTOS LACTEOS	5
2.2.1	Según el origen de la leche	6
2.2.1.1	El yogurt	7
2.2.1.2	Definición legal de yogurt	7
2.2.1.3	Valor nutritivo del yogurt	8
2.2.1.4	Tipos de yogurt	9
2.2.1.5	Yogurt con frutas y/o extractos	9
2.2.2	Elección de la leche	10
2.2.3	Normalización de la leche	10
2.3	TECNOLOGIA DEL YOGURT	10

2.3.1	Fermentación del yogurt	11
2.3.2	Envasado del yogurt	11
2.3.3	Refrigeración y almacenamiento del yogurt	11
2.3.4	Control de calidad del producto terminado	12
2.3.5	Evaluación sensorial en un yogurt	12
2.3.6	Pruebas afectivas	12
2.3.6.1	Escala hedónica verbal	13
2.4	IMPORTANCIA DE LOS ANALISIS MICROBIOLOGICOS EN LOS ALIMENTOS	13
2.4.1	Recuentos y siembras microbiológicas	13
2.4.1.1	Recuento y siembra en profundidad	13
2.4.2	Microorganismos indicadores en la industria de alimentos	14
2.4.2.1	Mesofilos aerobios	14
2.4.2.2	Coliformes	14
2.4.2.3	Hongos y levaduras	15
2.4.2.4	<i>Staphylococcus aureus</i>	16
2.5	VISCOSIDAD DEL YOGURT ENTERO BATIDO	16
2.6.8	MORINGA OLEIFERA	18
2.6.1	Generalidades de la moringa oleífera	18
2.6.1.1	Descripción de la especie	18
2.6.1.2	Clasificación taxonómica	19
2.6.1.3	Usos y aprovechamiento de la moringa oleífera	20
2.6.1.4	La moringa oleífera como alimento humano	21
2.6.1.5	La moringa oleífera como alimento funcional	22
2.6.1.6	Composición química de la moringa oleífera	22
2.6.1.7	Importancia económica de la moringa oleífera	27
2.6.1.8	Situación actual del cultivo de moringa oleífera en Colombia	27
3	OBJETIVOS	29
3.1	Objetivo general	29
3.2	Objetivos específicos	29
4	MATERIALES Y METODOS	30
4.1	TIPO DE INVESTIGACION	30
4.2	LOCALIZACION	30
4.3	MATERIAS PRIMAS	30
4.3.1	Moringa en polvo	30

4.3.2	Leche en polvo entera	30
4.4	DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICA DEL YOGURT BASE Y LA MORINGA	30
4.4.1	Elaboración del yogurt base	31
4.4.2	Análisis fisicoquímico del yogurt base, los yogures con las dosis suplementadas y al yogurt comercial	31
4.5	DETERMINACION DE LA COMPOSICION QUIMICA Y FISICA DE LA MORINGA	36
4.6	SUPLEMENTACION DEL YOGURT BASE CON JARABE DE MORINGA	37
4.7	ACEPTACION SENSORIAL DEL YOGURT BASE SUPLEMENTADO CON DIFERENTES DOSIS DE MORINGA	38
4.8	DETERMINACION DE LA ESTABILIDAD FISICOQUIMICA Y MICROBIOLOGICA DEL YOGURT SUPLEMENTADO	39
5	RESULTADOS Y DISCUSION	42
5.1	CARACTERISTICAS FISICOQUIMICA DEL YOGURT BASE A SUPLEMENTAR	42
5.2	CARACTERISTICAS FISICOQUIMICA Y MICROBIOLOGICAS DE LA MORINGA	45
5.3	CARACTERISTICAS FISICOQUIMICA Y ACEPTACION SENSORIAL DEL YOGURT SUPLEMENTADO	48
5.3.1	ACEPTACION SENSORIAL DEL YOGURT BASE SUPLEMENTADO CON MORINGA	51
5.4	ESTABILIDAD FISICOQUIMICA Y MICROBIOLOGICA DEL YOGURT SUPLEMENTADO	53
6	CONCLUSIONES	61
7	RECOMENDACIONES	63
8	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	64
9	ANEXOS	69

INDICE DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Tecnología básica de la fabricación del yogurt	6
Figura 2. Ejemplo de la viscosidad aparente en Pa s del yogurt batido en función de la velocidad de corte, la fuerza de cizalla($G \cdot s^{-1}$) antes y después de un cizallamiento a $200 s^{-1}$	17
Figura 3. Morfología de la moringa oleífera	19
Figura 4. Distribución de la moringa en el mundo	20
Figura 5. Partes de la moringa	21
Figura 6. Distribución de consumidores por genero	39
Figura 7. Curva de humedad del yogurt base a suplementar en balanza de humedad	42
Figura.8. Seguimiento de la acidez en la elaboración del yogurt base	43
Figura.9. Aceptación sensorial del yogurt suplementado con moringa	52
Figura.10. Evolución de la luminosidad del yogurt suplementado	53
Figura.11. Evolución de la coordenada a^* del yogurt suplementado	54
Figura.12. Evolución de la coordenada b^* del yogurt suplementado	55
Figura.13. Evolución de la acidez del yogurt suplementado	56
Figura.14. Evolución del pH del yogurt suplementado	57
Figura.15. Evolución de la viscosidad del yogurt suplementado.	58

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Comparación de los sólidos no grasos entre el yogurt y la leche	7
Tabla 2.	Comparación entre la leche y el yogurt de acuerdo a los procesos aplicados	8
Tabla 3.	Clasificación del yogurt de acuerdo a su contenido graso	10
Tabla 4.	Clasificación taxonómica de la moringa oleífera	19
Tabla 5.	Contenido en aminoácidos del polvo de moringa oleífera en mg/Kg	23
Tabla 6.	Composición en vitaminas de la moringa oleífera	23
Tabla 7.	Contenido de vitaminas y minerales de las hojas de moringa oleífera (todos los valores son por 100 g de porción comestible)	24
Tabla 8.	Hojas de moringa en comparación con hojas comunes	25
Tabla 9.	Recomendaciones para las dietas diarias	25
Tabla 10.	Composición de las vainas, hojas frescas y polvo de hojas secas de moringa, representadas en términos de recomendación, la ingesta diaria para niños de 1-3 años de edad	26
Tabla 11	Composición de las vainas, hojas frescas y polvo de hojas secas de moringa, representadas en términos de recomendación, la ingesta diaria para mujeres en lactancia	26
Tabla 12.	Características químicas del yogurt base	44
Tabla 13.	Características físicas del yogurt base	45
Tabla 14.	Características químicas de la moringa	46
Tabla 15.	Características físicas de la moringa	46
Tabla 16.	Recuentos microbiológicos de la moringa	47
Tabla 17.	Características químicas del yogurt suplementado	48
Tabla 18.	Características físicas del yogurt suplementado	50
Tabla 19.	Evolución de los recuentos microbiológicos durante la estabilidad del yogurt suplementado.	59

1. RESUMEN DEL PROYECTO

La desnutrición, en especial la infantil en Colombia es evidente en muchas regiones y sobre todo en poblaciones de bajos recursos y marginales, aunque se ha avanzado en las últimas décadas para reducirla se han utilizado estrategias directas como la recuperación nutricional y programas de complementación alimentaria y de suplementación con micronutrientes, pero, aún existen problemáticas que resolver al respecto. La moringa es un árbol al que se le atribuye múltiples beneficios para el bienestar humano. Las hojas, las flores, los frutos y las raíces son apreciados por su valor nutritivo y pueden ser usados en la alimentación humana, el cual se desconoce cómo suplemento nutritivo al ser incorporado en un alimento. Por otro lado, el yogur es un alimento que generalmente es aceptado por toda los estados de edad del ser humano, por ello, se plantea elaborar elaboración una bebida fermentada tipo yogurt suplementada con moringa, con el fin de que este alimento sea un complemento nutritivo a la dieta diaria sobre todo en la población es estado de desnutrición. Pare ello, se elaboró un yogur base a partir de leche en polvo y se determinó las características fisicoquímicas del yogur base a suplementar, al igual que se determinó las características fisicoquímicas y microbiológicas de la moringa. Posteriormente se suplementó el yogur base con tres dosis de moringa (0,5%, 1% y 1,5%), para seguir con la aceptación sensorial de un panel de consumidores e identificar la dosis con mayor aceptación y finalmente establecer la estabilidad fisicoquímica y microbiológica del yogur suplementado de mayor aceptación sensorial. Fueron analizados parámetros químicos como contenido de humedad, proteína lípidos, cenizas y minerales específicos (Ca, Fe, P, K, Mg y Zinc), parámetros físicos como el color y la viscosidad especialmente y recuentos microbiológicos (aerobios mesofilos, coliformes totales y fecales, mohos y levaduras, psicofilos, *Salmonella* y *Staphylococcus aureus*). Los resultados mostraron que el yogur base presentó características similares al de un yogur entero, pero con menos minerales. Las características fisicoquímicas de los yogures suplementados aumentaron proporcionalmente a la dosis de moringa utilizada. El yogur con mayor aceptación sensorial fue el de la dosis mínima del 0,5% y en la estabilidad se observó una evolución significativa de los parámetros del color, acidez, pH y la viscosidad, mientras que los recuentos microbiológicos estuvieron bajo la norma indicando inocuidad en el producto. Como conclusión general se puede indicar que la suplementación del yogur es viable ya que aumenta el contenido de macronutrientes y micronutrientes y que a menor dosis se obtienen una aceptación por los consumidores.

Palabras clave: Análisis sensorial, moringa, microbiología, yogurt, suplementación

2. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

2.1. LECHES FERMENTADAS

2.1.1. Definición legal de bebidas fermentadas

Producto lácteo de consistencia fluida obtenido a partir de la leche fermentada mezclada con otros derivados lácteos e ingredientes higienizados. (NTC 805).

2.1.2. Generalidades

La fermentación es un proceso utilizado desde épocas remotas para conservar la leche, y todavía se realiza a nivel artesanal, en regiones donde no se cuenta con la tecnología apropiada para conservar la leche cruda, para almacenarla y distribuirla sin correr el riesgo de alteración por microorganismos patógenos. Con la fermentación de la leche, las bacterias lácticas modifican las características de la leche cruda, especialmente disminuyendo su acidez hasta 4.6 o 4.0 y por ende se evita el crecimiento de otros microorganismos dañinos al hombre. Sin embargo si estos productos fermentados no se producen con las condiciones de higiene y sanidad y por otra parte no se procesan de la forma adecuada, pueden sufrir alteraciones microbiológicas, físicas y químicas. Gómez M., (2005).

Con el nombre de leches acidificadas o fermentadas se conocen las bebidas y productos de consistencia semisólida y sólida, de tipo ácido o ácido – alcohólico, preparadas con leche de vaca, oveja, cabra, yegua, camella, búfala, entre otros. Entre las cualidades que se le atribuyen a este tipo de productos se encuentran las siguientes:

- Acción estimulante del ácido láctico sobre las glándulas digestivas e intestinales
- Su digestibilidad es mayor que la de la leche natural
- Algunas bacterias lácticas ejercen una acción antibiótica sobre la flora patógena cuando se consumen con regularidad
- De acuerdo con la opinión médica, estos productos son convenientes para la salud humana.

Existen una gran gama de productos fermentados, entre los cuales se encuentran el yogurt, el kumis, el kéfir, la nata o crema ácida, entre otros.

2.1.3. Valor nutritivo

Básicamente se ha realizado estudios del valor nutricional del yogurt, y se han encontrado diferencias significativas entre un producto lácteo fermentado y la leche natural. Gómez M., (2005).

2.1.4. Contenido de lactosa

La fermentación produce una disminución del contenido de lactosa en el momento que se consumen todos los azúcares. Cuando el contenido del ácido láctico alcanza a un 0.9%, la fermentación se debe detener por medio de la refrigeración y en ese instante se ha hidrolizado alrededor del 20% de la lactosa de la leche cuando se fermenta la glucosa y galactosa. En el caso del yogurt se hidroliza el doble de la lactosa porque las bacterias (*Lactobacillus*) del yogurt no descomponen la galactosa.

2.1.5. Contenido de vitaminas

Debido a que las bacterias lácticas consumen gran parte de las vitaminas especialmente las del complejo B, las leches fermentadas tendrán menor proporción de vitaminas. En el caso del yogurt, el contenido de casi todas las vitaminas es menor, excepto el contenido del ácido fólico que es mayor que el de la leche natural.

2.1.6. Energía

La conversión de la lactosa en ácido láctico reduce el valor energético en un porcentaje mínimo.

2.1.7. Digestibilidad

Con respecto a la proteína y grasa mejora la digestión de estos compuestos como consecuencia de la actividad enzimática de las bacterias lácticas. Las proteínas de las leches fermentadas se descomponen en el estómago en partículas muy pequeñas y por lo tanto aumenta su digestibilidad en comparación con la de la leche natural. Con respecto a la lactosa, la actividad de las enzimas lactasas de las bacterias del yogurt, permiten que la lactosa se descomponga y por lo tanto se hace más digerible, esto redundará en el beneficio para los consumidores que no toleran la lactosa.

2.1.8. Modificación del pH

Al consumir las leches fermentadas el pH del contenido estomacal casi no aumenta por lo tanto se evita el desarrollo de los microorganismos patógenos.

2.1.9. Acción antimicrobiana

Las bacterias lácteas pueden formar compuestos semejantes a los antibióticos frente a patógenos “in vitro.

2.1.10. Absorción de minerales

Se ha determinado que la disminución de la lactosa en las leches fermentadas disminuye la absorción de algunos minerales como el zinc y el magnesio pero aumenta la absorción del fósforo, pero en términos generales. Las leches fermentadas no presentan ventajas importantes en cuanto a los minerales.

2.1.11. Algunos efectos positivos del consumo de leches fermentadas

2.1.11.1. Flora intestinal

Como al consumir leches fermentadas se están ingiriendo bacterias lácticas vivas, podría producirse la implantación de estas bacterias en el intestino grueso lo que reduciría el desarrollo de patógenos. Es probable que esto ocurra en el caso de los microorganismos que además de resistir los jugos gástricos en el tracto intestinal, son capaces de colonizar el intestino, por ejemplo, las bacterias intestinales *Lactobacillus acidophilus*, *L. Salivarius* y *Bifidobacterium bifidum*. Cuando se consume yogurt frecuentemente, las bacterias lácticas normales pueden sobrevivir al paso por el tracto intestinal, pero no lo colonizan. Hasta el momento, las investigaciones realizadas no permiten concluir que tengan efectos positivos para los humanos.

2.1.11.2. Niveles de colesterol

Algunos ensayos en animales sugieren que el consumo de leches fermentadas puede contribuir a descender el colesterol sanguíneo y, por tanto, reducir el riesgo de enfermedades coronarias y vasculares. No obstante, aunque sea cierto, parece que el efecto es muy pequeño. El consumo de leche fermentada podría también contribuir a aumentar la resistencia frente a los patógenos por activación del sistema inmune, reduciendo además el riesgo de cáncer de colon. Sin embargo, estos efectos beneficiosos, no se han demostrado en humanos.

2.1.11.3. Caries dental

Las leches fermentadas no provocan caries ya que, a pesar de su bajo pH, no dañan el esmalte. Las bacterias lácticas de la flora bucal no sintetizan dextranos pegajosos a partir de la lactosa (sí lo hacen a partir de la sacarosa) y, por lo tanto, no forman placa dental. Obviamente, la saliva presenta una buena actividad protectora frente a las caries dentales.

2.1.11.4. Cataratas

Supuestamente, el consumo de yogur puede desencadenar este problema ocular. Las ratas alimentadas exclusivamente a base de yogur (elaborado a partir de leche concentrada), se quedan ciegas debido al acúmulo de galactitol en el cristalino del ojo. Sin embargo, al contrario que las ratas, los humanos transforman fácilmente la galactosa en glucosa, con lo cual no se produce ningún aumento de galactosa en sangre y no se forma galactitol.

2.1.11.5. Tipo de ácido láctico

El tipo de ácido láctico formado tiene interés fisiológico. Existen dos esteroisómeros del ácido láctico: dextrorrotatorio L (+) y levorrotatorio D (-). El ácido láctico L (+) es fácilmente metabolizado por el organismo, pero el D (-), se metaboliza muy lentamente. Este último isómero se elimina en parte por la orina. En el yogur tradicional, entre el 40 y el 60% del ácido láctico es levorrotatorio y está producido por *Lactobacillus delbrueckii ssp. Bulgaricus*. La ingestión de una cantidad excesiva de ácido D (-) láctico puede originar acidosis, con las correspondientes lesiones tisulares. Los niños son más susceptibles a la acidosis que los adultos. Hasta el año 1974, la OMS recomendaba una ingesta diaria máxima de lactato D (-) de 100 mg por kilo de peso. Esta limitación es irrelevante para los adultos, ya que con un peso de 75 kilos, podrían consumirse a 1,5 litros de yogur cada día sin ningún problema. Esta recomendación se ha retirado, pero en cualquier caso, es preferible que los bebés hasta los 3 meses no consuman ácido D (-) láctico. Gómez M., (2005).

2.2. CLASIFICACIÓN DE LOS PRODUCTOS LÁCTEOS

Teniendo en cuenta el carácter ácido o alcohólico pueden clasificarse en leches ácidas y leches ácido - alcohólicas.

Dentro del primer grupo se encuentran las siguientes: yogurt, micurato, leben, masum, gros lait, leche acidófila entre otras. Dentro del segundo grupo se encuentran: el Kefir y el kumys.

Comercialmente los productos más conocidos por sus propiedades organolépticas y por ende tener un mayor consumo son el yogurt, yakult, leche acidófila, kefir y Kumys. Por sus propiedades terapéuticas las bebidas más importantes son: el yakult, la leche acidófila y los productos que utilizan bífidos, puesto que contienen bacterias lácticas que se pueden desarrollar en la flora intestinal. Gómez M., (2005).

2.2.1. Según el origen de la leche

Generalmente la producción de las leches fermentadas se realiza a partir de la leche de vaca pero existen algunos productos para los cuales se utiliza como materia prima, también la leche de oveja, cabra y yegua, tales como el Kefir y el Kumiss y un yogurt especial llamado "de estilo griego" el cual es obtenido de la leche de oveja, es concentrado y con un gran porcentaje de materia grasa.

2.2.1.1 El yogurt

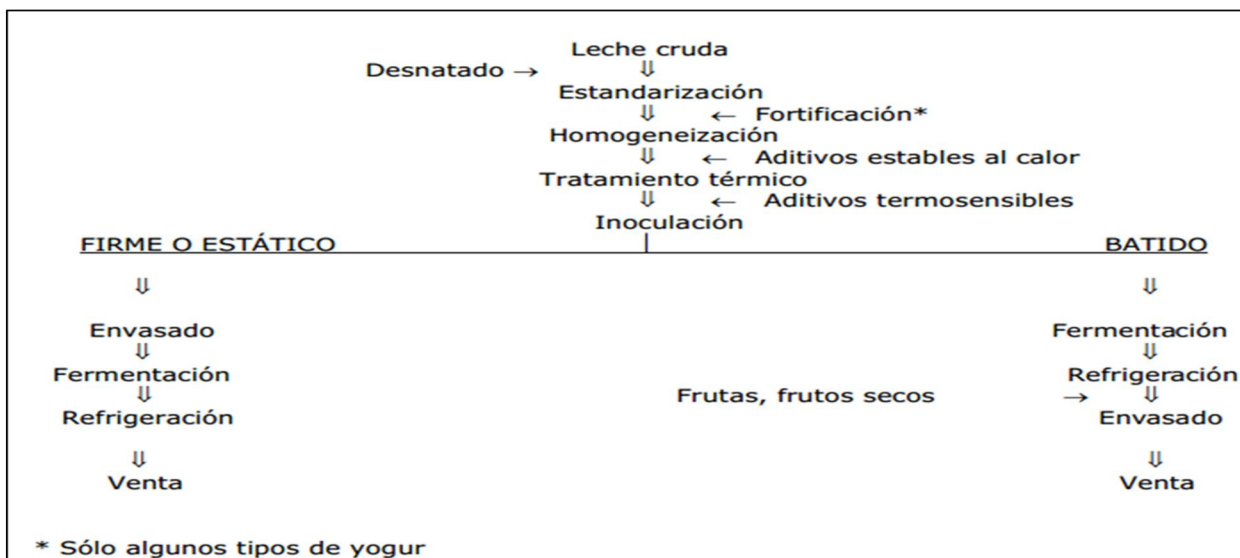
El yogurt, es la bebida más conocida de todas las leches fermentadas y se presentan una gran variedad de tipos de yogurt con diferentes composiciones según su contenido en grasa y extracto seco. Puede ser natural, si no se le adiciona ningún otro ingrediente o con otros sabores según las sustancias que se le adicionan como frutas, azúcar o agentes gelificantes. Actualmente se elaboran otros productos derivados del yogurt como helados y bebidas.

Según Kosikowski, el yogurt es un producto lácteo fermentado obtenido a partir del crecimiento de las bacterias del género *Lactobacillus Bulgáricus* y *Streptococcus thermófilus*, cultivadas sobre la leche a temperatura media tibia, caracterizándose por una textura suave y por un característico sabor a “nogal”.

El yogurt se consume desde tiempos remotos en los países del Asia y Europa Central, pero en los países del occidente no tenía gran aceptabilidad, hasta que aparecieron fórmulas diferentes, debido a la adición de frutas, saborizantes y colorantes, envasados en envases desechables y atractivos al consumidor, lo cual ocurrió, más o menos hacia los años 60.

El yogurt se caracteriza especialmente por ser un líquido viscoso pero suave o con la consistencia de un gel, sin embargo en ambos casos su textura debe ser uniforme y firme, con mínima sinéresis y de sabor característico, además del impartido por las sustancias permitidas que se le adicionan. Existen distintos tipos de yogur pero los más importantes son los yogures firmes o consistentes y los yogures batidos. Estos productos también pueden sufrir tratamientos después de la fermentación como el calentamiento, la concentración, desecación y liofilización. La tecnología básica de fabricación se recoge en la figura siguiente.

Figura 1. Tecnología básica de fabricación del yogurt.



2.2.1.2. Definición legal de yogurt

Producto obtenido a partir de la leche higienizada o de una mezcla higienizada de ésta con derivados lácteos, fermentado por la acción de *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* y *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus*, los cuales deben ser viables, abundantes y activos en el producto hasta el final de su vida útil. (NTC 805)

2.2.1.3. Valor nutritivo del yogurt

El valor nutritivo del yogur depende de su composición. Las materias primas utilizadas, los ingredientes agregados y el proceso de fabricación, determinan los contenidos de vitaminas, proteína, grasa y minerales (Early, 1998).

El principal azúcar del yogur es la lactosa, que se encuentra en el producto final en proporciones muy similares a la leche, es decir 4 - 5 %. Sin embargo, se ha comprobado que el yogur no causa trastornos digestivos para las personas lactointolerantes y puede por lo tanto incluirse en su dieta (Early, 1998). La explicación más sencilla sobre esta tolerancia al yogur es que los microorganismos del yogur desde la incubación desdoblan la lactosa en glucosa y galactosa, las cuales son digeribles por los lactointolerantes (Gallager *et al.*, 1974; citado por Early, 1998).

Su gran digestibilidad hace que el yogur sea una buena fuente de energía en la dieta. Las caseínas y las proteínas del suero contienen muchos aminoácidos esenciales y el consumo diario de 200-250 gramos de yogur cubre el 82 % del valor calórico aportado por las proteínas diariamente. Los yogures no desnatados son además una buena fuente de lípidos en la dieta (Early, 1998).

Tabla 1. Comparación de sólidos no grasos entre el yogurt y la leche

Nutrientes (U/100g)	Leche		Yogurt		
	Entera	Descremada	Entero	Descremado	De fruta
Calorías	67,50	36,00	72,00	64,00	98,00
Proteínas(g)	3,50	3,30	3,90	4,50	5,00
Grasa(g)	4,25	0,13	3,40	1,60	1,25
Carbohidratos(g)	4,75	5,10	4,90	6,50	18,60
Calcio(mg)	119,00	121,00	145,00	150,00	176,00
Fosforo(mg)	94,00	95,00	114,00	118,00	153,00
Sodio(g)	50,00	52,00	47,00	51,00	-
Potasio(g)	152,00	145,00	186,00	192,00	254,00

Fuente: Tamime y Robinson (1991)

El extracto seco total del yogur es parecido en todos los tipos, el mayor contenido en extracto seco magro es el del yogur descremado. Las concentraciones de los distintos nutrientes en los yogures de frutas o funcionales dependen del tipo de fruta añadida o del tipo de sustancia funcional (Tamime y Robinson, 1991). En cuanto al contenido de vitaminas del yogur versus el

contenido de vitaminas en leche, está sujeto a debate por varios autores, ya que unos aseguran que es una fuente rica en vitaminas, mientras que otros indican que durante la producción de yogur la cantidad de vitaminas disminuye. Se ha determinado que el contenido de vitaminas en el yogur respecto al contenido de vitaminas en la leche cruda, depende grandemente de los procesos de fortificación y de elaboración. Las altas temperaturas que se necesitan para elaborar el yogur influyen en la disminución del contenido de vitaminas. Las vitaminas más susceptibles son: C, B6, B12 y ácido fólico (Tamime y Deeth, 1981; citado por Zelaya, 1998).

Tabla 2. Comparación entre la leche y el yogurt de acuerdo a los procesos aplicados

Nutrientes (U/100g)	Leche		Yogurt	
	Entera	Descremada	Entero	Descremado
Vitamina A (UI)	148,00	-	140,00	70,00
Tiamina B ₁ (ug)	37,00	40,00	30,00	42,00
Riboflavina B ₂ (ug)	160,00	180,00	190,00	200,00
Piridoxina B ₆ (ug)	46,00	42,00	46,00	-
Cianocobalamina B ₁₂ (ug)	0,39	0,40	-	0,23
Vitamina C (ug)	1,50	1,00	-	0,70
Vitamina D (UI)	1,20	-	-	-
Vitamina E (UI)	0,13	-	-	Trazas
Ácido Fólico (ug)	0,25	-	-	4,10
Acido nicotínico (ug)	480,00	-	-	125,00
Ácido pantoténico (ug)	371,00	370,00	-	381,00
Biotina (ug)	3,40	1,60	1,20	2,60
Colina (ug)	12,10	4,80	-	0,60

Fuente: Tamime y Robinson (1991)

2.2.1.4. Tipos de yogurt

Generalmente, el yogurt y productos similares se clasifican en función de su estado físico en el envase de venta al por menor y según su período de conservación. Estas características dependen del proceso de fabricación, de las materias primas y de los ingredientes añadidos (Early, 1998).

Según Bylund (1996) el yogurt se clasifica de la siguiente manera:

- Yogur firme: se incuba y se enfría en el mismo envase en que está.
- Yogur batido: es incubado en depósitos y enfriado antes de su envasado.
- Yogur congelado: es incubado en tanques y congelado como un helado de crema.

- Yogur concentrado: es incubado en tanques, concentrado y enfriado antes de ser envasado.
- Yogur líquido: similar al yogur batido, pero en éste el coágulo se rompe hasta obtener una forma líquida antes de su envasado.

2.2.1.5. Yogurt con frutas y/ o extractos

Entre los saborizantes más comunes utilizados están las frutas, bayas en jarabe, y extractos procesados o como purés. La fruta se mezcla con el yogur antes o durante el envasado. Se puede también colocar en el fondo del envase antes de llenarlo con yogurt. Otra alternativa es envasar la fruta de forma separada en una “capa doble” integrada en la copa que constituye el envase (Bylund, 1996).

Según Early (1998), el puré de fruta se dosifica volumétricamente en una concentración del 12-18% para los yogures batidos y se puede incorporar tras la refrigeración del yogurt si ésta se realiza en una sola fase, o bien después de la primera etapa de refrigeración si el enfriamiento se lleva a cabo en dos fases.

Según Early (1998), durante el proceso de fabricación, es necesario controlar rigurosamente un gran número de factores para obtener un producto final de calidad, un yogurt que presente las características adecuadas de sabor, aroma, viscosidad, aspecto, consistencia y periodo de conservación. Entre los factores que afectan la calidad de los yogures se pueden citar:

- La elección de la leche como materia prima
- Los ingredientes añadidos
- El tratamiento térmico
- La emulsificación u homogeneización
- La preparación del cultivo

2.2.2. Elección de la leche

Aunque se ha utilizado leche de diferentes especies animales para la fabricación de yogurt, en la industria se utiliza básicamente leche de vaca. Puede utilizarse leche entera, leche parcialmente descremada, leche descremada o crema de leche. La leche más apropiada es la que posee un contenido elevado de proteínas por su alta densidad. A pesar de ello, no es necesario elegir una leche con una proporción elevada de extracto seco para la producción de yogurt, ya que puede

ser aumentado más tarde por medio de otros productos como: leche descremada concentrada, leche en polvo descremada, suero, lactosa (Covas, 2001).

2.2.3. Normalización de la leche

Según Bylund (1996), el yogur puede contener grasa de 0 – 10 %. Sin embargo, lo más habitual es un contenido graso de 0.5 - 3.5 %. El yogur se puede clasificar en tres grupos, según el código y principios establecidos por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, por sus siglas en inglés) y por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Tabla 3. Clasificación del yogurt de acuerdo a su contenido graso

Grupos	Contenido graso (%)
Yogurt normal	Mínimo 3
Yogurt parcialmente desnatado	Mínimo 0,5. Máximo 3
Yogurt desnatado	Máximo 0,5

Fuente: FAO, (1996)

Según lo establecido por la FAO/OMS, el contenido mínimo de sólidos no grasos de origen lácteo deber ser 8.2%. El incremento en el contenido total de materia seca, especialmente de la proporción de caseína y proteínas del suero, da lugar a un yogur de más consistencia, reduciéndose la tendencia a la separación del suero (Bylund, 1996). Según Keating y Gaona (2002), con el fin de fortificar la leche fluida y como método más común para normalizar el contenido de materia seca, se agrega leche en polvo entera o descremada, ésta se adiciona de 1 a 6% siendo el nivel de 3 a 4% el más recomendable.

2.3. TECNOLOGIA DEL YOGURT

2.3.1. Fermentación del yogurt

En la actual legislación del códex sobre el yogur, se establece que éste debe contener colonias de bacterias lácticas vivas, pero no establece cuántas. En la legislación española está establecido que el producto final debe contener un mínimo de 107 UFC/ml (*Lactobacillus bulgaricus* *Streptococcus thermophilus*), salvo en el caso de los yogures pasteurizados después de la fermentación. La Asociación Nacional de Yogur de EEUU considera que establecer estos umbrales mínimos irá en beneficio del consumidor, especialmente favoreciendo a aquéllos que tienen problemas para digerir la leche por intolerancia a la lactosa (Nutrar, 2003).

Al agregar el cultivo a la mezcla de yogur, las bacterias comienzan a reproducirse y éste es el comienzo del período de la incubación, acidificación o fermentación. Estas bacterias al

multiplicarse están fermentando la lactosa, convirtiéndola en ácido láctico. La acidificación hace que la leche se coagule y se obtenga una mejor consistencia.

La coagulación se produce a causa de la pérdida de estabilidad de las caseínas. En la leche fresca con pH alrededor de 6.7, las caseínas tienen cargas negativas y se repelen entre sí. En la acidificación de la leche, los iones hidrogeno positivos del ácido son absorbidos por las caseínas, por lo que la carga negativa va disminuyendo y así también la repulsión entre ellas. La coagulación empieza cuando la repulsión ha disminuido (Pazmiño, 2002).

La temperatura de incubación tiene influencia sobre la proporción de cocos/bacilos. A 41°C la proporción es de 4:1 y a 45°C la proporción es de 1:2. Por esta razón se ha podido determinar que la temperatura ideal para la incubación en el yogur es de 43°C, para lograr una proporción 1:1. Este tiempo de incubación por lo general dura de 2.5-3 horas (Bylund, 1996). Los fermentos para la producción, preparados en tanques fermentadores, se incorporan a la leche a través de un sistema de dosificación por inyección en una concentración aproximada del 2%. En los productos lácteos fermentados, la fermentación normalmente culmina cuando se alcanza un pH de 4.2 a 4.5 o cuando se alcanza un valor de alrededor de 0.75 – 0.8% de acidez titulable (Pazmiño, 2002).

2.3.2. Envasado del yogurt

El envasado del yogurt se hace utilizando distintos tipos de máquinas llenadoras. El tamaño de los envases varía de un mercado a otro. En general la capacidad de envasado total debe ser semejante a la capacidad de la planta de pasteurización, para obtener unas condiciones óptimas de funcionamiento para todo el sistema de proceso (Bylund, 1996). El yogurt se comercializa en envases de vidrio, polietileno, polipropileno, poliestireno, cloruro de polivinilideno, bolsas de plástico y envases de cartón (Early, 1998).

2.3.3. Refrigeración y almacenamiento del yogurt

El coágulo debe enfriarse en el momento que la leche fermentada alcanza la acidez deseada. Según Early (1998), los productos elaborados y sometidos a un tratamiento de esterilización o UHT, pueden almacenarse a temperatura ambiente. Los yogures tradicionales deben mantenerse en condiciones de refrigeración hasta el momento de su consumo. La mayoría de los yogures tienen una caducidad entre 15 - 21 días. La temperatura debe mantenerse durante todo el periodo de conservación entre 2 - 5°C y nunca sobrepasar los 10°C en las etapas intermedias de la cadena de distribución.

2.3.4. Control de calidad del producto terminado.

Las normas de control de calidad deben llevarse a cabo de manera muy puntual y exigente. En la actualidad vemos cómo muchos países han establecido normas legales para garantizar el cumplimiento de los estándares de calidad. El análisis del producto final es fundamental en las

prácticas de control de calidad. Los problemas que surjan a lo largo de la elaboración del producto traen como consecuencia un producto terminado defectuoso.

Los controles de calidad en la etapa final tiene varios propósitos: velar por los intereses del consumidor, evitar devoluciones de productos defectuosos y estandarizar la calidad de los productos terminados (Tamime y Robinson, 1991). Según Tamime y Robinson (1991), es esencial que se lleven a cabo los siguientes controles en el producto terminado:

- Análisis de composición química: valores estándar en % de grasa y de extracto seco magro.
- Control de propiedades físicas: estándares de viscosidad.
- Examen microbiológico: recuento de microorganismos aerobios totales; mohos y levaduras; y coliformes totales.
- Control de propiedades sensoriales: por medio de panel, catadores que determinan los siguientes parámetros: color y aspecto; cuerpo y textura; aroma y sabor.

2.3.5. Evaluación sensorial en un yogurt

En un yogurt generalmente se realizan pruebas sensoriales de tipo afectiva y descriptiva.

2.3.6. Pruebas afectivas

Las pruebas afectivas son aquellas en las cuales el juez expresa su reacción subjetivamente ante el ante el producto, indicando si le gusta o le disgusta, si lo acepta o lo rechaza, o si lo prefiere a otro (Larmond, 1977).

Para las pruebas afectivas es necesario contar con un mínimo de 30 jueces no entrenados, y estos deben ser consumidores habituales –o potenciales- y compradores del tipo de alimento en cuestión. Las pruebas afectivas pueden clasificarse en tres tipos: pruebas de preferencia, pruebas de grado de satisfacción y pruebas de aceptación.

2.3.6.1. Escala hedónica verbal

Estas escalas son las que presentan a los jueces una descripción verbal de la sensación que les produce la muestra. Deben contener siempre un número no impar de puntos, y se debe incluir siempre el punto central << ni me gusta ni me disgusta >>. A este punto se le asigna generalmente la calificación de cero. A los puntos de la escala por encima de este valor se les otorgan valores numéricos positivos, indicando que las muestras son agradables; en cambio, a los puntos por debajo del valor de indiferencia se les asignan valores negativos, correspondiendo a calificaciones de disgustos.

2.4. IMPORTANCIA DE LOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS EN LOS ALIMENTOS

El análisis microbiológico en la industria de alimentos se constituye en una herramienta básica para el control de materias primas, procesos y productos y manipuladores, ya que permite establecer el valor grado de contaminación biológica de estos, por esta razón el control microbiológico es parte fundamental en todo el proceso (Carrascal, *et al.*, 2003).

Los principales objetivos del análisis microbiológico son:

1. Asegurar que el alimento cumpla con las normas estatuarías
2. Que se ajuste a normas internas establecidas por la empresa que los procesa y a las que exija el comprador
3. Que las materias alimenticias que llegan a la planta para ser procesadas cumplan las normas exigidas y pactadas con el productor
4. Que se mantenga el control del proceso y la higiene de la línea de fabricación. (Hayes, 1993).

Para el análisis microbiológico se debe tomar un peso conocido del alimento (10 o 25 g). el alimento se debe adicionar en un diluyente como agua peptonada al 0,1%. El tratamiento implica una homogenización mecánica o en stomacher. el volumen del diluyente utilizado generalmente es nueve veces mayor que la muestra; para 25 g se utilizan 225 mL de diluyente de forma que se obtenga un homogenizado de dilución 10^{-1} , a partir de la cual se preparan las correspondientes diluciones seriadas en base 10, dependiendo de la calidad microbiológica del producto objeto de análisis. (Hayes, 1993).

2.4.1. Recuentos y siembras microbiológicas

2.4.1.1. Recuento y siembra en profundidad

Esta técnica se caracteriza fundamentalmente por la recuperación de células bacterianas viables. Una célula viable se define como la que es capaz de dividirse para dar lugar a descendencia y la forma habitual para llevar a cabo un recuento de este tipo, es determinado por el número de células capaces de generar colonias sobre la superficie de un medio sólido. Subracional que subyace en este tipo de prueba en que cada célula visible puede dar lugar a una colonia. (Anderson y Calderón, 1999).

En esta técnica un volumen no mayor de 1 mL de la dilución apropiada se mezcla con el medio de cultivo fundido. La placa se incuba hasta la aparición de colonias contables (ICMSF, 2000).

2.4.2. Microorganismos indicadores en la industria de alimentos

El análisis rutinario de los alimentos para poner de manifiesto un amplio rango de bacterias patógenas resultaría poco práctico para la mayoría de las industrias. Es por esto que se ha convertido en práctica corriente investigar en los alimentos la presencia de grupos indicadores que determinen la posibilidad de la existencia de microorganismos causantes de intoxicaciones o de otros riesgos asociados al crecimiento microbiano (Hayes, 1993).

Por ello se le denominan microorganismos indicadores y se catalogan frecuentemente como de gran importancia al establecer la seguridad y calidad microbiológica de los alimentos. (Hayes, 1993).

Los principales microorganismos empleados como indicadores son: bacterias mesofilas aerobias, coliformes, *enterococcus*, *enterobacteriaceae* y los hongos y levaduras. (Hayes, 1993).

2.4.2.1. Mesofilos aerobios

Los microorganismos mesofilos aerobios son el grupo más grande de indicadores de calidad de los alimentos. Se definen como un grupo heterogéneo de bacterias capaces de crecer en un rango de temperatura entre 15 – 45°C. Casi un óptimo de 35°C, siendo la mínima de 15 a 20°C y la máxima de 45°C. Casi todos los agentes patógenos humanos son mesofilos, como es de esperar, pues la temperatura corporal humana es, casi de forma constante, 37°C. (Prescott *et al.*, 1999).

En los productos terminados son empleados como indicadores de vida útil. El número de microorganismos aerobios mesofilos encontrados en un alimento ha sido uno de los indicadores microbiológicos de calidad más comúnmente utilizado.

Un recuento bajo de aerobios mesofilos no implica o no asegura ausencia de patógenos o sus toxinas, de la misma manera un recuento elevado no significa presencia de flora patógena. Ahora bien, salvo en alimentos obtenidos por fermentación, no son recomendados recuentos elevados. (ICMSF, 2000; Prescott, *et al.*, 1999. [www. Analiza la calidad.com](http://www.Analiza la calidad.com)).

Para el recuento de mesofilos aerobios se emplean medios de cultivo sin inhibidores para permitir el crecimiento de los microorganismos. No aplica para productos enlatados como tampoco para productos fermentados, debido a la naturaleza de este tipo de alimentos, el recuento no sería representativo. (ICMSF, 2000).

2.4.2.2. Coliformes

Este grupo de microorganismos comprende varios géneros de la familia *Enterobacteriaceae*, capaces de fermentar la lactosa, están ampliamente difundidos en la naturaleza, agua y suelo.

También son habitantes normales del tracto intestinal del hombre y animales de sangre caliente. Dentro de los coliformes totales se pueden distinguir dos tipos, por un lado están los coliformes fecales (CF) y por el otro lado están los coliformes totales (CT) (Madigan *et al.*, 2004; Perdomo *et al.*, 2001).

➤ ***Escherichia coli***

Se trata de bacterias de rápido crecimiento y amplia distribución en el suelo, el agua, vegetales y gran variedad de animales. Las investigaciones ecológicas han demostrado que *E. coli* proviene del tracto intestinal del hombre y de los animales de sangre caliente, si bien puede sobrevivir e incluso multiplicarse en otros nichos apropiados. Por lo tanto, la presencia de esta bacteria indica que puede haber existido contaminación fecal y que el consumidor podría estar expuesto a patógenos entéricos cuando ingiere el alimento. (Mossel, 2003; Bvs Uruguay, 2008).

2.4.2.3. Hongos y levaduras

Los hongos y las levaduras son microorganismos eucariotas, pueden ser unicelulares o pluricelulares. Las levaduras son hongos con forma oval (5-20 micrómetros) inmóviles y que se dividen por diversos mecanismos, especialmente por gemación. Deben considerarse como hongos que han perdido su forma filamentosa y se han convertido en organismos unicelulares. (Tortora, 1993).

Las levaduras y los mohos crecen más lentamente que las bacterias en los alimentos no ácidos que conservan humedad y por ello pocas veces determinan problemas en tales alimentos. Sin embargo, en los alimentos ácidos y en los de baja actividad de agua, crecen con mayor rapidez que las bacterias, determinando por ello importantes pérdidas por alteración de frutas, jugos, vegetales, quesos, productos derivados de los cereales y encurtidos, así como los alimentos congelados y en los deshidratados, cuyo almacenamiento se realiza en condiciones inadecuadas. Además existe el peligro potencial de producción de micotoxinas por parte de los hongos. Por lo tanto, los mohos y las levaduras son los agentes alterantes de un número importante de alimentos. (ICMSF, 2000).

Las condiciones necesarias para que un hongo crezca en superficie son: existencia de esporas, base nutriente, humedad y temperatura entre 4°C y 38°C. en la práctica, los hongos filamentosos y las levaduras también se diferencian en el laboratorio en dos grupos según el aspecto macroscópico de sus colonias: las levaduras forman colonias húmedas, cremosas, opacas o pastosas, y los hongos filamentosos producen colonias algodonosas, lanosas o pulverulentas.

2.4.2.4. *Staphylococcus aureus*

Coco gram positivo que crece en racimos perteneciente a la familia *microccaceae*, aerobio y anaerobio facultativo y catalasa positiva. Su temperatura óptima de crecimiento es de 37°C pero logrando desarrollarse hasta los 10°C o ligeramente menos, algunas cepas de *S. aureus* producen un exopolisacárido que puede evitar la fagocitosis del microorganismo por parte de los leucocitos polimorfonucleares. Además produce varios tipos de hemolisinas las cuales le ayudan a combatir el sistema inmunológico del hospedador. (Koneman, 1999; Madigan *et al.*, 2004; Jay, 2002; Hayes, 1993).

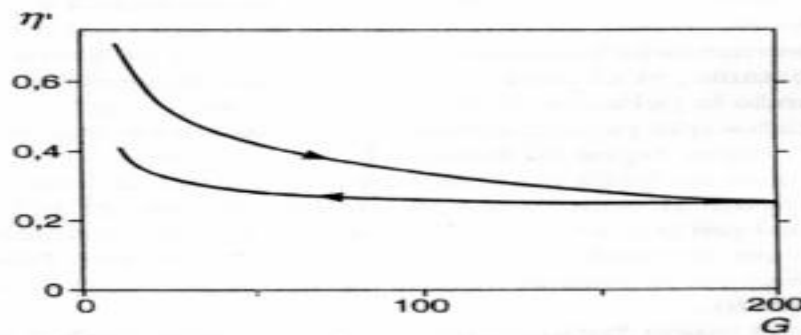
La intoxicación alimentaria estafilocócica es un síndrome caracterizado por náuseas, vómitos, diarreas, malestar y debilidad general. Los síntomas comienzan a manifestarse de 1 a 6 horas después de consumido el alimento. (ICMSF, 2000).

La principal fuente de contaminación de los alimentos por *Staphylococcus aureus* se debe a la manipulación de estos por parte de personas contaminadas, ya que los humanos son el principal reservorio de este microorganismos.

2.5. VISCOSIDAD DEL YOGURT ENTERO BATIDO

El yogurt batido tiene que ser homogéneo y bastante viscoso. Además, un buen producto da la impresión de una textura <<larga>> o <<filante>>: cuando se vierte lentamente, se forma una fina película que tiene un comportamiento elástico cuando se rompe. La viscosidad es muy dependiente de la intensidad de las fuerzas de cizalla, como se ilustra en la figura (2), en donde también se observa que el producto presenta una histéresis considerable. Después de aplicar una fuerza de cizalla elevada, la viscosidad aparente a fuerzas más bajas, desciende permanentemente y el comportamiento se aproxima al newtoniano, produciéndose finalmente la ruptura estructural (además, la viscosidad aumenta, un poco durante la conservación prolongada). Esto concuerda con el comportamiento de un líquido que contiene fragmentos de gel. La viscosidad aumenta con la viscosidad del líquido en la fase continua (solvente o suero) y con el volumen del líquido, de los fragmentos del gel. Este volumen es mayor que el de las moléculas de caseína, porque los fragmentos contienen mucho solvente intersticial. Una agitación más intensa (una fuerza de cizalla mayor) produce una nueva ruptura de los fragmentos del gel y además les confiere una forma cada vez más redondeada y en consecuencia el volumen disminuye.

Figura 2. Ejemplo de la viscosidad aparente (η^a) en Pa s del yogurt batido en función de la velocidad de corte, la fuerza de cizalla (G en s⁻¹), antes y después de un cizallamiento a 200 s⁻¹.



Fuente: EARLY, (2000).

La viscosidad aparente para una fuerza de cizalla determinada en el yogurt batido, depende de:

- Firmeza del gel antes del batido. Cuanto mayor es, más elevado será el volumen batido.
- Intensidad del batido. Cuanto más vigorosa es la agitación, menor es la viscosidad aparente, pero también más suave y homogéneo es el producto. Por lo tanto, es necesario un gel de gran consistencia para poder batir con cierta intensidad sin que el producto resulte demasiado fluido.
- Sinéresis. Cuanto mayor es la sinéresis que se produce después del batido, menos viscoso y más grumoso es el yogurt. Tendencia a la sinéresis es menor con un gel más firme, especialmente para una temperatura de incubación más baja.
- Cepas bacterianas utilizadas. Suelen asumirse que cuanto mayor es la producción de exopolisacáridos, mayor es la viscosidad del solvente y por tanto, del yogurt, sin embargo, el aumento de la viscosidad del solvente es muy pequeño y el incremento de la viscosidad del producto no está correlacionado con la síntesis de polisacáridos. En cualquier caso, existen importantes variaciones entre las distintas cepas, que parecen deberse principalmente a las diferencias en la homogeneidad del gel formado. Un gel poco homogéneo, genera coágulos muy grandes en el batido y, cuanto más homogéneo es, más viscoso y uniforme resulta el yogurt batido.

2.6. MORINGA OLEÍFERA

La Moringa oleífera, es la más conocida de las 14 especies de la familia Moringaceae, conocida comúnmente como moringa “Árbol milagroso” es un árbol pequeño y de crecimiento acelerado originario de los Himalayas, pero ha sido introducido en diferentes lugares como: Bangladesh, Afganistán, Pakistán, Sri Lanka, el Sureste asiático, Asia occidental, la Península Arábiga, África del Oeste, Madagascar, el sur de la Florida, las islas del Caribe, América del Sur, desde México a Perú, Paraguay y Brasil; crece con rapidez en lugares favorables incrementando de 1 a 2 m por año en altura durante los primeros 3 a 4 años (Parrotta 1993). Usualmente alcanza de 10-12 metros de altura (Liñan 2010).

A principios del siglo I, se conocen referencias a la Moringa Oleífera, aunque su presencia en la India, se remonta a épocas remotas, alrededor del 2.000 a.C. Los hindúes ilustrados ya conocían las propiedades del aceite de moringa y la utilizaban con fines medicinales, y probablemente supieran de su valor como especie forrajera (Bhishagratna, 1963; Foild *et al.*, 2001; Jahn, 1989). También los primeros romanos, griegos y egipcios, conocían la moringa, tanto Moringa peregrina Forssk. ex Fiori, originaria de esta región de África, como Moringa oleífera de la que extrajeron el aceite de las semillas para proteger la piel, en perfumes y en ungüentos para la momificación (Fahey, J.W., 2005; Navie, S. & Csurhes, S. 2010). En Egipto, era muy frecuente su presencia en jardines. Se la consideraba como una “emanación del ojo Horus” y aparece identificada con el dios Ptah.

En el libro del Éxodo hace referencia a una planta purificadora del agua “Y Moisés clamó a Jehová, y Jehová le mostró un árbol; y lo echó en las aguas, y las aguas se endulzaron.” (Éxodo 15:22-27), varios autores señalan que podría ser la Moringa Oleífera, aunque como se citó con anterioridad, podría tratarse de Moringa peregrina (Pérez, 2012). La Moringa Oleífera fue introducida en Egipto antes del 350 a.C. En África fue introducida hace más de mil años, y está distribuida por todos los países costeros del continente. También se localiza en Australia y Península Arábiga (Foild *et al.*, 1999; Navie & Csurhes, 2010).

La moringa fue introducida en América por el intercambio de plantas realizado por los Españoles con la Nao de Filipinas, habiéndose encontrado referencias a esta especie en envíos de 1782, 1793, 1797 y 1872 (Pacheco, 2006). También se cita en el Elenco de plantas del Real Huerto Botánico de Madrid de 1746 (Anónimo, 1746).

2.6.1. Generalidades de la moringa oleífera

2.6.1.1. Descripción de la especie

Alcanza de 7-12 m de altura y de 20-40 cm de diámetro, con una copa abierta tipo paraguas y fuste recto. Las hojas son compuestas y están dispuestas en grupos de folíolos con 5 pares de

éstos acomodados sobre el pecíolo principal y un folíolo en la parte terminal. Las hojas son alternas tripinadas con una longitud de 30 -70 cm.

Se trata de un árbol perenne pero poco longevo, que a lo sumo puede vivir 20 años, aunque se han obtenido variedades en la India que son anuales y permiten el cultivo mecanizado. Es una especie de muy rápido crecimiento. Aporta una elevada cantidad de nutrientes al suelo, además de protegerlo de factores externos como la erosión, la desecación y las altas temperaturas.

Las flores son bisexuales con pétalos blancos y estambres amarillos (Figura 3). En el norte de India y por ende, en otras regiones atemperadas florece una sola vez al año (entre abril y junio). Pero puede florecer dos veces al año, como en el sur de India o durante todo el año en lugares donde no hay cambios de temperatura y precipitación a lo largo del año, como sucede en los países caribeños. Las flores son polinizadas por abejas, otros insectos y algunas aves.

Figura 3. Morfología de la moringa oleífera.



2.6.1.2. Clasificación taxonómica

Su clasificación taxonómica muestra que pertenece a la familia de las Moringáceas, orden de los Capparidales clase magnoleopsida. (Tabla 4). Según el Integrated Taxonomic Information System (ITIS, 2015), la clasificación taxonómica de la moringa oleífera es la siguiente:

Tabla 4. Clasificación taxonómica de la moringa oleífera

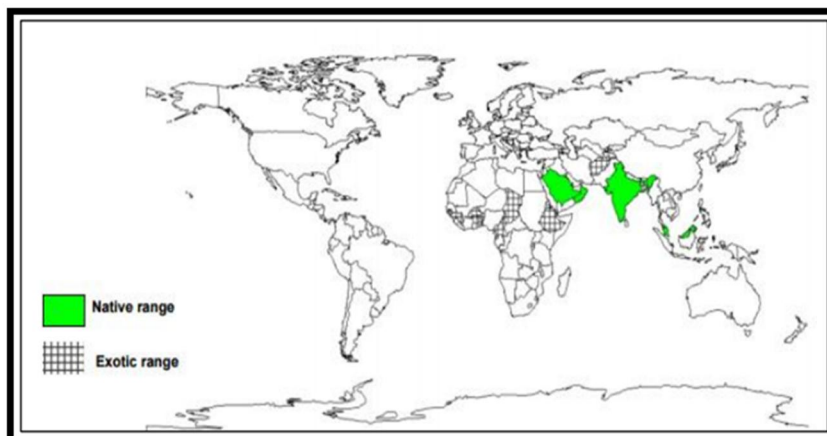
Denominación	Característica
Reino	<i>Plantae</i>
Subreino	<i>Viridiplantae</i>
Infrareino	<i>Streptophyta</i>
Superdivision	<i>Embriophyta</i>

División	<i>Tracheophyta</i>
Subdivisión	<i>Spermatophytina</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Superorden	<i>Rosanae</i>
Orden	<i>Brassicales</i>
Familia	<i>Moringaceae</i>
Genero	<i>Moringa</i>
Especie	<i>Moringa oleifera</i> Lam.

Fuente: ITIS, (2015)

Adicionalmente Orwa *et al.*, (2009) refieren más de 40 países en los que se puede encontrar en calidad de nativa o exótica (figura 4)

Figura 4. Distribución de la moringa en el mundo

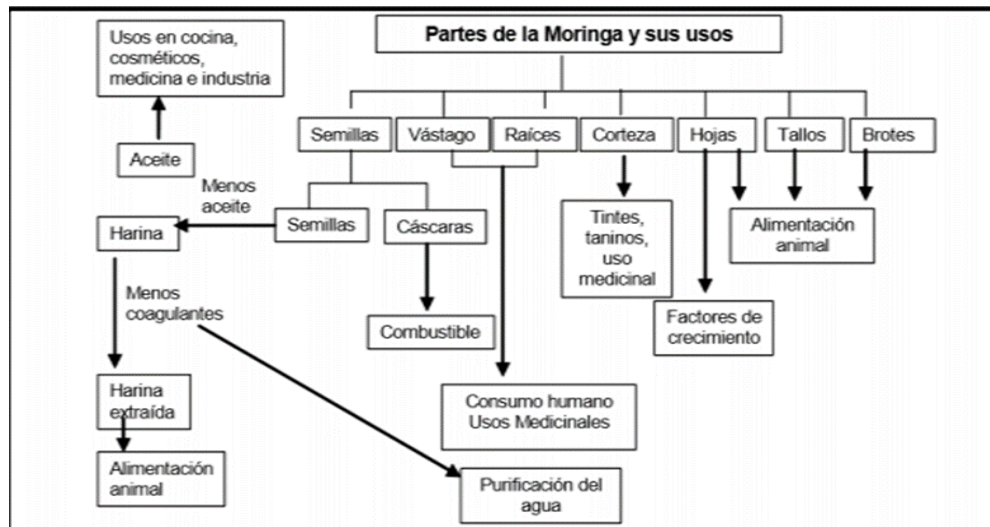


Fuente:

2.6.1.3. Usos y aprovechamientos de la moringa oleífera

La planta entera presenta un elevado valor nutricional tanto para humanos como para animales; otros usos son como fertilizante, combustible biológico (biogás, biodiesel), floculante, para la purificación del agua y reducir su turbidez y la contaminación bacteriana. (Bonal R, 2012) Adicionalmente, posee interesantes propiedades terapéuticas tales como: estimulante cardíaco y circulatorio, antiinflamatorio, antipirético, antihipertensivo, antiespasmódico, antibacteriano, anti-fúngico, entre otros usos. (Anwar F, 2007).

Figura 5. Partes de la moringa



Fuente: Foindl, N., Makkar K2001.

2.6.1.4. La moringa oleífera como alimento humano

Debido a su alto contenido nutricional, la moringa se está revelando como un recurso de primer orden y bajo coste de producción, para la prevención de la desnutrición y otras patologías derivadas, como la ceguera infantil. Además, tiene un futuro prometedor en la industria dietética, y como alimento proteico para grandes deportistas (Alfaro, 2008). Un grupo de Médicos Sin Fronteras, en una de las hambrunas del Cuerno de África en la década de los setenta, redescubrieron la planta, iniciándose los estudios sobre ella. Hoy en día, sigue investigándose sobre todo en sus propiedades nutritivas, medicinales y como especie forrajera (Pérez, 2012).

Al respecto, Sharma *et al*, (1982) menciona que los frutos o vainas verdes inmaduras se consumen cocidos. Las vainas tiernas son comestibles y se usan en sopa, o se preparan a manera de esparrago. Las raíces tienen sabor picante como el rábano rustico y se usan como condimento en lugar de este, las semillas maduras se tuestan y consumen como nueces, siendo su sabor dulce, ligeramente amargo y agradable; las almendras son oleaginosas, las hojas se comen como verdura o ensalada. Además, las flores cocinadas con huevo resultan un platillo exquisito, el uso del aceite con calidad similar al aceite de oliva, es empleado para el aliño de ensaladas (AGRODESIERTO, 2015). En Guatemala las semillas se comen como nueces asadas (Cáceres, 1991).

En Guatemala, se empleó esta planta para producir alimentos nutricionalmente mejorados a partir de preparados tradicionales consumidas en ese país, lo que constituye una alternativa para mejorar el valor nutritivo y la alimentación de grupos de población rural altamente vulnerables, como son las mujeres y niños de cinco años. Mediante el proyecto del concejo nacional de ciencia y tecnología (FODECYT), se elaboraron recetas utilizando Moringa deshidratada y fresca, que

consistieron en tortillas, frijoles, sopa de arroz y sopa deshidratada instantánea. (Alfaro y Martínez, 2007).

Acorde a lo anterior, en la última década la FAO promovió un programa para el uso de Moringa dirigido a la población infantil con altos índices de desnutrición y a las madres gestantes y lactantes (Fuglie, 2001).

2.6.1.5. La moringa oleífera como alimento funcional

El acelerado estilo de vida, propio de finales del siglo XX e inicios del siglo XXI, han generado importantes cambios en materia alimentaria a nivel mundial. Los nuevos y algunas veces poco saludables hábitos alimenticios de la población junto con el sedentarismo y el estrés inducen al incremento de enfermedades como la diabetes, la obesidad, hipertensión arterial y cáncer entre otras, que se convierten en un problema de salud pública en muchos países (Guesry, 2005).

Por otra parte, en el tercer mundo las desigualdades económicas hacen que un importante porcentaje de la población no tenga acceso a los alimentos en calidad y /o cantidad suficiente, lo que ocasiona desnutrición y retraso en el desarrollo físico. En busca de una respuesta a dichos problemas de salud y gracias a los importantes avances científicos y al desarrollo tecnológico, actualmente se pretende fomentar el consumo de alimentos que además de una nutrición básica aporten beneficios adicionales para la salud y el bienestar de la población, teniendo en cuenta sus características genéticas, ambientales, sociales y culturales (Roberfroid, 1999).

Un alimento o componente alimenticio funcional puede ser un macronutriente con un efecto fisiológico específico o un micronutriente esencial, pero también puede ser un componente alimenticio que aunque no tenga un alto valor nutritivo o no sea esencial, su consumo logre la modulación de alguna función en el organismo que reduzca el riesgo de enfermedad, como es el caso de la fibra y algunos microorganismos viables (Roberfroid, 2000).

The international Life Science Institute (ILSI) establece que se puede considerar que un alimento es funcional si se logra demostrar satisfactoriamente que posee un efecto beneficioso sobre una o varias funciones específicas en el organismo, que mejora el estado de salud y de bienestar, o bien que reduce el riesgo de una enfermedad (Chosbiscols *et al.*, 2003).

2.6.1.6. Composición química de la moringa oleífera

El árbol moringa se ha utilizado para combatir la desnutrición, especialmente entre niños y las madres lactantes. Tres organizaciones no gubernamentales, en particular –Trees for Life, Church World Service and Educational Concerns for Hunger Organization – han abogado sobre la moringa como “la nutrición natural para los trópicos (Fahey, 2005).

Foidl *et al.*, (1999) informaron que las hojas de moringa oleífera contienen un 10% de azúcares y la energía metabolizable es de 9.5 MJ/Kg MS.

La moringa contiene todos los aminoácidos esenciales, lo que es muy raro que ocurra en una sola especie. La importancia de los aminoácidos esenciales es que, al no poder ser sintetizados en el

organismo, es necesario ingerir alimentos ricos en proteínas que los contengan, para que el organismo obtenga los aminoácidos esenciales y pueda formar nuevas proteínas

Tabla.5. Contenido en aminoácidos del polvo de moringa oleífera en mg/Kg.

Aminoácidos	Materia seca del extracto de hojas	Materia seca de hojas no extraídas
Lisina	24,89	13,63
Leucina	37,65	20,67
Isoleucina	19,72	9,8
Metionina	7,13	4,24
Cistina	3,54	3,39
Fenilalanina	24,27	14,71
Tirosina	16,74	7,71
Valina	23,49	12,43
Histidina	11,09	6,8
Treonina	19,14	11,81
Serina	18,25	10,34
Ácido glutámico	47,03	25,65
Ácido aspártico	39,71	22,16
Prolina	21,13	13,63
Glicina	21,66	13,76
Alanina	24,95	18,37
Arginina	25,9	14,47
Triptófano	15,28	4,79

Fuente: Pérez, 2012.

Tabla 6. Composición en vitaminas de la moringa oleífera

Componentes	Hojas frescas	Hojas secas
Caroteno (Vit. A)	6.78 mg	18.9 mg
Tiamina(B1)	0.06 mg	2.64 mg
Riboflavina (B2)	0.05 mg	20.5 mg
Niacina (B3)	0.8 mg	8.2 mg
Vitamina C	220 mg	17.3 mg
Calcio	440 mg	2,003 mg
Calorías	92 cal	205 cal
Carbohidratos	12.5 g	38.2 g
Cobre	0.07 mg	0.57 mg
Grasa	1.70 g	2.3 g
Fibra	0.90 g	19.2 g
Hierro	0.85 mg	28.2 mg

Magnesio	42 mg	368 mg
Fósforo	70 mg	204 mg
Potasio	259 mg	1,324 mg
Proteína	6.70 g	27.1g
Zinc	0.16 mg	3.29 mg

Fuente:(Mathur, 2000). Contenido de vitaminas y minerales de las hojas de M. oleífera (Todos los valores son por 100 gramos de porción comestible)

Las hojas frescas de moringa tienen grandes cualidades nutritivas: más vitamina A que las zanahorias, más vitamina C que las naranjas, más calcio que la leche, más potasio que el plátano, más hierro que la espinaca y más proteína que ningún otro vegetal. Las hojas frescas son utilizadas para preparar ensaladas verdes, pastas para bocaditos, salsas, sopas, cremas, guisos, arroz salteado, frituras o pueden ser mezcladas con jugos o cocteles de frutas, entre otras variantes.

Tabla 7. Contenido de vitaminas y minerales de las hojas de moringa. oleífera (Todos los valores son por 100 gramos de porción comestible)

Humedad (%)	86.9	75.0	7.5
Calorías	26.0	92.0	205.0
Proteínas (g)	2.5	16.7	27.1
Grasa (g)	0.1	1.7	2.3
Carbohidratos (g)	3.7	13.4	38.2
Fibra (g)	4.8	0.9	19.2
Minerales (g)	2.0	2.3	-
Calcio (mg)	30.0	440.0	2,003.0
Magnesio (mg)	24.0	24.0	368.0
Fósforo (mg)	110.0	70.0	204.0
Potasio (mg)	259.0	259.0	1,324.0
Cobre (mg)	3.1	1.1	0.6
Hierro (mg)	5.3	0.7	28.2
Acido Oxálico (mg)	10.0	101.0	1.6%
Sulfuro (mg)	137.0	137.0	870.0

Fuente:(Mathur, 2000).

Vitamina A - B caroteno (mg)	0.1	6.8	16.3
Vitamina B - cholina (mg)	423.0	423.0	-
Vitamina B1- tiamina (mg)	0.05	0.21	2.6
Vitamina B2 - riboflavino (mg)	0.07	0.05	20.5
Vitamina B3 - ácido nicotínico (mg)	0.2	0.8	8.2
Vitamina C - ácido ascórbico (mg)	120.0	220.0	17.3
Vitamina E - (mg)	-	-	113.0

Fuente: Mathur, (2000)

Tabla 8. Hojas de moringa en comparación con las hojas comunes:

ZANAHORIA	HOJAS FRESCAS	HOJAS SECAS
1.8 mg	6.8 mg	16.3 mg
NARANJA	HOJAS FRESCAS	HOJAS SECAS
30 mg	220 mg	17.3 mg
LECHE	HOJAS FRESCAS	HOJAS SECAS
120 mg	440 mg	2003 mg
ESPINACA	HOJAS FRESCAS	HOJAS SECAS
1.14 mg	0.7 mg	28.2 mg
BANANA	HOJAS FRESCAS	HOJAS SECAS
88 mg	259 mg	1324 mg
YOGURT	HOJAS FRESCAS	HOJAS SECAS
3.1 mg	6.7 mg	27.1 mg

Fuente: Mathur, (2000)

Muchas de las mencionadas vitaminas, minerales y aminoácidos son muy importantes para una dieta saludable. Una persona necesita suficientes niveles de ciertas vitaminas, minerales, proteínas y otros nutrientes para su bienestar y desarrollo físico. La necesidad real de diferentes vitaminas, etc., pueden variar dependiendo del metabolismo de un individuo, la edad, sexo, ocupación y donde él / ella reside. Las Recomendaciones para las Dietas Diarias (RDD) también varían según el profesional que está haciendo el estudio.

Tabla 9. Recomendaciones para las dietas diarias

Vitamina A – Beta caroteno	1.5 mg	5.7 mg
Vitamina B1 - Tiamina	0.5 mg	1.6 mg
Vitamina B2 - Riboflavina	0.8 mg	1.8 mg
Vitamina B3 - Niacina	9 mg	20 mg
Vitamina C - ácido ascórbico	20 mg	95 mg
Proteína (en gramos)	16 mg	65 mg

Calcio	400 mg	1200 mg
Cobre	0.8 mg	2 mg
Hierro	10 mg	15 mg
Potasio	800 mg	3000 mg
Magnesio	150 mg	340 mg
Fósforo	800 mg	1200 mg

Fuente: Mathur, (2000)

Tabla 10. Composición de las vainas, hojas frescas y polvo de hojas secas de moringa, representadas en términos de recomendación, la ingesta diaria para niños de 1-3 años de edad.

Proteínas	15.60 %	41.9 %	170 %
Calcio	7.5 %	110 %	500 %
Magnesio	16 %	16 %	257.5 %
Fósforo	13.8 %	8.7 %	25.5 %
Potasio	32.4 %	32.4 %	165.5 %
Cobre	388 %	138 %	75 %
Hierro	53 %	70 %	282 %
Sulfuro	137 %	137 %	870 %

Fuente: Mathur, (2000)

Tabla 11. Composición de las vainas, hojas frescas y polvo de hojas secas de moringa, representadas en términos de recomendación, la ingesta diaria para mujeres en lactancia.

Proteínas	3.8 %	10.3 %	41.25 %
Calcio	2.5 %	36.7 %	167.5 %
Magnesio	7.1 %	7.1 %	108.75 %
Fósforo	9.2 %	5.8 %	17.5 %
Potasio	8.6 %	8.6 %	43.75 %
Cobre	155 %	55 %	28.75 %
Hierro	35.3 %	46.70 %	188 %
Sulfuro	137 %	137 %	870

Fuente: Mathur, (2000)

2.6.1.7. Importancia económica de la moringa oleífera

El volumen actual de moringa vendido a nivel internacional no es suficiente para calificarlo como una mercancía en el mercado mundial, y por lo tanto las estadísticas del comercio de los productos de moringa solo están disponibles en forma agregada. El mercado mundial de productos de moringa se considera sustancial, se tienen estimaciones actuales de más de US \$ 4 mil millones al año (CJP, 2013).

Mientras que todas las partes de la moringa se utilizan para amplia variedad de propósitos, dos productos, en particular, destacan en términos de su potencial comercial: polvo de hoja y el aceite de moringa como ingrediente para productos cosméticos. Esta demanda se debe principalmente a los consumidores en las economías desarrolladas y emergentes (en particular los EE.UU., Canadá y la Unión Europea), que buscan cada vez más suplementos dietéticos y cosméticos derivados de fuentes naturales. En los últimos años, ha crecido la variedad de productos de moringa y se han extendido en muchos mercados, estando disponibles en la mayoría de los sitios web de la comida sana y en muchas tiendas de salud en todo el mundo (Green Earth Appeal, 2015).

En el mercado global, el polvo de hojas de moringa se utiliza como un suplemento dietético, cayendo en la misma categoría de mercado como “super alimentos verdes (hierbas y botánicos)” que la espirulina, la hierba de cebada y pasto de trigo. El mercado mundial de suplementos nutricionales (también conocidos como el mercado nutraceutico) ha experimentado un rápido crecimiento en los últimos años, y esta es una tendencia que se espera continúe. Curiosamente, el enorme crecimiento del mercado nutraceutico es impulsado fuertemente por el aumento del consumo de suplementos alimenticios (que en 2013 tomo una participación de mercado del 37%), y en particular un fuerte aumento de las ventas de suplementos de hierbas y botánicos (RNCOS, 2013). En general, se espera que el mercado internacional de suplementos y remedios a base de hierbas llegue a US \$ 93 mil millones para este 2015 (Global Industry Analystt Inc, 2013).

El actual mercado mundial de polvo de hojas de moringa es dominado por la India, que reúne más del 80% de la demanda global, lo que se debe en gran parte a la larga tradición de incluir moringa en el consumo de alimentos del país (Green Earth Appeal, 2015).

Los aceites de origen vegetal exóticos como el de moringa tienen propiedades activas y funcionales, lo que los hace particularmente valiosos para su uso en productos cosméticos. Siguiendo las tendencias de salud y bienestar los consumidores occidentales prefieren cada vez más los cosméticos con ingredientes derivados de plantas en lugar de aceite mineral. Esta tendencia a consumir cosméticos “verdaderamente naturales” está en consonancia con otros patrones en la sociedad occidental, donde los consumidores adoptan cada vez más los valores verdes y buscan compañías que acepten la responsabilidad social y ambiental.

2.6.1.8. Situación actual del cultivo de moringa oleífera en Colombia.

En Colombia el uso de la Moringa se desarrolla en el renglón del Agro, la cual se está realizando a través de los cultivos extensos en la región Andina y Orinoquía con pocos resultados en la Región Atlántica.

En Cartagena Bolívar, la (Unidades Municipales de Asistencia Técnica agropecuaria) UMATA, le ha dado otro enfoque al uso de la moringa y es lo que tiene que ver con la realización de talleres educativos los cuales enseñan a la población más necesitada y de los sectores barriales marginados para que aprovechen las bondades nutricionales de cada una de las partes de este árbol.

Desde el 2009 la UMATA viene desarrollando dentro del marco general del proyecto Patios Productivos, campañas de cultivos de estos árboles en diferentes regiones de Colombia y zonas urbanas marginadas para que los pequeños agricultores aprovechen las bondades nutricionales y oportunidades agrícolas económicas con la explotación para la extracción de aceite de cocina y biodiesel, hasta la fecha la UMATA ha entregado más de 200.000 ejemplares.

La Moringa se está revelando como un recurso de primer orden con bajo costo de producción para prevenir la desnutrición y múltiples patologías como la ceguera infantil asociadas a carencias de vitaminas y elementos esenciales es en la dieta. Esta planta tiene un futuro prometedor en la industria dietética y como alimento proteico para deportistas.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Elaborar una bebida fermentada tipo yogurt suplementada con moringa oleífera, como complemento de nutrición humana.

3.2. Objetivos específicos

- ❖ Determinar las características fisicoquímicas del yogurt base a suplementar y a la moringa
- ❖ Establecer la dosis óptima de moringa a suplementar el yogurt base.
- ❖ Determinar la estabilidad fisicoquímica y microbiológica del yogurt suplementado.

4. MATERIALES Y METODOS

4.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación es de carácter experimental, con el fin de ofrecer alternativas de desarrollo de productos que permitan brindar soluciones a problemas de la vida cotidiana en la sociedad.

4.2. LOCALIZACIÓN

El estudio se realizó en la planta de alimentos de lácteos ubicada en la Universidad de Pamplona en Pamplona, Norte de Santander, Colombia.

4.3. MATERIAS PRIMAS

4.3.1. Moringa en polvo

La moringa pulverizada seca empleada para suplementar el yogurt base fue obtenida de la empresa LAS ACACIAS MORINGA S.A.S procedente del municipio de Curumani Cesar. A la moringa no se realizó ningún tratamiento térmico antes de incorporarla al yogurt base, puesto que la aplicación de calor reduciría la calidad nutricional de esta. La moringa se utilizó en el yogurt base mezclada con un jarabe de 63°Brix.

4.3.2. Leche en polvo entera

La leche en polvo entera de marca comercial que se empleó para la elaboración del producto tenía un contenido de sólidos no grasos del 70%, un contenido de materia grasa del 27% y un contenido de agua del 3%.

4.4. DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DEL YOGURT BASE Y LA MORINGA

Al yogurt base, al yogurt suplementado, al de marca comercial y a la moringa se le realizaron análisis de los parámetros más importantes de carácter fisicoquímico. Como son el color, la densidad, la viscosidad. Los sólidos no grasos, pH, acidez, contenido de agua, cenizas, proteína, y seis minerales como potasio (K), Fosforo (P), Hierro (Fe), Zinc (Zn), Calcio (Ca), Magnesio (Mg).

4.4.1. Elaboración del yogurt base

En la elaboración del yogurt batido base se partió de leche entera en polvo rehidratada con el fin de inhibir alteraciones que pueden ocurrir con la leche líquida como son presencia de adulterantes, carga microbiana conduciendo a defectos de elaboración del producto.

Se llevó la leche rehidratada por medio de balances de materia a un contenido de sólidos no grasos del 11%. Luego se pasteurizó la leche a una temperatura de 95 °C por 3 minutos. Posteriormente se bajó la temperatura de a 41°C con el fin de adicionar el cultivo láctico en un porcentaje del 10%. Luego se incubó a esa temperatura durante 4 horas, hasta obtener finalmente el yogurt base con una acidez de 79,3°Th.

4.4.2 Análisis fisicoquímicos del yogurt base, los yogures con las dosis suplementadas y al yogurt comercial

A los yogures suplementados con dosis de moringa media y máxima se les hizo los análisis fisicoquímicos de mayor interés. Así mismo al yogurt comercial de la marca Alpina se le hicieron los mismos análisis para tener un conocimiento de las variables fisicoquímicas estándares que maneja la industria. A este yogurt de Alpina se le exceptuó el color, y la viscosidad. Todos los ensayos se hicieron por duplicado.

4.4.3. Análisis físico

A continuación se describen las pruebas realizadas al yogurt y los respectivos métodos empleados para la ejecución de estas. Todos los análisis se hicieron por duplicado.

4.4.3.1. Densidad

La densidad se determinó a 15°C por el método gravimétrico, empleando un picnómetro con un volumen de 25 mL. Este método consistió en pesar, inicialmente, el picnómetro perfectamente seco. Posteriormente, se llenó el picnómetro con agua destilada hasta el aforo, y se pesó en una balanza analítica. A continuación, el picnómetro fue llenado hasta el aforo y pesado con la muestra de yogurt.

Por último, se calculó la densidad aplicando la siguiente ecuación (PELAEZ, 1998)

$$D_{yogurt} = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} D_{H_2O}$$

Donde,

M1: masa del picnómetro vacío

M2: masa del picnómetro lleno con agua destilada

M3: masa del picnómetro con yogurt entero tipo batido

DH₂O: densidad del agua a la temperatura de 15°C (999,1K/m³).

4.4.3.2. Viscosidad

Para la evaluación de la viscosidad se utilizaron 600 mL de yogurt base en un vaso de precipitado de 1000 mL y un Viscosímetro Brookfield DV- III (Brookfield Engineering laboratory inc, Middleboro, MA).

El accesorio empleado fue el husillo 5 a 50 rpm durante 4 minutos. Se registraron la viscosidad aparente en centipoises, y el porcentaje de efectividad del equipo.

4.4.3.3. Color

Para la determinación del color se empleó un sistema CIELAB. Se utilizó un espectrofotómetro colorímetro de esfera XRITE, con los cuales se realizan dos medidas sucesivas de la luz reflejada. La lectura del color se hizo en una caja de Petri depositando un promedio de 20 gramos de la muestra y distribuyéndola uniformemente en toda la caja de Petri, a una temperatura de 18°C.

4.4.4. Análisis químico

A continuación se describen las pruebas realizadas al yogurt y los respectivos métodos empleados para la ejecución de estas. Todos los análisis se hicieron por duplicado.

4.4.4.1. Sólidos solubles

Se determinaron los grados Brix por lectura refractométrica (Método AOAC 932.12/90).

4.4.4.2. Contenido de agua

El contenido de humedad fue determinado a partir del método descrito por Nollet, (1996). El cual se basa en evaporar de manera continua la humedad de la muestra e ir registrando continuamente la pérdida de peso, hasta que la muestra se sitúe a peso constante. Para determinar el contenido de agua del yogurt se partió de 3 gramos puestos en un papel aluminio en el plato de la balanza. El tiempo empleado para determinar la humedad del yogurt fue de 80 minutos a una temperatura de 110°C.

Para determinación de humedad, por el método de la balanza de humedad, se realizó una curva de humedad, en donde se puede ver que se consigue la estabilidad de la humedad sobre los 60 minutos ya que la humedad empieza a ser constante. Con el fin de tener un porcentaje de humedad con el mínimo error se procedió para las siguientes determinaciones adicionar un tiempo adicional de 20 minutos, para un tiempo total de 80 minutos a una temperatura de 110°C, tal como se muestra en la figura 7.

4.4.4.3. pH

El pH fue determinado por potenciometría utilizando un pH-metro METER, Toledo (método AOAC 981.12/90).

4.4.4.4. Acidez titulable

La determinación de la acidez se llevó a cabo, en el yogurt base por titulación volumétrica con hidróxido de sodio al 0,1N, tomando una muestra de 10 mL de yogurt y depositándolos en un vaso de precipitado de 50 mL. Para luego aplicar una solución de fenolftaleína al 1% y observar el cambio de color del indicador a rosa pálido. (López Malo, 2000).

Se procedió a realizar el seguimiento de la acidez, al producto durante la incubación del mismo para su elaboración determinándose en grados °Thorner (figura 8), mostrando que en un término de 4,5 horas se llegó a la acidez deseada (80 y 90 °Th) y que por norma se exige, para luego ser inactivado el proceso de fermentación por acción de la refrigeración. Estos resultados concuerdan con la ficha técnica del cultivo láctico utilizado para la elaboración del yogurt en donde se indica que entre 4 y 5 horas con la dosis recomendada se logra obtener la acidez característica del yogurt.

4.4.4.5. Cenizas

El contenido de minerales se determinó empleando el método descrito en el capítulo 4 de la AOAC(1994). Para el cual, se empleó un crisol con peso conocido, una mufla marca(nabertherm l3/12), un desecador empleado como medio de absorción, la silica gel de una campana de extracción y una balanza analítica.

El método se fundamenta en la gravimetría en donde inicialmente se realiza el pesado y tarado del crisol a una temperatura de 110°C. una vez conocido su peso se tomaron 5 gramos de muestra (yogurt base) y se llevó a la mufla calentando a una temperatura de 500°C hasta lograr la incineración completa de la muestra. Posteriormente la muestra fue retirada de la mufla y puesta dentro del desecador durante cinco minutos, al cabo del cual se procedió nuevamente a su pesado.

4.4.4.6. Proteína

La determinación de proteína en el yogurt base se realizó por el método propuesto en la Norma A.O.A.C. Official Methods of Analysis 13 th Edition, 1984. Se pesaron 5 gramos de yogurt y se introdujeron en un tubo del digestor Kjeldahl marca Buchi. Luego se adicionaron 10 gramos de sulfato de potasio, 0,5 gramos de sulfato de cobre. Y por último se adicionaron 20 mL de ácido

sulfúrico concentrado dejándose calentar hasta que se formara un color verde fucsia y se dejó enfriar. Para posteriormente efectuar una destilación en el destilador del equipo donde se adicionaron dos reactivos que fueron hidróxido de sodio al 30% y ácido bórico al 2%.y por último se le adiciono el indicador bromocresol al destilado para proceder a efectuar una titulación volumétrica con ácido clorhídrico al 0,1N Finalmente se tomó lectura del volumen gastado de ácido clorhídrico hasta que hubo viraje a color rosa pálido. En este análisis se realizó un ensayo al blanco para corroborar los resultados. (Ver formula)

$$P = \frac{1,40N(V_1 - V_0)}{P} * 6,38$$

Donde,

N: normalidad del ácido clorhídrico

V₁: volumen en mililitros de ácido clorhídrico utilizado en la determinación.

V₀: volumen en mililitros de ácido clorhídrico utilizado en el ensayo en blanco

P: peso en gramo de la muestra.

4.4.4.7. Determinación de minerales

La técnica empleada para determinar los minerales en el yogurt base fue la espectrofotometría de absorción atómica según lo propuesto por I.B.Brooks, G.A.Luster and D.B.Easterly, At. Absorpt. Newsl. 9,93 (1970).

Se utilizó una alícuota de 5 mL de yogurt para luego ser adicionada un balón aforado de 100 mL. Se añadieron 50 mL de ácido tricloroacético (TCA) al 24% (p/v) hasta aforar con agua destilada. Se agitaron las muestras a intervalos de 5 minutos durante 30 minutos, para posteriormente filtrar. Luego se transfirió una alícuota de 5 mL del filtrado a un balón aforado de 50 mL, finalmente se le añadió 1 mL de solución de lantano al 5% (p/v) hasta aforar con agua destilada al volumen de 50 mL. Por último se llevó a cabo la lectura en el equipo introduciendo el capilar a 10 mL de la solución depositados en vaso de precipitado hasta obtener resultados con una curva de calibración.

4.4.4.8. Cuantificación de hierro (Fe)

Para determinar hierro se realizó el mismo procedimiento descrito por I.B.Brooks, G.A.Luster and D.B.Easterly, At. Absorpt. Newsl. 9,93 (1970). Se utilizó una longitud de onda de 248.3 nm detectándose así en la lámpara número 12 del equipo.

4.4.4.9. Cuantificación de potasio (K)

Para determinar potasio se realizó el mismo procedimiento descrito por I.B.Brooks, G.A.Luster and D.B.Easterly, At. Absorpt. Newsl. 9,93 (1970). Se utilizó una longitud de onda de 404.4 nm detectándose así en la lámpara número 10 del equipo.

4.4.4.10. Cuantificación de zinc (Zn)

Para determinar zinc o se realizó el mismo procedimiento descrito por I.B.Brooks, G.A.Luster and D.B.Easterly, At. Absorpt. Newsl. 9,93 (1970). Se utilizó una longitud de onda de 213.9 nm detectándose así en la lámpara número 8 del equipo.

4.4.4.11. Cuantificación de magnesio (Mg)

Para determinar magnesio se realizó el mismo procedimiento descrito por I.B.Brooks, G.A.Luster and D.B.Easterly, At. Absorpt. Newsl. 9,93 (1970). Se utilizó una longitud de onda de 285.2 nm detectándose así en la lámpara número 8 del equipo.

4.4.4.12. Cuantificación de calcio (Ca)

Para determinar calcio se realizó el mismo procedimiento descrito por I.B.Brooks, G.A.Luster and D.B.Easterly, At. Absorpt. Newsl. 9,93 (1970). Se utilizó una longitud de onda de 422.7nm detectándose así en la lámpara número 10 del equipo.

4.4.4.13. Cuantificación de fósforo (P)

La determinación de fósforo se realizó bajo el método del Metamolibdato de Amonio o Denigé. En donde fue necesario obtener las cenizas de la muestra de yogurt. Para seguidamente agregar 2 mL de ácido clorhídrico concentrado, con 2 mL de ácido nítrico concentrado y luego llevar a calentamiento por 5 minutos. posteriormente se procedió a llevar la solución con las cenizas a un balón aforado de 25 mL al cual se le adicionó agua destilada, 1 mL de solución de lantano al 1% y 2 mL de solución de Metamolibdato de amonio. Finalmente se realizó lectura en el equipo de luz ultravioleta en una longitud de onda de 400 nm.

4.5. DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA Y FÍSICA DE LA MORINGA

A la moringa se le determino un análisis físico que fue el color y los análisis químicos

4.5.1. Análisis físico

A continuación se describen las pruebas realizadas a la moringa y los respectivos métodos empleados para la ejecución de estas. Todos los análisis se hicieron por duplicado.

4.5.1.1. Color

Para la determinación de color en la moringa se aplicó el mismo método descrito en el ítem 4.4.3.3. Cabe destacar que se adicionaron 30 gramos de moringa en polvo en la caja de Petri para luego tomar las lecturas por duplicado, a una temperatura promedio de 18°C.

4.5.2. Análisis químico

A la moringa se le realizaron las pruebas con los respectivos métodos empleados para la ejecución de estas. Todos los análisis se hicieron por duplicado.

4.5.2.1. Proteína

La proteína en la moringa se determinó por el método propuesto en la Norma A.O.A.C. Official Methods of Analysis 13 th Edition, 1984 Se pesaron 0,5 gramos de moringa en polvo y se introdujeron en un tubo del digestor Kjeldahl. Luego se adicionaron 10 gramos de sulfato de potasio, 0,5 gramos de sulfato de cobre. Y por último se adicionaron 20 mL de ácido sulfúrico concentrado luego se dejó calentar hasta que se formara un color verde fucsia y se dejó enfriar. Para posteriormente efectuar una destilación en el destilador del equipo donde se adicionaron dos reactivos que fueron hidróxido de sodio al 30% y ácido bórico al 2%.y por último se le adiciono el indicador bromocresol al destilado para proceder a efectuar una titulación volumétrica con ácido clorhídrico al 0,1N Finalmente se tomó lectura del volumen gastado de ácido clorhídrico hasta que hubo viraje a color rosa pálido. En este análisis se realizó un ensayo al blanco para corroborar los resultados.

Para calcular el porcentaje de nitrógeno en la muestra se empleó la siguiente formula

$$P = \frac{1,40N(V_1 - V_0)}{P} * 6,25$$

Donde,

N: normalidad del ácido clorhídrico

V₁: volumen en mililitros de ácido clorhídrico utilizado en la determinación.

V₀: volumen en mililitros de ácido clorhídrico utilizado en el ensayo en blanco

P: peso en gramo de la muestra.

4.5.2.2. Determinación de minerales

En la determinación de minerales a la moringa el método empleado fue la espectrofotometría de absorción atómica establecido por Perkin Elmer. Analytical methods. Pag. 138-139. En el cual se Pesó 1 g de moringa seca en polvo y se colocó en un crisol de porcelana. Hasta llevar la muestra a cenizas en un horno de mufla a una temperatura de 550°C Luego se disolvieron las cenizas en 5 mL de HCl al 20%, y posteriormente se llevó a calentamiento la solución, para luego proceder a filtrar la solución a través de un papel filtro y depositar el volumen en un balón aforado de 50 mL. Por último se lavó el papel de filtro. Hasta aforar el volumen con agua destilada y los 2 mL de solución de lantano al 5%(p/v). Finalmente se llevó a cabo la lectura en el equipo introduciendo el capilar a 10 mL de la solución depositados en vaso de precipitado.

4.5.2.3. Cuantificación de los minerales

En la cuantificación de los minerales a la moringa se utilizó el mismo procedimiento descrito al yogurt base especificada en el ítem 4.4.4.7. Para la cuantificación de hierro (Fe), potasio (k), zinc (Zn), magnesio (Mg), calcio (Ca) y fosforo (P).

4.6. SUPLEMENTACIÓN DEL YOGURT BASE CON JARABE DE MORINGA

En la elaboración del jarabe a utilizar para endulzar el yogurt se utilizó una relación 1:1. Utilizando 1 kilogramo de azúcar marca comercial con 1 kilogramo de agua potable marca comercial. Posteriormente se concentró la mezcla hasta obtener un jarabe con 63°Brix. El jarabe obtenido se dividió en tres partes iguales para luego ser utilizado en la mezcla con las dosis de moringa.

Para suplementar el yogurt base se emplearon tres dosis de moringa en polvo que fueron mezcladas con jarabe a 63°Brix. La dosis mínima la dosis media y la dosis máxima. Para la elaboración de la dosis mínima se utilizó un porcentaje del 0,5% en peso de moringa pulverizada. Para la dosis media se utilizó un porcentaje del 1% en peso de moringa pulverizada. Y para la dosis máxima se utilizó un porcentaje en peso del 1,5% de moringa pulverizada. Estas dosis fueron establecidas de acuerdo a los resultados sensoriales de una prueba piloto con consumidores, en donde se determinó que el porcentaje máximo de moringa permitido en el producto que no resalta sabor a clorofila y sensación grumosa en el consumidor es de 1,5%. Por esta razón estos valores se escogieron como referencia para el estudio.

Luego se procedió a mezclar cada una de las dosis con sus respectivos jarabes y finalmente adicionar la moringa a su respectiva solución edulcorada.

4.6.1. Análisis físico

Los análisis físicos efectuados a las dos dosis antes descritas y al yogur de la marca Alpina son los mismos descritos en el ítem 4.4.3. de este trabajo.

Cabe resaltar que al yogur de la marca comercial no se le determinó viscosidad y color, debido a que estos parámetros se ven afectados por ciertos tratamientos en la industria tecnológica del yogur en su elaboración en la fábrica.

4.6.2. Análisis químico

Los análisis químicos efectuados a las dos dosis antes descritas y al yogur de la marca comercial son los mismos descritos en el ítem 4.4.4. de este trabajo.

4.7. ACEPTACIÓN SENSORIAL DEL YOGURT BASE SUPLEMENTADO CON DIFERENTES DOSIS DE MORINGA

La aceptación sensorial de los yogures fue realizada con 30 consumidores aplicando la prueba hedónica de medición del grado de satisfacción empleándose una escala verbal de cinco puntos, en el que 1 (me disgusta mucho) es la menor y 5 (me gusta mucho) la mayor calificación del grado de satisfacción. En esta prueba se evaluaron los atributos de color, olor, dulzor, sabor, viscosidad y apariencia general.

La prueba se realizó con consumidores habituales de yogur con edades promedios de 25 ± 7 años. Mientras que en esta prueba participaron el 63% mujeres y el 37% fueron hombres, tal como su muestra en la figura 6.

Figura 6. Distribución de consumidores por género.



Las catas fueron realizadas en el laboratorio de evaluación sensorial de la Universidad de Pamplona, en donde a los consumidores se les presentaron las tres muestras de yogurt (0,5%; 1,0% y 1,5% de moringa) previamente codificadas al azar, para que fueran evaluadas y valoradas de acuerdo a la ficha de cata (Anexo 1).

Todos los resultados fueron analizados a través de un paquete estadístico (software spss versión 22.0) utilizando la técnica del análisis de la varianza, con el fin de analizar y representar los datos estadísticamente.

4.8. DETERMINACIÓN DE LA ESTABILIDAD FISICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL YOGURT SUPLEMENTADO

Al yogurt suplementado con la dosis mínima se le realizó la estabilidad fisicoquímica y microbiológica durante un mes.

4.8.1. Estabilidad Fisicoquímica del yogurt suplementado

Se realizaron ensayos una vez por semana. El yogurt fue envasado en cuatro recipientes plásticos de un litro con el fin de utilizar cada recipiente para el análisis de la semana durante este tiempo de estabilidad y fue almacenado en refrigeración a una temperatura de 4°C. Los análisis fisicoquímicos descritos en el ítem 4.4.3. Análisis físico. y 4.4.4. Análisis químico. Fueron aplicados al yogurt con la dosis mínima para llevar a cabo el estudio de estabilidad del mismo.

4.8.2. Estabilidad microbiológica del yogurt suplementado

La estabilidad microbiológica fue evaluada teniendo en cuenta seis microorganismos de acuerdo con la norma NTC 805. Se evaluaron mohos y levaduras, aerobios mesofilos, coliformes totales y fecales, psicrófilos, *Salmonella* y *Staphylococcus aureus*. Los resultados se reportaron de acuerdo a las exigencias del ministerio de la protección social basado en la NTC 805 para productos lácteos.

4.8.2.1. Análisis de mohos y levaduras

Para el análisis de mohos y levaduras se utilizó la siembra en profundidad en agar ogy. Se procedió a tomar 10 mL de yogurt para luego llevar a un volumen de 90 mL con agua pectonada seguidamente se tomó 1 mL de la dilución 10^{-1} , para llevar a dos diluciones 10^{-2} , y 10^{-3} y proceder a sembrar en las cajas de Petri estas diluciones. Finalmente se incubó a una temperatura de 25°C por 3 días. Para después verificar el conteo. (NTC 4132).

4.8.2.2. Análisis de coliformes totales y fecales

Para el análisis de coliformes totales y fecales se utilizó la siembra en profundidad en agar crhomocult. Se procedió a tomar 10 mL de yogurt para luego llevar a un volumen de 90 mL con agua pectonada luego se tomó 1 mL de la dilución 10^{-1} , para llevar a dos diluciones 10^{-2} , y 10^{-3} y proceder a sembrar en las cajas de Petri estas diluciones. Finalmente se incubó a una temperatura de 37°C por 1 día. Para después verificar el conteo. (NTC 4458). En el conteo la evidencia del crecimiento los coliformes fecales crecen de color azul brillante y los coliformes totales de un color morado.

4.8.2.3. Análisis de aerobios mesofilos

Para el análisis de los aerobios mesofilos se utilizó la siembra en profundidad en el agar SPC. Se procedió a tomar 10 mL de yogurt para luego llevar a un volumen de 90 mL con agua pectonada posteriormente se tomó 1 mL de la dilución 10^{-1} , para llevar a dos diluciones 10^{-2} y 10^{-3} y proceder a sembrar en las cajas de Petri estas diluciones. Finalmente se incubó a una temperatura de 37°C por 1 día. Para después verificar el conteo.

4.8.2.4. Análisis de psicrófilos

Los psicrófilos se analizaron en el producto como un indicador de alteración de la calidad del producto en almacenamiento.

Para el análisis de los psicrófilos se utilizó la siembra en profundidad en agar SPC. Se procedió a tomar 10 mL de yogurt para luego llevar a un volumen de 90 mL con agua pectonada posteriormente se tomó 1 mL de la dilución 10^{-1} , para hacer dos diluciones 10^{-2} y 10^{-3} se proceder a sembrar en las cajas de Petri estas diluciones. Finalmente se incubó a una temperatura de 4°C por 7 días. Para después verificar el conteo.

4.8.2.5. Análisis de *Salmonella*

Salmonella es un microorganismo patógeno que habita en el tracto gastrointestinal de los animales especialmente el de las aves. La moringa es un cultivo que está expuesto a la presencia de aves y animales cuadrúpedos por lo que se hizo necesario aplicar este análisis.

Para el análisis de salmonella se utilizó la siembra en superficie en agar cromogenic *salmonella* y agar XLD. Se procedió a tomar 10 mL de yogurt para luego llevar a un volumen de 90 mL con agua pectonada posteriormente se tomó 1 mL de esta para llevar a un tubo de ensayo con agar rapapot para seguidamente incubar a una temperatura de 41°C, por un día. A continuación se tomaron 2 mL por separado e hicieron dos siembras por superficie empleando un asa de Hooking para las diluciones 10^{-2} y 10^{-3} y proceder a sembrar en las cajas de Petri con los agares estas diluciones. Finalmente se incubó a una temperatura de 37°C por 1 día. Para después verificar el conteo. Por no haber crecimiento de salmonella en el producto no se hizo pruebas bioquímicas para colonias presuntivas. Este análisis se realizó solo una vez al producto para descartar la presencia de este microorganismo.

4.8.2.6. Análisis de *Staphylococcus aureus*.

Staphylococcus aureus es un microorganismo que habita naturalmente en las mucosas y piel de los humanos, especialmente en las manos y en la nariz. La presencia de este microorganismo en un alimento indica el estado de manipulación en que fue elaborado el producto. Por ello se hizo necesario analizar a este microorganismo en el yogurt.}

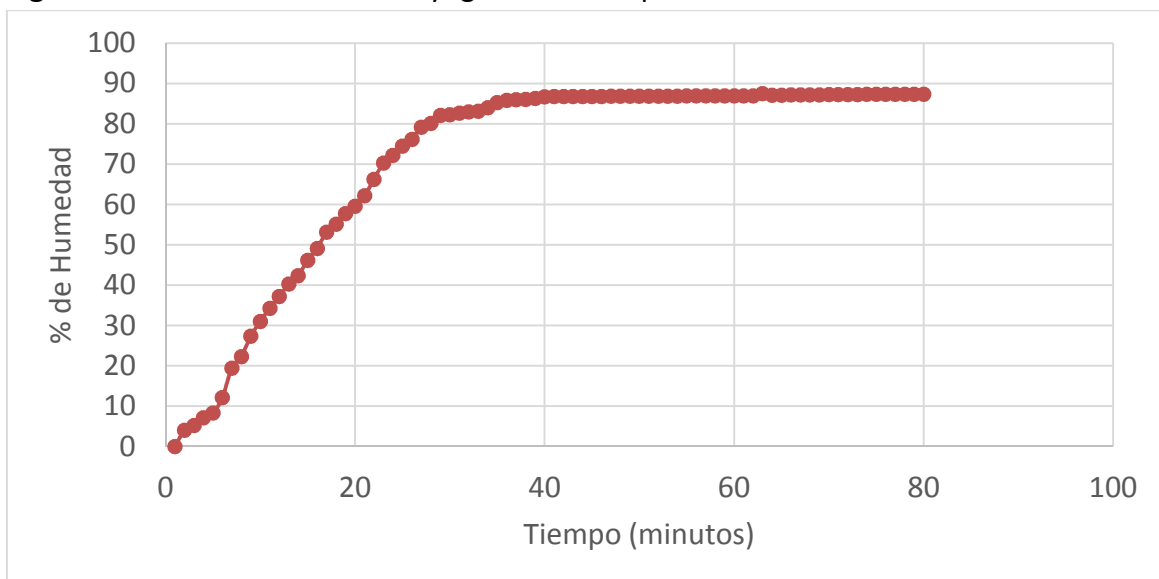
Para el análisis de *Staphylococcus aureus* se utilizó la siembra en profundidad en agar salado manitol. Se procedió a tomar 10 mL de yogurt para luego llevar a un volumen de 90 mL con agua pectonada posteriormente se tomó 1 mL de la dilución 10^{-1} , para hacer dos diluciones 10^{-2} y 10^{-3} y proceder a sembrar en las cajas de Petri estas diluciones. Finalmente se incubó a una temperatura de 37°C por 1 día. Para después verificar el conteo.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presentan los resultados y su discusión sobre la elaboración de la bebida fermentada tipo yogurt suplementada con moringa oleífera, como complemento de nutrición humana

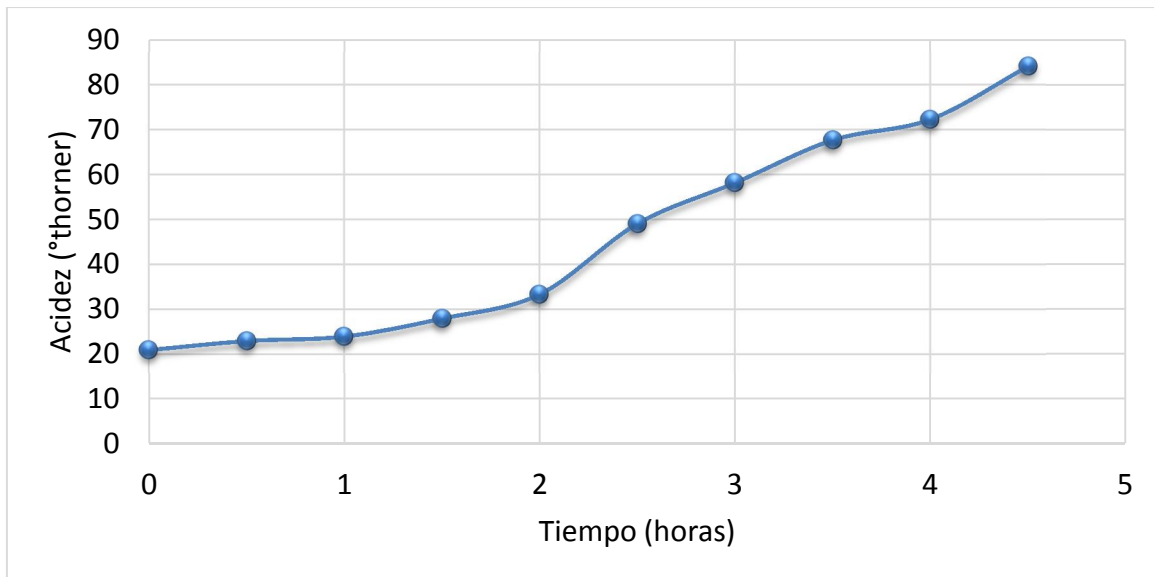
5.1. CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DEL YOGURT BASE A SUPLEMENTAR

Figura 7. Curva de humedad del yogurt base a suplementar en balanza de humedad



De otra parte, en la elaboración del yogurt base elaborada a partir de leche en polvo y con sólidos totales ajustados al 12%, se procedió a realizar una curva de acidez en función del tiempo de incubación, esto con el fin de conocer el tiempo óptimo del desarrollo de un yogurt de acuerdo a este parámetro.

Figura 8. Seguimiento de la acidez en la elaboración del yogur base



Las características químicas del yogur base se muestra en la tabla 14; en ella se puede indicar que los macro componentes como la humedad, proteína y lípidos se encuentran en los rangos promedios de un yogur entero comparados con los expuestos por Tamime *et al.*, (1991) y Moreno *et al.*, (2013). Es importante tener en cuenta estos resultados son concordantes pese a que el yogur entero base fue elaborado con leche en polvo y que el yogur entero elaborado por los autores mencionado fue elaborado con leche fluida.

En el contenido de minerales (cenizas) del yogur base se comparó con el contenido de minerales determinados por los autores en un yogur comercial de amplio consumo y se puede observar que el contenido de este parámetro es muy bajo cuando se hace dicha comparación. En este sentido se puede indicar la leche en polvo pierde gran cantidad de minerales en el proceso del pulverización y por tanto aporta muy pocos al yogur base, lo cual puede redundar en pérdida de minerales importantes como el calcio, magnesio, fósforo y potasio especialmente.

De otra parte, la acidez representada en grados °Thorner y el pH presentan una diferencia en sus valores si se les compara con los valores del yogur comercial analizado de referencia,

pues se puede indicar que el yogur comercial tiene una vida útil y fecha de caducidad la cual cuando fue analizado faltaban 15 días por espirar y por lo tanto presentó dichos valores que pueden ser normales en la vida útil de un yogur comercial. Mientras que los sólidos solubles y los sólidos no grasos (SNG), son similares a los del yogur comercial y a los reportados por Tamime *et al.*, (1991) manifestándose que la leche en polvo no influye en la elaboración de este producto como si lo hace con parámetros como las cenizas.

Tabla 12. Características químicas del yogurt base

Parámetro	Valor	Valores bibliográficos
Humedad (%)	79,2 ± 0,00	82,0 Tamime <i>et al.</i> ,(1991)
Proteína (%)	3,55 ± 0,05	3,9 Tamime <i>et al.</i> ,(1991)
Lípidos (%)	2,4 ± 0,20	2,6 Moreno <i>et al.</i> ,(2013)
Cenizas (%)	0,06 ± 0,009	0,53 ± 0,03*
Solidos Solubles	4,8 ± 0,05	4,9 Tamime <i>et al.</i> ,(1991)
Solidos no Grasos (%)	14,4 ± 0,00	15,20 ± 0,00*
Acidez (Grados Thorner)	79,25 ± 0,25	95,00 ± 0,00*
pH	4,76 ± 0,01	3,21 ± 0,00*
Ca (mg/100)	3,71 ± 0,00	145 Tamime <i>et al.</i> ,(1991)
Fe (mg/100)	0,05 ± 0,00	No detectado*
Mg (mg/100)	0,14 ± 0,00	1,33 ± 0,00*
P (mg/100)	7,43 ± 0,00	114 Tamime <i>et al.</i> ,(1991)
K (mg/100)	1,93 ± 0,00	186 Tamime <i>et al.</i> ,(1991)
Zn (mg/100)	0,02 ± 0,00	No detectado*

*Valores realizados por los autores a un yogur comercial

n*=2

Al hacer la evaluación de los minerales como calcio, hierro, magnesio, fósforo, potasio y zinc se pone en manifiesto que la elaboración del yogur base con leche en polvo afecta estos minerales específicos ya que los valores resultantes en el presente estudio en comparación con los reportados por Tamime *et al.*, (1991) son muy bajos y resultan ser coherentes con el valor del contenido de cenizas anteriormente expuesto. De otra parte, en cuanto al contenido de hierro y zinc se presentaron valores que no fueron detectados en el yogur comercial, esto puede ser debido al tipo de equipos utilizados en la obtención de la leche en polvo.

Al observar los valores obtenidos de los parámetros físicos medidos (tabla 13) en el yogur entero base se indica que los valores del color, viscosidad y densidad no se pueden comparar fácilmente con otras fuentes, ya que estos parámetros tienen muchas diferencias que son debidas a las materias primas utilizadas, el proceso y a la orientación del producto fina si es o no con adición de frutas y edulcorado. Estos parámetros fueron medidos con el objeto de conocer cómo influye la adición de moringa en la suplementación partiendo del hecho que es polvo y de coloración verde.

Tabla 13. Características físicas del yogur base

Parámetro	Valor
Color	
L*	77,28 ± 0,15
a*	-1,67 ± 0,02
b*	6,62 ± 0,01
Viscosidad (Cp)	1444,0 ± 4,00
Densidad (gr/mL)	1,071 ± 0,00

El color del yogur base se encuentra en el círculo de los colores blanquecinos de la escala CIEL*a*b* en donde predomina las coloraciones amarillas resultantes de un proceso de fermentación y oxidación de la grasa de la leche, representada en la coordenada b* como una combinación entre amarillo y verde de la coordenada a* negativo.

5.2. CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DE LA MORINGA

Al analizar la composición química de la moringa objeto de estudio y utilizada en este estudio, inicialmente se indica que las condiciones edafoclimáticas y de cultivo son decisivas en la composición de un material vegetal. Por consiguiente, aunque en la tabla 14 se exponen además de los resultados obtenidos en la web (<http://sabiatierra.com/nutricion>) se hace con el fin de tener un acercamiento de referencia. En este sentido se puede indicar que los valores del contenido de humedad, proteínas, lípidos y cenizas son cercanos a los referenciados, lo cual se pone en manifiesto que los resultados no son errados y que la moringa es una fuente importante de proteína y minerales tal como se muestran en la misma tabla, en donde los valores referenciados son muy altos comparados con los obtenidos en este estudio con excepción del magnesio, potasio y zinc, siendo este último no encontrado en ninguna referencia al hacer la búsqueda bibliográfica. Estos resultados se vuelven coherentes al mencionar que las condiciones edafoclimáticas y culturales imparten

una características especiales al producto, pues la utilizada en el estudio proviene del departamento del Cesar y la referenciada no se indica su origen geográfico.

Tabla 14. Características químicas de la moringa

Parámetro	Valor	Valor Bibliográfico
Humedad (%)	12,21 ± 0,00	7,5*
Proteína (%)	24,50 ± 0,00	27,1*
Lípidos (%)	2,0 ± 0,00	2,3*
Cenizas (%)	4,96 ± 0,17	5,23*
pH	5,92 ± 0,04	5,75*
Ca (mg/100)	577,51 ± 0,00	2003,0*
Fe (mg/100)	68,98 ± 0,00	368,0*
Mg (mg/100)	261,40 ± 0,00	204,0*
P (mg/100)	40,50 ± 0,00	1324,0*
K (mg/100)	1236,75 ± 00	28,2*
Zn (mg/100)	0,17 ± 0,00	n.d

*<http://sabiatierra.com/nutrición>, 2017

La característica físicas analizadas en la moringa fue únicamente el color, debido a que es el que va repercutir en las características físicas del yogur base. El color de la moringa como es natural predomina las coloraciones amarillas resultantes de un proceso de secado de la hoja, en donde se torna verdosa y grisácea representada en la coordenada b* como una combinación entre amarillo y verde de la coordenada a* negativo.

Tabla 15. Características físicas de la moringa

Parámetro	Valor
Color	
L*	29,39 ± 0,44
a*	-3,27 ± 0,04
b*	19,56 ± 0,22

En la moringa oleífera dada las condiciones de humedad y su bajo contenido de agua en las hojas secas se evidencia el crecimiento de recuento de mohos y levaduras en la materia prima, esto es por las condiciones bioquímicas para el crecimiento de mohos y levaduras,

los hongos generalmente crecen a bajos contenidos de agua. En la moringa no hubo crecimiento de coliformes fecales lo que indica que el producto tuvo una buena manipulación a la hora de pulverizar sus hojas (tabla 16).

Tabla 16. Recuentos microbiológicos de la moringa

Microorganismos	Resultado
Aerobios mesofilos	3×10^2 UFC/g
Coliformes totales	256 UFC/g
Coliformes fecales	$<1 \times 10^2$ UFC/g 0
Mohos y levaduras	$2,1 \times 10^2$ UFC/g
<i>Salmonella</i>	Ausencia
<i>Staphylococcus aureus</i>	$<1 \times 10^2$ UFC/g

Los coliformes totales en el producto fueron 256 UFC/ g esto se evidencia debido a que estos son microorganismos que habitan naturalmente en el suelo, y en el agua como lo establece (Madigan *et al.*, 2004; Perdomo *et al.*, 2001), el cultivo de moringa se da en zonas con suelos fértiles y niveles de agua necesarios para el desarrollo del árbol.

Salmonella es un microorganismo presente en el tracto gastrointestinal de los animales, especialmente en las aves, debido a que el árbol de moringa posee un fruto, lo que lo convierte en posible blanco para albergar la presencia de este microorganismo, por eso se hizo necesario conocer este análisis de acuerdo a la tabla anterior podemos ver que el crecimiento de *salmonella* en la materia prima fue nulo lo que le da una mayor confianza al uso de la moringa en el producto.

Staphylococcus aureus en la moringa fue nulo su crecimiento, este microorganismo habita principalmente en las fosas nasales de los humanos y en la piel, se puede transmitir a un alimento a través de la piel con heridas; la ausencia de este microorganismo en la moringa puede estar sustentado de acuerdo con (Doyle, 1997), que establece que el crecimiento de este microorganismo se da en productos con contenido de humedad medio y alto, el contenido de humedad de la moringa es bajo y por ello explica la ausencia de este microorganismo en la materia prima.

5.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y ACEPTACIÓN SENSORIAL DEL YOGURT SUPLEMENTADO

En la tabla 17 se presentan los resultados químicos del yogur suplementado con tres dosis de moringa (0,5%, 1,0% y 1,5%). En relación a la composición de macro componentes como el contenido de humedad, lípidos, proteína y cenizas se puede observar que a medida que aumenta la dosis de moringa aumenta la composición de estos componentes, existiendo diferencias estadísticas significativas al 95%. En el caso de la humedad los resultados estadísticos mostraron que la dosis con el 1% de moringa fue el yogur con mayor humedad siendo este diferente a las otras dosificaciones y el yogur base. Asimismo, se puede observar un aumento significativo en el contenido de cenizas del yogur suplementado con relación al yogur base.

Tabla 17. Características químicas del yogur suplementado

Parámetro	Yogur base	Dosis 0,5%	Dosis 1%	Dosis 1,5%	<i>p</i> -valor
Humedad (%)	79,2 ± 0,00	79,48 ± 0,00	81,22 ± 0,00	79,20 ± 0,00	0,000
Proteína (%)	3,55 ± 0,05	3,79 ± 0,07	3,95 ± 0,07	4,25 ± 0,07	0,001
Lípidos (%)	2,40 ± 0,20	2,69 ± 0,14	2,82 ± 0,14	2,92 ± 0,14	0,004
Cenizas (%)	0,06 ± 0,009	0,66 ± 0,02	0,75 ± 0,02	1,24 ± 0,04	0,000
Sólidos Solubles	4,8 ± 0,05	12,00 ± 0,00	12,00 ± 0,00	12,00 ± 0,00	0,000
Sólidos no Grasos (%)	14,4 ± 0,00	14,45 ± 0,70	15,00 ± 0,70	15,00 ± 0,00	0,295
Acidez (Grados Thorner)	79,25 ± 0,25	81,70 ± 0,99	80,50 ± 0,08	81,04 ± 0,03	0,068
pH	4,76 ± 0,01	4,62 ± 0,09	4,73 ± 0,04	4,71 ± 0,01	0,050
Ca (mg/100)	3,71 ± 0,00	31,48 ± 0,00	39,04 ± 1,42	56,21 ± 0,02	0,000
Fe (mg/100)	0,05 ± 0,00	8,31 ± 0,00	9,12 ± 0,00	10,58 ± 0,00	0,000
Mg (mg/100)	0,14 ± 0,00	36,83 ± 0,00	41,23 ± 1,41	55,19 ± 0,00	0,000
P (mg/100)	7,43 ± 0,00	14,50 ± 0,00	16,20 ± 0,00	17,20 ± 0,00	0,000
K (mg/100)	1,93 ± 0,00	40,85 ± 0,14	42,33 ± 0,49	43,56 ± 0,64	0,000
Zn (mg/100)	0,02 ± 0,00	0,04 ± 0,00	0,08 ± 0,00	0,16 ± 0,01	0,000

n*=2

En las leches fermentadas se incorporan sólidos lácteos por lo que el contenido en proteínas suele ser mayor que en la leche, y además son de alta digestibilidad, debido por una parte a que en el proceso de elaboración del producto las bacterias actúan sobre las proteínas liberando péptidos y aminoácidos, y por otro a la coagulación de la caseína en finas partículas por el descenso del pH, lo que facilita la acción de las enzimas intestinales. De

otro lado, La lactosa favorece la absorción del calcio, aunque el mecanismo no está completamente establecido, parece ser por un aumento de la permeabilidad intestinal, lo que facilita la absorción mediante difusión pasiva. Este efecto positivo de la lactosa es especialmente importante cuando otros mecanismos de absorción del calcio están comprometidos, por ejemplo en el déficit de vitamina D. Mientras que, Los lípidos en la leche se encuentran en forma de microglóbulos emulsionados en la fase acuosa, lo que favorece su hidrólisis por las enzimas digestivas (Moreno *et al.*, 2013).

Al observar los sólidos solubles se puede ver que el yogur suplementado con las tres dosis de moringa aumenta los sólidos solubles en comparación con el yogur base; esto es debido a la adición de sacarosa en forma de jarabe con el fin de endulzar el yogur, al mismo tiempo que sirvió de vehículo para la adición de la moringa. El análisis de la varianza indicó que existen diferencias estadísticamente significativas entre los yogures suplementados y el yogur base. Pero la prueba DMS indicó que no existen diferencias significativas entre los yogures suplementados y que la diferencia se presenta es de estos con el yogur base en lo que se refiere a los sólidos solubles. (Ver anexo 8)

De otro lado, en lo referente a los parámetros como sólidos no grasos, acidez y pH se puede ver en la tabla 17 que estos valores son similares entre sí y que al suplementar el yogur con la moringa se mantienen, reafirmando con el análisis de la varianza en donde para cada parámetro no se detectaron diferencias estadísticamente significativas al 95%.

Se observa también que a medida que aumenta la dosis de moringa en la suplementación aumenta los minerales como el calcio, hierro, magnesio, fósforo, potasio y zinc demostrándose que la moringa aporta en la adición de estos minerales en el yogur de forma decisiva. Estadísticamente se presentaron diferencias estadísticas significativas entre los yogures suplantados y el yogur base.

La suplementación del yogur se hace evidente si se tiene en cuenta lo sugerido por Moreno *et al.*, (2013) los cuales indica que la biodisponibilidad de los minerales puede aumentar con la elaboración de los lácteos. En las leches fermentadas, debido a la acidez del medio, algunos minerales como el hierro, cobre y cinc pueden formar sales parcialmente solubles, lo que facilita su absorción. Por otra parte, los elementos mayoritarios calcio, fósforo y magnesio, presentes en la fase coloidal, al descender el pH pasan a la fase soluble. La hidrólisis de la proteína láctea por la acción de las enzimas microbianas facilita la formación

de complejos entre péptidos y aminoácidos e iones como el calcio, magnesio y fósforo, facilitando también su absorción.

Los parámetros físicos como el color, la viscosidad y la densidad del yogur suplementado se presentan en la tabla 18. El color representado en los parámetros L^* , a^* y b^* . La luminosidad (L^*) de los yogures suplementado con moringa reducen la luminosidad en comparación con la luminosidad del yogur base; siendo el yogur suplementado con la dosis de 0,5% y 1,5% los que más reducen este parámetro. Estadísticamente se encontraron diferencias significativas al 95% en el parámetro de la luminosidad de los yogures suplementados y el yogur base. La prueba DMS indicó que entre la dosis de 0,5% y 1,5% no se presentaron tales diferencias, siendo las diferencias significativas entre estas dos dosis, el yogur suplementado al 1% y el yogur base. (Ver anexos 9, 10 y 11)

Asimismo, se puede observar que el parámetro a^* (verde) a medida que aumenta la dosis de suplementación este parámetro aumenta su valor negativamente debido a la coloración que le proporciona la moringa, sucediendo lo mismo con el parámetro b^* (amarillo). Con relación a estos dos parámetros del color se presentaron diferencias estadísticamente significativas al 95% y la prueba DMS indicó que entre cada dosis de suplementación y el yogur base existen diferencias mínimas significativas, manifestándose que cada yogur difiere uno del otro. (Ver anexo 12)

Tabla 18. Características físicas del yogur suplementado

Parámetro	Yogur base	Dosis 0,5%	Dosis 1%	Dosis 1,5%	<i>p</i> -valor
Color					
L^*	77,28 ± 0,15	59,82 ± 0,89	66,56 ± 1,35	59,28 ± 0,31	0,000
a^*	-1,67 ± 0,02	-2,23 ± 0,05	-2,63 ± 0,05	-2,81 ± 0,01	0,000
b^*	6,62 ± 0,01	7,52 ± 0,04	9,99 ± 0,14	10,73 ± 0,02	0,000
Viscosidad (Cp)	1444,0 ± 4,00	2156,0 ± 5,65	2372,0 ± 16,9	2420,0 ± 28,3	0,000
Densidad (gr/mL)	1,071 ± 0,00	1,076 ± 0,00	1,082 ± 0,00	1,084 ± 0,00	0,034

Al igual que con el color, a medida que aumenta la dosis de suplementación aumenta la viscosidad y la densidad, indicando que la dosis es proporcional en estos parámetros medidos. Es importante destacar que la adición de moringa en polvo afecta directamente la viscosidad haciendo que el fluido presente mayor resistencia a la fuerza de cizallamiento y por ende aumente la viscosidad; de este modo el yogur con mayor dosis de moringa

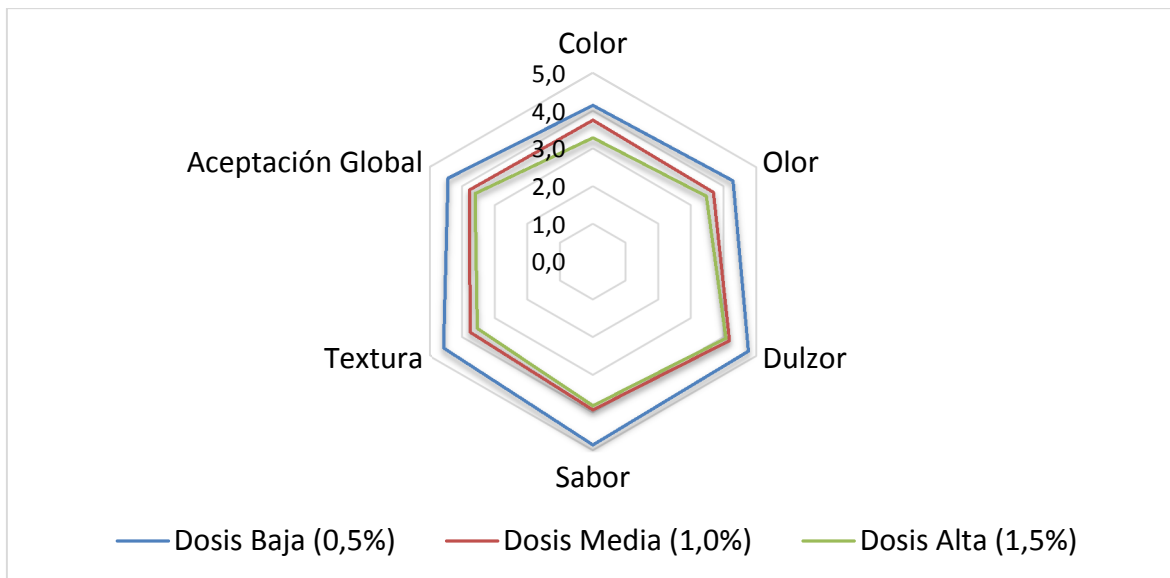
presenta mayor espesor visual que los otros yogures suplementados. El análisis de la varianza mostró que existen diferencias estadísticamente significativas y el DMS indicó que cada yogur difiere uno del otro.

5.3.1. ACEPTACIÓN SENSORIAL DEL YOGURT BASE SUPLEMENTADO CON MORINGA

En el análisis sensorial la prueba de aceptación se realizó con el fin definir la percepción del consumidor frente a un alimento. Las propiedades sensoriales son muy importantes para la aceptación de los alimentos por parte de los consumidores. Desde este punto de vista es una importante herramienta en el desarrollo de nuevos productos como en este caso conocer la aceptación del yogur suplementado con moringa por parte del consumidor.

En este contexto, actualmente se consume el yogurt por sus propiedades organolépticas, por lo que se ha convertido en uno de los alimentos lácteos más apetecidos del mundo con variedad de sabores y presentaciones existentes en el mercado, como por ejemplo: yogurt natural (sin adición de aromas, sabores y azúcares), yogurt azucarado, yogurt con edulcorantes calóricos y no calóricos permitidos y yogurt con frutas, zumos y pulpas. También existen yogures de distintas consistencias: líquido, batido y semilíquido.

Los atributos analizados como el color, olor, dulzor, sabor, textura y la aceptación global se muestra en la figura 9, en donde se observa que los jueces consumidores manifestaron que el color que más aceptación tuvo fue en el yogurt suplementado con la dosis mínima, seguido por la dosis media y alta respectivamente. Mientras que en el olor los consumidores prefirieron la dosis mínimas del 05% y las dosis del 1% y 1,5% las calificaron similar. Al igual que con el olor, los consumidores prefirieron el dulzor del yogurt suplementado con la dosis mínima de moringa y manifestaron que los yogures con las dosis media y alta eran similares. En este caso, comparando con los sólidos solubles analizados en donde se indicó que este atributo no presento diferencias significativas entre los yogures, se puede inducir a que a mayor dosis de moringa el dulzor es enmascarado ya que los jueces consumidores manifestaron en sus apreciaciones que era menos dulce el yogurt suplementado con la dosis media y alta. Esta misma sensación se reflejó en el sabor a yogurt en donde la calificaron de forma similar la dosis media y alta, siendo la más preferida la dosis baja.

Figura 9. Aceptación sensorial del yogur suplementado con moringa

La textura representada en la sensación en el paladar, los consumidores indicaron su preferencia por el yogur con la dosis mínima (0,5%), ya que en los otros se presentaba una sensación de partículas en la boca que se mantenía por minutos y en algunos casos no era agradable.

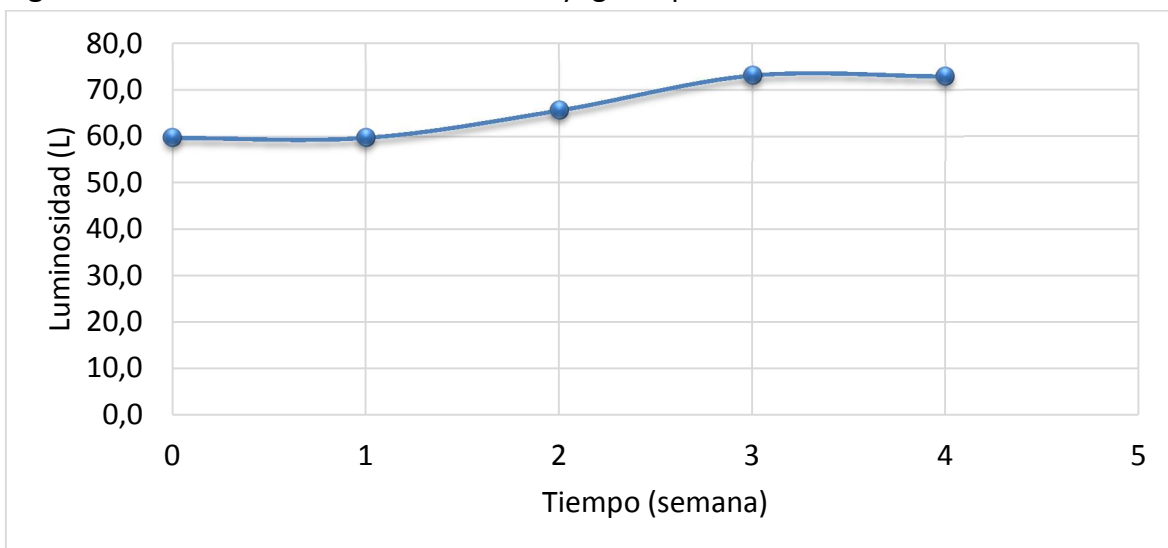
En lo que refiere a la aceptación global como un todo de prueba de aceptación sensorial los consumidores prefirieron el yogur suplementado con la dosis mínima (0,5%), mientras que las otras dosis la calificaron de forma similar; este parámetro es coherente con los otros atributos evaluados. Generalmente se puede indicar que, el color fue el atributo calificado inversamente proporcional a la dosis de suplementación, mientras que en los otros entre la dosis media y alta fue similar.

Entre todos los yogures suplementados presentaron diferencias estadísticas significativas para cada atributo. Pero el DMS mostró que el color de cada dosis difiere una de la otra. Al relacionar el color instrumental reflejado en los parámetros a^* y b^* con la aceptación del consumidor, se indica que estos prefieren un yogur con menor color según la escala CIEL $^*a^*b^*$. En los otros atributos entre la dosis media y alta no hay tales diferencias mínimas, pero si existen estas diferencias entre estas dos dosis (1% y 1,5%) y la dosis mínima (0,5%). Finalmente, el yogur suplementado con la dosis mínima del 0,5% de moringa fue la preferida por el panel de consumidores. (Ver anexo 13 y 14)

5.4. ESTABILIDAD FISICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL YOGURT SUPLEMENTADO

En la figura 10 se observa el comportamiento del color en lo que se refiere a la luminosidad, ésta aumenta su valor con el transcurrir de las semanas de almacenamiento indicando que mejora la luminosidad reflejada en el brillo del yogur. Se visualiza un aumento entre la semana 1 y la 3, mientras que entre la semana 3 y 4 se presenta una estabilidad. Estadísticamente hay diferencias significativas entre las semanas de almacenamiento, pero la prueba de diferencias mínimas significativas (DMS) mostró que entre la semana 3 y 4 no se presentaron tales diferencias. (Ver anexos 13, 14 y 15)

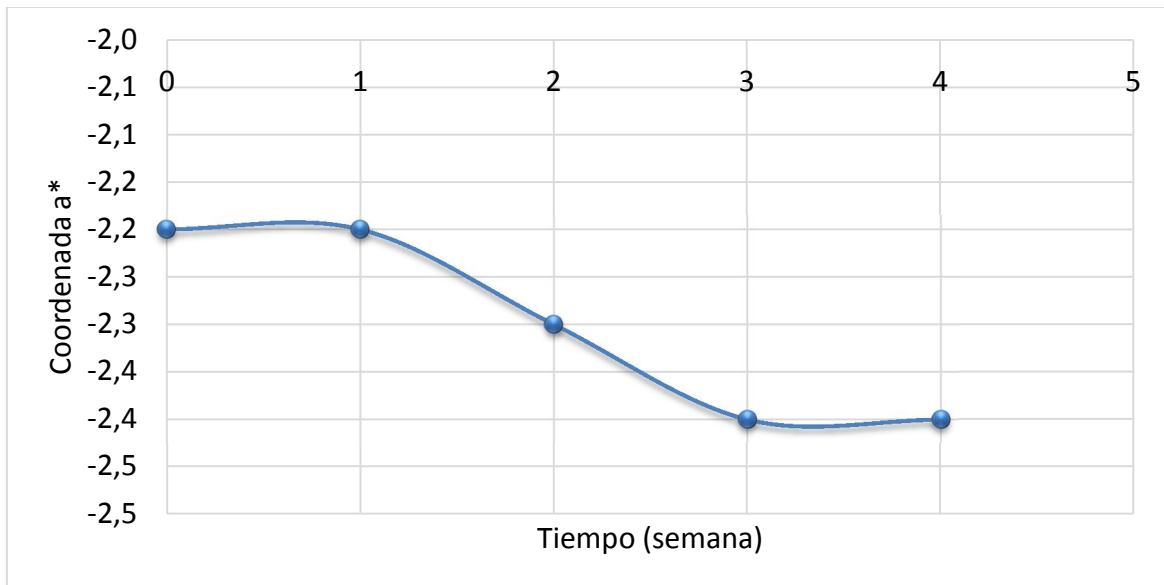
Figura 10. Evolución de la luminosidad del yogur suplementado



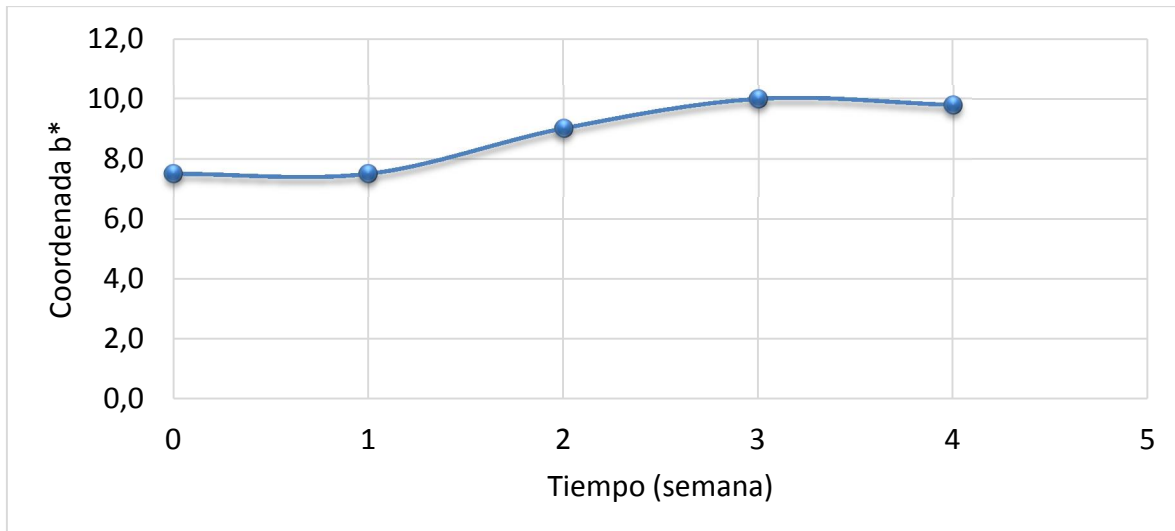
La tonalidad verde reflejado en el valor de a^* se puede apreciar en la figura 11 en donde en la primera semana de almacenamiento refrigerado el valor de a^* permanece constante y comienza a aumentar en su valor absoluto entre la semana 2 y 3 y finalmente entre la semana 3 y 4 se estabiliza. Por tanto, que a medida que pasa el tiempo el color verde es más acentuado, lo cual indica que la clorofila contenida en la moringa se diluye cada vez más en el yogur dando como resultado un cambio en el color. Este indicador puede ser perjudicial en cuanto a la calidad de la estabilidad del yogur en el tiempo ya que a medida que pasa más tiempo en el almacenamiento el yogur el color verde se pronuncia más pudiéndose inducir como una alteración de inocuidad en el producto.

En análisis de la varianza mostró que entre las semanas de almacenamiento se presentaron diferencias estadísticas significativas, mientras que el DMS indicó que entre la semana 3 y 4 no se presentaron tales diferencias mínimas. (Ver anexos 13, 14 y 15)

Figura 11. Evolución de la coordenada a^* del yogur suplementado

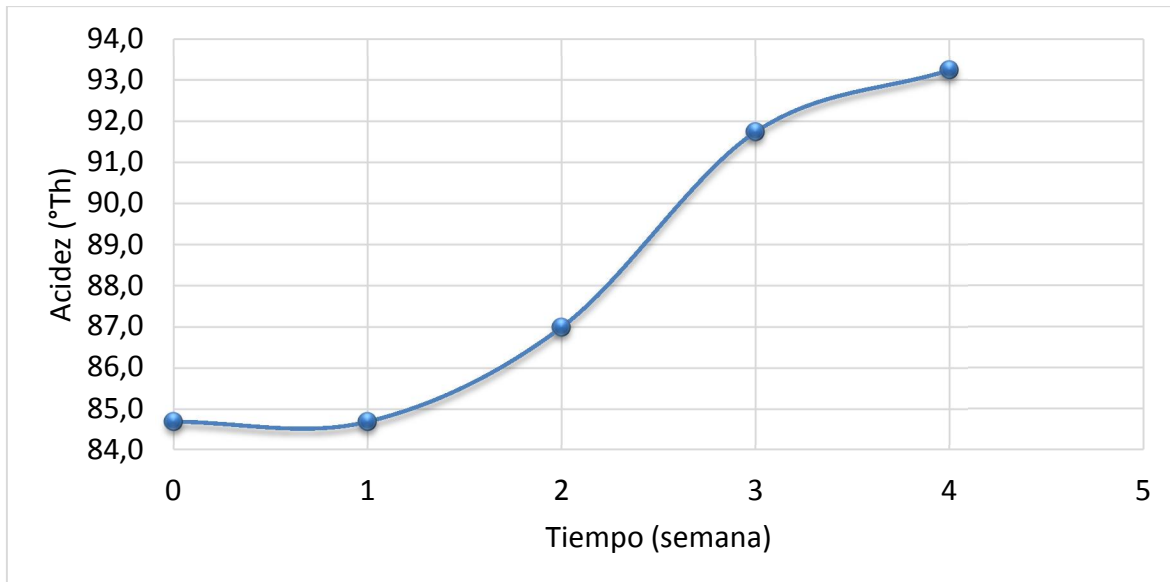


En la figura 12 se presentan los resultados del parámetro b^* obtenidos durante la estabilidad del yogur suplementado en refrigeración durante un mes. Este parámetro refleja la tonalidad amarilla, en donde se observa que aumenta a través del tiempo de almacenamiento, siguiendo el mismo comportamiento de la coordenada a^* en donde entre la semana 2 y 3 aumenta el valor de b^* y en entre la semana 3 y 4 se estabiliza dicho parámetro.

Figura 12. Evolución de la coordenada b* del yogur suplementado

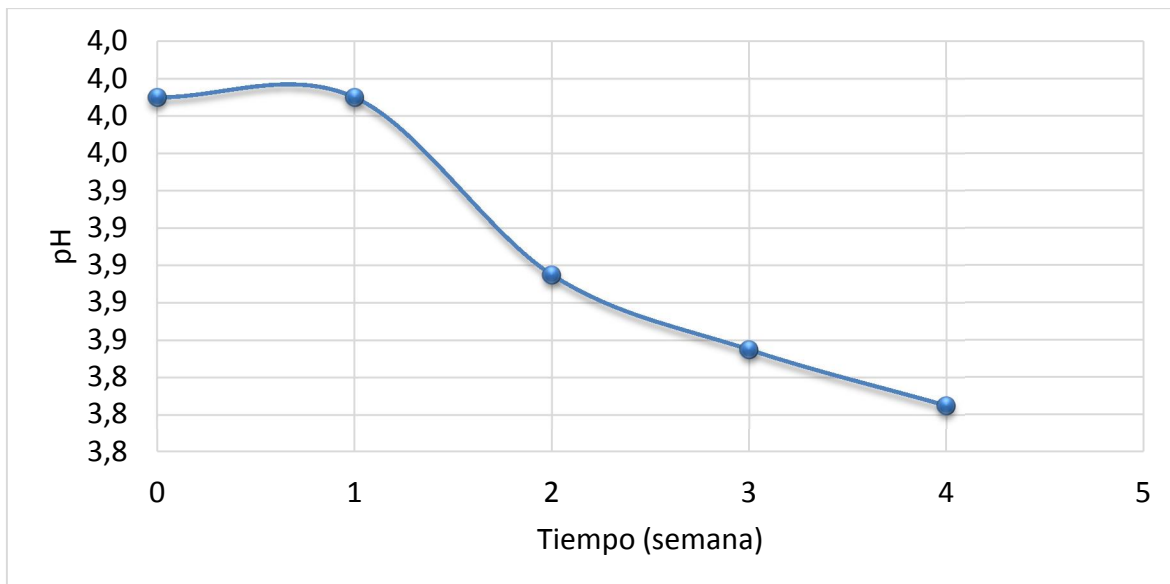
Estos cambios en b* se deben al igual que en a* en donde la clorofila de la moringa se diluye en el yogur durante la semana 3 y 4. Al realizar el análisis de la varianza, este mostro que entre las semanas de almacenamiento se presenta diferencias significativas al 95%, mientras que el DMS indicó que entre la semana 3 y 4 no hay diferencias mínimas, pero si las hay entre estas semanas y la semana 1 y la semana 2. (Ver anexos 13, 14 y 15)

En el parámetro químico de la acidez representado en grado °Thorner se puede apreciar en la figura 13, en donde se observa que presenta un comportamiento ascendente conforme pasan las semanas de almacenamiento, siendo más pronunciado entre la semana 1 y 3, mientras que entre la semana 3 y 4 la acidez tiende a ser más estable. Es importante inferir que el yogur elaborado contiene lactosa y que durante el tiempo de almacenamiento se puede producir más ácido láctico ya que existe el sustrato para el cultivo de lactobacilos. Asimismo, hay que indicar que este yogur no contiene ningún tipo de conservante haciéndolo más vulnerable a la acidificación que yogures comerciales.

Figura 13. Evolución de la acidez del yogur suplementado

Entre las semanas de evaluación se presentaron diferencias estadísticas significativas con respecto a la acidez, pero entre la semana 3 y 4 la prueba post hoc (DMS) mostró que entre la semana 3 y 4 no hay diferencias mínimas significativas al 95%, indicando que en estas semanas se estabiliza la acidez siendo los valores similares. (Ver anexos 13, 14 y 15)

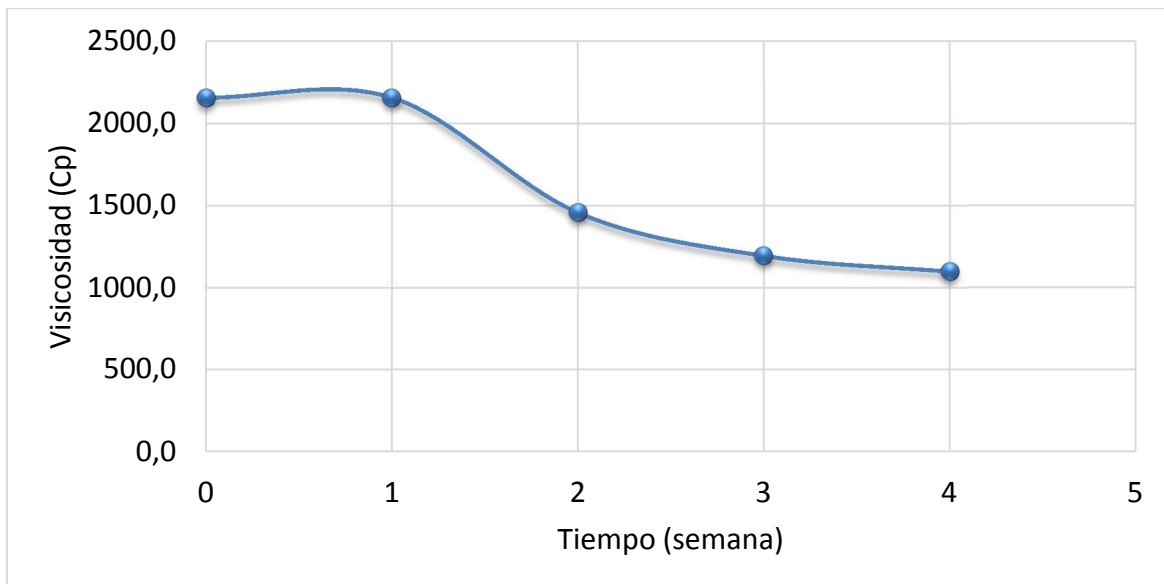
En referencia al pH se puede indicar que tiene un comportamiento descendente con respecto a las semanas de almacenamiento como se puede ver en la figura 14

Figura 14. Evolución del pH del yogur suplementado

Se entiende que la acidez y el pH son parámetros inversamente proporcionales, siendo el por su fácil valoración un parámetro más sencillo de medir, pero con más errores que la medición de la acidez debido a la calibración del equipo utilizado.

Al realizar el análisis de la varianza, se pudo evidenciar que entre las semanas de almacenamiento existen diferencias estadísticas en el valor del pH y el DMS reveló que cada semana difiere una de otra en este valor, lo cual indica que el pH es parámetro varió significativamente durante el tiempo de almacenamiento del producto en refrigeración.

La viscosidad al ser un parámetro que se relaciona con la textura del yogur de forma instrumental, lo cual se hace de gran relevancia en la estabilidad del yogur en almacenamiento, por tanto los resultados de la viscosidad se muestra en la figura 15. Se puede ver que dicho parámetro desciende conforme pasa el tiempo de almacenamiento, haciéndose más marcado entre la semana 2 y 3 y ralentizándose entre la semana 3 y 4. Esto indica que el yogur visualmente tiende a ser más fluido (líquido) a medida que pasa el tiempo de almacenamiento. De otra parte se debe indicar que al yogur suplementado no se le fue adicionado ningún estabilizante que pudiera inferir en los resultados.

Figura 15. Evolución de la viscosidad del yogur suplementado

Estadísticamente se encontró que entre las semanas de almacenamiento existen diferencias significativas al 95% de significancia en el valor de la viscosidad y el DMS mostró que la viscosidad se comporta en cada semana de forma diferente por lo que esta prueba post hoc las semanas mostraron diferencias mínimas significativas.

En la tabla 16 se puede apreciar el recuento microbiológico de la estabilidad del producto. Los aerobios mesofilos de acuerdo al seguimiento realizado mantienen un conteo superior a 1600 UFC esto explica porque en la norma técnica colombiana 805 para productos lácteos fermentados no se aplica el análisis de aerobios mesofilos, puesto que la utilización de un cultivo mesofilo para elaborar el producto hace evidente el crecimiento alto de aerobios mesofilos precisamente por ser microorganismos mesofilos.

Los coliformes totales y fecales de acuerdo a la tabla podemos apreciar que su crecimiento es nulo, lo que da al producto una mayor estabilidad microbiológica y por ende genera confianza al estar cumpliendo con este requisito microbiológico de acuerdo a la norma NTC 805; la temperatura de pasteurización que fue de 95°C por 5 minutos y el uso de leche en polvo de alta calidad son factores que son clave a la hora de generar crecimiento de estos microorganismos.

Los psicófilos en el producto indican alteraciones de la calidad en el almacenamiento a 4°C durante la estabilidad en el producto no hubo crecimiento de este tipo de microbiota, puesto que las condiciones del producto como son el pH, la acidez y el uso de variables empleadas al elaborar el producto controlan y ejercen un efecto bactericida al crecimiento de este.

Tabla 19. Evolución de los recuentos microbiológicos durante la estabilidad del yogurt suplementado

Semana	1	2	3	4	NTC 805
Microorganismos	(UFC/mL)	(UFC/mL)	(UFC/mL)	(UFC/mL)	(UFC/mL)
Aerobios mesófilos	>1600	>1600	>1600	16x10 ⁴ UFC/mL	----
Coliformes totales	0	0	0	<1x10 ² UFC/mL	10-100
Coliformes fecales	0	0	0	<1x10 ² UFC/mL 0	0
Psicófilos	0	0	0	<1x10 ² UFC/mL 0	----
Mohos y levaduras	1,4x10 ² UFC/mL	3,0x10 ² UFC/mL	2,4x10 ² UFC/mL	2,3x10 ² UFC/mL	200-500
Salmonella	Ausencia				0
Staphylococcus aureus	0	0	0	<1x10 ² UFC/mL	0

Los mohos y las levaduras de acuerdo a los análisis microbiológicos son los que afectan la estabilidad del producto, sino se aplican medias de control de calidad al producto debido a que el crecimiento de estos (230 UFC/mL) de acuerdo a lo establecido en la norma NTC 805, que establece que estos deben estar entre 200-500 UFC/mL este resultado genera una alternativa en la aplicación de la moringa al producto, que de acuerdo a la tabla 21 aporta una carga considerable de mohos y levaduras al producto, lo que podría establecer que se debe aplicar un tratamiento térmico a esta materia prima antes de aplicarla en el producto. Los mohos y las levaduras crecen generalmente a pH entre 3.2 a 3.9, lo que favorece el crecimiento de estos en el producto dadas las condiciones fisicoquímica del producto, como se puede apreciar en los análisis fisicoquímicos al producto.

Salmonella en el producto se realizó para conocer si había una contaminación cruzada de la moringa al yogurt, se puede evidenciar en la tabla anterior que no hubo crecimiento de este microorganismo en el producto en el producto lo que brinda una mejor calidad al producto desde el punto de vista microbiológico-clínico.

Staphylococcus aureus es un microorganismo indicador de la manipulación al alimento, como se puede apreciar en la tabla no hubo crecimiento de este en el producto, lo que establece las condiciones en las que fue desarrollado el producto. Cabe destacar que la acidez, el pH y la temperatura de almacenamiento del yogurt tienen efectos bacteriostáticos en el crecimiento de microorganismos capaces de alterar la estabilidad microbiológica del producto.

6. CONCLUSIONES

Como conclusiones del presente trabajo se pueden destacar:

El yogur base elaborado con leche en polvo presentó valores de humedad, proteína y lípidos similares a los referenciados en yogures enteros elaborados a partir de leche fluida, mientras que los valores de la cenizas y los minerales individuales fueron significativamente menores que los datos bibliográficos.

La moringa es un producto que tiene un contenido promedio de proteína del 24,5% y un contenido de minerales del 4,96 lo cual representa un aporte importante a la suplementación del yogur especialmente en lo referente al calcio, magnesio y potasio

La suplementación del yogur con moringa proporciona mejores valores de los macronutrientes y de micronutrientes permitiendo mayor biodisponibilidad de estos compuestos al consumidor.

A medida que aumenta la dosificación de la moringa en el yogur se aumenta proporcionalmente los valores del color, viscosidad y la densidad, siendo significativamente diferentes.

El yogur de mayor aceptación por el consumidor fue el yogur suplementado con la dosis mínima del 0,5%, en donde los atributos del color, olor, dulzor, sabor, textura y calificación global fueron para esta misma dosis.

El yogur suplementado con la dosis media (1%) y dosis alta (1,5%) fueron calificados por los consumidores como similares en los atributos analizados del color, olor, dulzor, sabor, textura y calificación global.

Durante el almacenamiento del yogur suplementado con la dosis mínima de moringa se encontró que los parámetros analizados del color, la acidez, el pH y la viscosidad varían significativamente durante las semanas de almacenamiento.

Entre la semana 1 y 3 los parámetros del color, la acidez y la viscosidad es donde hay marcadas diferencias, mientras que entre la semana 3 y 4 de almacenamiento se alcanza la estabilidad.

El yogurt suplementado con la dosis mínima del 0,5% cumple con las normas microbiológicas establecidas, haciéndolo inocuo para el consumidor durante el tiempo de almacenamiento del yogurt.

7. RECOMENDACIONES

Es importante resaltar las siguientes recomendaciones

Es de importancia realizar el mismo estudio con la elaboración del yogur base a partir de leche fluida ya que esta aporta más cantidad de nutrientes y micronutrientes que la leche en polvo.

Es de relevancia analizar las estabilidades del yogur suplementado estabilizantes y conservantes con el fin de determinar la vida útil en anaquel.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AGRODESIERTO. (10 de octubre de 2015). Agrodesierto. Obtenido de <http://www.agrdesierto.com/>

Alfaro, V. C., y Martínez, W. (2007). Uso potencial de la moringa para la producción de alimentos nutricionalmente mejorados. Guatemala: INCAP

Alfaro, Norma C. & Martínez, W. Uso potencial de la moringa (*Moringa oleífera* Lam.) para la producción de alimentos nutricionalmente mejorados. INCAP, Guatemala. 31 p. 2008.

Anderson, M. Calderón, V. 1999. Microbiología alimentaria: metodología analítica para alimentos y bebidas. Editorial Diaz de Santos S.A. Segunda Edición. Pag 125-138

Anwar F(1), Latif S, Ashraf M, Gilani AH. of Chemistry, University of Agriculture, Faisalabad-38040, Pakistan.(2007).

Bhishagrata, K.K. (1963). The Sushruta Samhita. The Chowkhamba Sanskrit Studies, 30.

Bonal, R., Hernández, M., Ortego, J., Muñoz, A. & Espelta, J.M. 2012. Positive cascade effects of forest fragmentation on acorn weevils mediated by seed size enlargement. *Insect Conservation and Diversity* 5, 381-388.

Bylund, G. 1996. Manual de Industrias Lácteas. Trad. A. López. Madrid, España. Ediciones Madrid Vicente. 436p.

Cáceres, A., Freire, B., Girón, L., Aviles, O., y Pacheco, G. (1991). Estudio etnobotánico en Guatemala de *Moringa oleífera* Lam. (C.M. CEMATM, Ed) *Economic Botany*, 522-523

Carrascal, A.K., Paez, A., Burbano, M. 2003. Manual de Laboratorio: Microbiología de alimentos. Primera Edición. Editorial CEJA. Pontificia Universidad Javeriana. Bogota, Colombia.

Chosbiscols, N., Lengua, L., Delmas, I., Rivera, D., y Bravo, M. (2003). Alimentos funcionales o fitoquímicos. Clasificación e importancia. Departamento de química analítica. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Covas, H. 2001. Proceso de elaboración del yogur y selección de la leche. Consultado 28 febrero. 2017. Disponible en <http://www.mundohelado.com/materiasprimas/yogurt05.htm>

Doyle, M., Beuchot, L. and Montville, J. 1997. Food Microbiology: Fundamentals and Fronteriers. American Society for Microbiology Press. Washington D.Pg 65-72

Early, Ralph. Tecnología de los productpos lacteos. Editorial Acribia, S.A. Zragoza (España), 2000. Pag. 128-150.

(Early, R. 1998. Tecnología de los productos lácteos. 2 ed. Trad. R. Oria. Zaragoza, España. Editorial Acribia, S.A. 469p.)

Fahey, J.W. (2005). A review of the medical evidence for its nutritional, therapeutic, and prophylactic properties. Part 1. Trees for life Journal, 5.

Fahey, J.W. (2005). A review of the medical evidence for its nutritional, therapeutic, and prophylactic properties. Part 1. Trees for life Journal, 5.

(FAO 1996) (Organizacion mundial para la alimentación y agricultura)

Foidl N., e. a., Foidl, N., Mayorga, L., y Vasquez, W. (1999). Utilización del marango (Moringa oleífera) como forraje fresco para ganado. Agroforesteria para la alimentación animal en Latinoamérica, 143, 143-341.

Fuglie, L. J. (2001).Combating malnutrition with Moringa. En L. J. Fuglie, The miracle Tree: Moringa oleífera.Pag 117). Netherlands: CTA Publication. Wageninen

(Gómez M., 2005). Tecnología de lácteos margarita Gómez de Illera (2005).Universidad nacional abierta y a distancia.

Guesry, R. P. (2005). Impact of functional food. Forum Nutr., 73-83.

Hayes, P.R. 1993. Microbiología e higiene de los alimentos. Editorial Acribia. Zaragoza. España. Pag 25-28

(<http://sabiatierra.com/nutricion> <http://sabiatierra.com/nutricion> (consultada el 19 de marzo de 2017).

I.B.Brooks, G.A.Luster and D.B.Easterly, At. Absorpt. Newsl. 9, 93 (1970).

International commission on microbial specifications for Food, of the international Union of Biological societies. (ICMSF) 2000.Microorganismos de los alimentos: Características de los patógenos microbianos. Editorial Zaragoza: Acribia S.A. Pag: 165-175

ITIS. (20 DE MAYO DE 2017). IT IS Report. Obtenido de IT IS Report <http://www.itis.gov/serlet/Single Rpt/search topic=TSN y search value=503874>

Keating, P; Gaona, H. 2002. Introducción a la lactología. 2 ed. México, DF. Editorial Limusa. 316p.

Koneman, E. 1999. Diagnostico microbiológico y atlas color. Quinta Edición. Editorial Médica Panamericana. Pag. 185

Larmond, Elizabeth. (1977). Laboratory methods for sensory evaluation of food. Ottawa: Agriculture Canadá.

(Liñan 2010). Moringa oleífera EL ÁRBOL DE LA NUTRICIÓN. Ciencia y Salud

Madigan, M. Matinko, J. 2004. Brock, biología de los microorganismos. Decima edición. Editorial Perason education, S.a. Mdríd. Pag. 927-929.

Mathur, B. (2000). Trees for life. Recuperado el 4 de mayo de 2012, de Trees for life : [http://www.treesforlife.org/sit0es/default/files/docu ments/Moringa_Book_Sp\(screen\).pdf](http://www.treesforlife.org/sit0es/default/files/docu ments/Moringa_Book_Sp(screen).pdf)

Método AOAC (932.12/90). Internacional y aprobación de Métodos Oficiales de Análisis

(Moreno *et al.*, 2013). A fluorescent reporter for mapping cellular protein-protein interactions in time and space. Mol Syst Biol 9:647

Mossel, D. 2003. Microbiología de los alimentos. Editorial Acribia Zaragoza . Pag: 52-98

NOLLET, Leo M. L.; Handbook of food analysis; M. Dekker, New York 1996.

Norma técnica colombiana 4132. Microbiología guía general para el recuento de mohos y levaduras. Técnica de recuento de colonias a 25°C (1997)

Norma técnica colombiana 4458. Microbiología de alimentos y de alimentos para animales. Método horizontal para el recuento de coliformes o *escherichia coli* o ambos. Técnica de recuento de colonias utilizando medios fluorogénicos o cromogénicos. (2007)

(Norma técnica colombiana para productos lácteos). Cuarta actualización. 2005. Pag. 12-22

Nutrar. 2003. La nueva norma de EEUU sobre el yogurt. Nutrar homepage (en línea). Consultado 17 febrero. 2017. Disponible en www.nutrar.com/detalle.asp?ID=2802

- Organización mundial de la salud). (1966). Lucha contra la contaminación del agua. OMS, GINEBRA.
- Orwa, C., Mutua, A., Kindt, r. Jamnadass, R., y Anthony, S. (2009). Agroforestry Database: a tree reference and selection guide version 4.0. world Agroforestry Centre.
- Pacheco, R. M. (2006). Análisis del intercambio de plantas entre Mexico y Asia de los siglos XVI al XIX. Master's Thesis. Mexico: UNAM.
- Parrotta, J.A. (1993). Moringa oleifera Lam. Reseda, hoseradish tree. Res. Note SO-ITF-SM-61, South. For. Res. Sta., For. Serv., U.S. Dep.Agric
- Pazmiño, J. 2002. Elaboración de yogurt. Alimentos net homepage (en línea). Consultado 19 febrero. 2017. Disponible en <http://www.alimentosnet.com.ar/yogurt>
- Peláez, Juan. Química analítica. Universidad de Pamplona, Pamplona. Colombia. 1998. Pag. 25- 32
- Perez. 2012. Potenciales aplicaciones de Moringa oleifera. Una revision crítica
- Perkin Elmer. Analytical methods. Pag. 138-139
- Prescott, L. Harley, J. Klein, D. 1999. Microbiología. Cuarta Edición. Mac Graw Hill. Pag. 129
- Roberfroid, M. B. (1999). What is beneficial for health? The concept of functional food. Food Chem Toxicol, 37, 1039- 1041.
- Roberfroid, M. B. (2000). Concepts and strategy of functional food science: the European perspective: Am J Clin Nutr., 71
- Sharma, V.R., Paliwal, P. and Sharma, S. (1982), "Phytochemical analysis and evaluation of antioxidant activities of hydro- ethanolic extract of Moringa oleifera. Lam. Pods". Journal of Pharmacological Research, Vol.4, pp. 554-557.
- Zelaya, B. 1998. Elaboración de yogurt liquido en Zamorano y su aceptación en el mercado de Tegucigalpa. Tesis Ing. Agr. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras, 46p
- (Tamime, y.; Robinson, r. (1991). Yogurt, Science and Technology. New York. Pergman. 431p)

Tortora, G. 1993. Introducción a la microbiología. Editorial Acribia Zaragoza. España. Pag. 35-47

9. ANEXOS

Anexo 1. Ficha de cata sensorial del producto

Nombre: _____

Edad: _____ Sexo: _____

Fecha: _____ Lugar: _____

MUESTRA DE YOGUR ENTERO TIPO BATIDO

Evalúe las siguientes propiedades de tres muestras de yogur codificadas, marcando con una X según la escala de su preferencia

ESCALA	VALOR
Me gusta mucho	5
Me gusta moderadamente	4
No me gusta ni me disgusta	3
Me disgusta moderadamente	2
Me disgusta mucho	1

Asigne la calificación correspondiente a cada propiedad:

PROPIEDAD	825	367	930
Color			
Olor			
Dulzor			
Sabor			
Textura			
Apariencia general			

Detecta algún sabor en especial SI _____ NO _____

Si detecta algún sabor especial por favor descríballo:

Compraría este yogur SI _____ NO _____

Si tiene algún comentario sobre el yogur por favor indíquelo:

Gracias por su colaboración

Anexo 2. Ficha técnica del cultivo de yogurt empleado



Anexo 3. Información de las condiciones para lectura de magnesio en el espectrofotómetro de absorción atómica

```
Mg (285.2nm)
File Comment:
  Flame varios
Comment:
  FlameCont

Instrument Information
Device Name:          AA

  Type      Model Name  ROM Version  S/N
  AA        AA-7000    1.01         A30785000465
  ASC
  GFA

Optics Parameters
Element:             Mg
Socket #:             3
Lamp Current Low(Peak) (mA): 8
Wavelength (nm):     285.2
Slit Width (nm):     0.7
Lamp Mode:           BGC-D2
```

Anexo 4. Información de las condiciones para lectura de potasio en el espectrofotómetro de absorción atómica.

```
K (404.4nm)
File Comment:
  Flame varios
Comment:
  FlameCont

Instrument Information
Device Name:          AA

  Type      Model Name  ROM Version  S/N
  AA        AA-7000    1.01         A30785000465
  ASC
  GFA

Optics Parameters
Element:             K
Socket #:             2
Lamp Current Low(Peak) (mA): 10
Wavelength (nm):     404.4
Slit Width (nm):     0.7
Lamp Mode:           BGC-D2
```


Anexo 5. Información de las condiciones para lectura de calcio en el espectrofotómetro de absorción atómica.

```
Ca (422.7nm)
File Comment:
  Flame varios
Comment:
  FlameCont
Instrument Information
  Device Name: AA
Type      Model Name  ROM Version S/N
AA       AA-7000  1.01       A30785000465
ASC
GFA
Optics Parameters
Element: Ca
Socket #: 4
Lamp Current Low(Peak) (mA): 10
Wavelength (nm): 422.7
Slit Width (nm): 0.7
Lamp Mode: BGC-D2
```

Anexo 6. Información de las condiciones para lectura de Hierro en el espectrofotómetro de absorción atómica

```
Fe (248.3nm)
File Comment:
  Flame varios
Comment:
  FlameCont
Instrument Information
  Device Name: AA
Type      Model Name  ROM Version S/N
AA       AA-7000  1.01       A30785000465
ASC
GFA
Optics Parameters
Element: Fe
Socket #: 1
Lamp Current Low(Peak) (mA): 12
Wavelength (nm): 248.3
Slit Width (nm): 0.2
Lamp Mode: BGC-D2
```

Anexo 7. Información de las condiciones para lectura de zinc en el espectrofotómetro de absorción atómica

```
Zn (213.9nm)
File Comment:
  Flame varios

Comment:
  FlameCont

Instrument Information
Device Name: AA

  Type      Model Name  ROM Version  S/N
  AA        AA-7000  1.01         A30785000465
  ASC
  GFA

Optics Parameters
Element: Zn
Socket #: 6
Lamp Current Low (Peak) (mA): 8
Wavelength (nm): 213.9
Slit Width (nm): 0.7
Lamp Mode: BGC-D2
```

Anexo 8.

Comparaciones múltiples

DMS

Variable dependiente	(I) dosis	(J) dosis	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.
Lipidos	Dosis Minima	Dosis Media	-.13000 ^a	.04416	.042
		Dosis Alta	-.23000 ^a	.04416	.006
		yogur base	.15000 ^a	.04416	.027
	Dosis Media	Dosis Minima	.13000 ^a	.04416	.042
		Dosis Alta	-.10000	.04416	.086
		yogur base	.28000 ^a	.04416	.003
	Dosis Alta	Dosis Minima	.23000 ^a	.04416	.006
		Dosis Media	.10000	.04416	.086
		yogur base	.38000 ^a	.04416	.001
	yogur base	Dosis Minima	-.15000 ^a	.04416	.027
		Dosis Media	-.28000 ^a	.04416	.003
		Dosis Alta	-.38000 ^a	.04416	.001
L	Dosis Minima	Dosis Media	-6,75000 ^a	.83207	.001
		Dosis Alta	.53500	.83207	.555
		yogur base	-17,46000 ^a	.83207	.000
	Dosis Media	Dosis Minima	6,75000 ^a	.83207	.001
		Dosis Alta	7,28500 ^a	.83207	.001
		yogur base	-10,71000 ^a	.83207	.000
	Dosis Alta	Dosis Minima	-.53500	.83207	.555
		Dosis Media	-7,28500 ^a	.83207	.001
		yogur base	-17,99500 ^a	.83207	.000
	yogur base	Dosis Minima	17,46000 ^a	.83207	.000
		Dosis Media	10,71000 ^a	.83207	.000
		Dosis Alta	17,99500 ^a	.83207	.000
a	Dosis Minima	Dosis Media	.40000 ^a	.03725	.000
		Dosis Alta	.57500 ^a	.03725	.000
		yogur base	-.57000 ^a	.03725	.000
	Dosis Media	Dosis Minima	-.40000 ^a	.03725	.000
		Dosis Alta	.17500 ^a	.03725	.009
		yogur base	-.97000 ^a	.03725	.000
	Dosis Alta	Dosis Minima	-.57500 ^a	.03725	.000
		Dosis Media	-.17500 ^a	.03725	.009
		yogur base	-1,14500 ^a	.03725	.000
	yogur base	Dosis Minima	.57000 ^a	.03725	.000
		Dosis Media	.97000 ^a	.03725	.000
		Dosis Alta	1,14500 ^a	.03725	.000
b	Dosis Minima	Dosis Media	-2,47000 ^a	.07492	.000
		Dosis Alta	-3,20500 ^a	.07492	.000
		yogur base	.90000 ^a	.07492	.000
	Dosis Media	Dosis Minima	2,47000 ^a	.07492	.000
		Dosis Alta	-.73500 ^a	.07492	.001
		yogur base	3,37000 ^a	.07492	.000
	Dosis Alta	Dosis Minima	3,20500 ^a	.07492	.000
		Dosis Media	.73500 ^a	.07492	.001
		yogur base	4,10500 ^a	.07492	.000

Anexo 9.

Comparaciones múltiples

DMS

Variable dependiente	(I) dosis	(J) dosis	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.
b	yogur base	Dosis Mínima	-.90000 ^a	.07492	.000
		Dosis Media	-3,37000 ^a	.07492	.000
		Dosis Alta	-4,10500 ^a	.07492	.000
cenizas	Dosis Mínima	Dosis Media	-.09175 ^a	.02373	.018
		Dosis Alta	-.57895 ^a	.02373	.000
		yogur base	.61240 ^a	.02373	.000
	Dosis Media	Dosis Mínima	.09175 ^a	.02373	.018
		Dosis Alta	-.48720 ^a	.02373	.000
		yogur base	.70415 ^a	.02373	.000
	Dosis Alta	Dosis Mínima	.57895 ^a	.02373	.000
		Dosis Media	.48720 ^a	.02373	.000
		yogur base	1,19135 ^a	.02373	.000
	yogur base	Dosis Mínima	-.61240 ^a	.02373	.000
		Dosis Media	-.70415 ^a	.02373	.000
		Dosis Alta	-1,19135 ^a	.02373	.000
AcidezThomer	Dosis Mínima	Dosis Media	1,19500	.52722	.086
		Dosis Alta	.66000	.52722	.279
		yogur base	2,45000 ^a	.52722	.010
	Dosis Media	Dosis Mínima	-1,19500	.52722	.086
		Dosis Alta	-.53500	.52722	.368
		yogur base	1,25500	.52722	.076
	Dosis Alta	Dosis Mínima	-.66000	.52722	.279
		Dosis Media	.53500	.52722	.368
		yogur base	1,79000 ^a	.52722	.027
	yogur base	Dosis Mínima	-2,45000 ^a	.52722	.010
		Dosis Media	-1,25500	.52722	.076
		Dosis Alta	-1,79000 ^a	.52722	.027
Viscosidad	Dosis Mínima	Dosis Media	-216,00000 ^a	16,97056	.000
		Dosis Alta	-264,00000 ^a	16,97056	.000
		yogur base	712,00000 ^a	16,97056	.000
	Dosis Media	Dosis Mínima	216,00000 ^a	16,97056	.000
		Dosis Alta	-48,00000 ^a	16,97056	.047
		yogur base	928,00000 ^a	16,97056	.000
	Dosis Alta	Dosis Mínima	264,00000 ^a	16,97056	.000
		Dosis Media	48,00000 ^a	16,97056	.047
		yogur base	976,00000 ^a	16,97056	.000
	yogur base	Dosis Mínima	-712,00000 ^a	16,97056	.000
		Dosis Media	-928,00000 ^a	16,97056	.000
		Dosis Alta	-976,00000 ^a	16,97056	.000
pH	Dosis Mínima	Dosis Media	-.11500	.05160	.090
		Dosis Alta	-.09500	.05160	.139
		yogur base	.15500 ^a	.05160	.040
	Dosis Media	Dosis Mínima	.11500	.05160	.090
		Dosis Alta	.02000	.05160	.718
		yogur base	.27000 ^a	.05160	.006

Anexo 10.

Comparaciones múltiples

DMS

Variable dependiente	(I) dosis	(J) dosis	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.
pH	Dosis Alta	Dosis Minima	,09500	,05160	,139
		Dosis Media	-,02000	,05160	,718
		yogur base	-,25000 ^a	,05160	,008
	yogur base	Dosis Minima	-,15500 ^a	,05160	,040
		Dosis Media	-,27000 ^a	,05160	,006
		Dosis Alta	-,25000 ^a	,05160	,008
SNG	Dosis Minima	Dosis Media	-,55000	,35532	,197
		Dosis Alta	-,55000	,35532	,197
		yogur base	,05000	,35532	,895
	Dosis Media	Dosis Minima	,55000	,35532	,197
		Dosis Alta	,00000	,35532	1,000
		yogur base	,60000	,35532	,167
	Dosis Alta	Dosis Minima	,55000	,35532	,197
		Dosis Media	,00000	,35532	1,000
		yogur base	,60000	,35532	,167
	yogur base	Dosis Minima	-,05000	,35532	,895
		Dosis Media	-,60000	,35532	,167
		Dosis Alta	-,60000	,35532	,167
densidad	Dosis Minima	Dosis Media	-,00585	,00433	,248
		Dosis Alta	-,00829	,00433	,128
		yogur base	,01150	,00433	,057
	Dosis Media	Dosis Minima	,00585	,00433	,248
		Dosis Alta	-,00244	,00433	,603
		yogur base	,01738 ^a	,00433	,016
	Dosis Alta	Dosis Minima	,00829	,00433	,128
		Dosis Media	,00244	,00433	,603
		yogur base	,01979 ^a	,00433	,010
	yogur base	Dosis Minima	-,01150	,00433	,057
		Dosis Media	-,01738 ^a	,00433	,016
		Dosis Alta	-,01979 ^a	,00433	,010
proteína	Dosis Minima	Dosis Media	-,15500	,06134	,065
		Dosis Alta	-,45500 ^a	,06134	,002
		yogur base	,24500 ^a	,06134	,016
	Dosis Media	Dosis Minima	,15500	,06134	,065
		Dosis Alta	-,30000 ^a	,06134	,008
		yogur base	,40000 ^a	,06134	,003
	Dosis Alta	Dosis Minima	,45500 ^a	,06134	,002
		Dosis Media	,30000 ^a	,06134	,008
		yogur base	,70000 ^a	,06134	,000
	yogur base	Dosis Minima	-,24500 ^a	,06134	,016
		Dosis Media	-,40000 ^a	,06134	,003
		Dosis Alta	-,70000 ^a	,06134	,000
calcio	Dosis Minima	Dosis Media	-7,56900 ^a	,71038	,000
		Dosis Alta	-24,73750 ^a	,71038	,000
		yogur base	27,76928 ^a	,71038	,000

Anexo 11.

Comparaciones múltiples

DMS

Variable dependiente	(I) dosis	(J) dosis	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.
calcio	Dosis Media	Dosis Mínima	7,56900 ^a	,71038	,000
		Dosis Alta	-17,16850 ^b	,71038	,000
		yogur base	35,33825 ^c	,71038	,000
	Dosis Alta	Dosis Mínima	24,73750 ^d	,71038	,000
		Dosis Media	17,16850 ^e	,71038	,000
		yogur base	52,50675 ^f	,71038	,000
	yogur base	Dosis Mínima	-27,76925 ^g	,71038	,000
		Dosis Media	-35,33825 ^h	,71038	,000
		Dosis Alta	-52,50675 ⁱ	,71038	,000
magnesio	Dosis Mínima	Dosis Media	-4,40000 ^a	,70711	,003
		Dosis Alta	-18,36000 ^b	,70711	,000
		yogur base	36,68590 ^c	,70711	,000
	Dosis Media	Dosis Mínima	4,40000 ^d	,70711	,003
		Dosis Alta	-13,96000 ^e	,70711	,000
		yogur base	41,08590 ^f	,70711	,000
	Dosis Alta	Dosis Mínima	18,36000 ^g	,70711	,000
		Dosis Media	13,96000 ^h	,70711	,000
		yogur base	55,04590 ⁱ	,70711	,000
yogur base	Dosis Mínima	-36,68590 ^j	,70711	,000	
	Dosis Media	-41,08590 ^k	,70711	,000	
	Dosis Alta	-55,04590 ^l	,70711	,000	
potasio	Dosis Mínima	Dosis Media	-1,48500 ^a	,40927	,022
		Dosis Alta	-2,71050 ^b	,40927	,003
		yogur base	38,91540 ^c	,40927	,000
	Dosis Media	Dosis Mínima	1,48500 ^d	,40927	,022
		Dosis Alta	-1,22550 ^e	,40927	,040
		yogur base	40,40040 ^f	,40927	,000
	Dosis Alta	Dosis Mínima	2,71050 ^g	,40927	,003
		Dosis Media	1,22550 ^h	,40927	,040
		yogur base	41,62590 ⁱ	,40927	,000
yogur base	Dosis Mínima	-38,91540 ^j	,40927	,000	
	Dosis Media	-40,40040 ^k	,40927	,000	
	Dosis Alta	-41,62590 ^l	,40927	,000	
zinc	Dosis Mínima	Dosis Media	-,04370 ^a	,00707	,003
		Dosis Alta	-,12840 ^b	,00707	,000
		yogur base	,00900 ^c	,00707	,272
	Dosis Media	Dosis Mínima	,04370 ^d	,00707	,003
		Dosis Alta	-,08470 ^e	,00707	,000
		yogur base	,05270 ^f	,00707	,002
	Dosis Alta	Dosis Mínima	,12840 ^g	,00707	,000
		Dosis Media	,08470 ^h	,00707	,000
		yogur base	,13740 ⁱ	,00707	,000
yogur base	Dosis Mínima	-,00900 ^j	,00707	,272	
	Dosis Media	-,05270 ^k	,00707	,002	
	Dosis Alta	-,13740 ^l	,00707	,000	

Anexo 12.

Comparaciones múltiples

DMS

Variable dependiente	(I) dosis	(J) dosis	Intervalo de confianza al 95%	
			Limite inferior	Limite superior
Lipidos	Dosis Minima	Dosis Media	-,2526	-,0074
		Dosis Alta	-,3526	-,1074
		yogur base	,0274	,2726
	Dosis Media	Dosis Minima	,0074	,2526
		Dosis Alta	-,2226	,0226
		yogur base	,1574	,4026
	Dosis Alta	Dosis Minima	,1074	,3526
		Dosis Media	-,0226	,2226
		yogur base	-,2574	,5026
	yogur base	Dosis Minima	-,2726	-,0274
		Dosis Media	-,4026	-,1574
		Dosis Alta	-,8026	-,2574
L	Dosis Minima	Dosis Media	-9,0602	-4,4398
		Dosis Alta	+1,7752	2,8452
		yogur base	-19,7702	-15,1498
	Dosis Media	Dosis Minima	4,4398	9,0602
		Dosis Alta	4,9748	9,5952
		yogur base	-13,0202	-8,3998
	Dosis Alta	Dosis Minima	-2,8452	1,7752
		Dosis Media	-9,5952	-4,9748
		yogur base	-20,3052	-15,6848
	yogur base	Dosis Minima	15,1498	19,7702
		Dosis Media	8,3998	13,0202
		Dosis Alta	15,6848	20,3052
a	Dosis Minima	Dosis Media	-,2966	-,5034
		Dosis Alta	-,4716	-,6784
		yogur base	-,6734	-,4666
	Dosis Media	Dosis Minima	-,8034	-,2966
		Dosis Alta	,0716	,2784
		yogur base	+1,0734	-,8666
	Dosis Alta	Dosis Minima	-,6784	-,4716
		Dosis Media	-,2784	-,0716
		yogur base	-1,2484	-1,0416
	yogur base	Dosis Minima	,4666	,6734
		Dosis Media	,8666	1,0734
		Dosis Alta	1,0416	1,2484
b	Dosis Minima	Dosis Media	-2,6780	-2,2620
		Dosis Alta	-3,4130	-2,9970
		yogur base	,6920	1,1080
	Dosis Media	Dosis Minima	2,2620	2,6780
		Dosis Alta	-,9430	-,5270
		yogur base	3,1620	3,5780
	Dosis Alta	Dosis Minima	2,9970	3,4130
		Dosis Media	,5270	,9430
		yogur base	3,8970	4,3130

Anexo 13.

Comparaciones múltiples

DMS

Variable dependiente	(I) dosis	(J) dosis	Intervalo de confianza al 95%	
			Limite inferior	Limite superior
b	yogur base	Dosis Minima	-1,1080	-,6920
		Dosis Media	-3,5780	-3,1620
		Dosis Alta	-4,3130	-3,8970
cerizas	Dosis Minima	Dosis Media	,1576	-,0259
		Dosis Alta	-,6448	-,5131
		yogur base	,5465	-,6783
	Dosis Media	Dosis Minima	,0259	,1576
		Dosis Alta	-,5531	-,4213
		yogur base	,6383	,7700
	Dosis Alta	Dosis Minima	,5131	,6448
		Dosis Media	,4213	,5531
		yogur base	1,2572	1,2572
	yogur base	Dosis Minima	-,6783	-,5465
		Dosis Media	-,7700	-,6383
		Dosis Alta	-1,2572	-1,2572
AcidezThomer	Dosis Minima	Dosis Media	-,2688	2,6588
		Dosis Alta	-,8038	2,1238
		yogur base	,9862	3,9138
	Dosis Media	Dosis Minima	-2,6588	-,2688
		Dosis Alta	-1,9988	-,9288
		yogur base	-,2088	2,7188
	Dosis Alta	Dosis Minima	-2,1238	-,8038
		Dosis Media	-,9288	1,9988
		yogur base	,3262	3,2538
	yogur base	Dosis Minima	-3,9138	-,9862
		Dosis Media	-2,7188	-,2088
		Dosis Alta	-3,2538	-,3262
Viscosidad	Dosis Minima	Dosis Media	-263,1178	-168,8822
		Dosis Alta	-311,1178	-216,8822
		yogur base	664,8822	759,1178
	Dosis Media	Dosis Minima	168,8822	263,1178
		Dosis Alta	-95,1178	-,8822
		yogur base	880,8822	975,1178
	Dosis Alta	Dosis Minima	216,8822	311,1178
		Dosis Media	-,8822	95,1178
		yogur base	928,8822	1023,1178
	yogur base	Dosis Minima	-759,1178	-664,8822
		Dosis Media	-975,1178	-880,8822
		Dosis Alta	-1023,1178	-928,8822
pH	Dosis Minima	Dosis Media	-,2583	-,0283
		Dosis Alta	-,2383	-,0483
		yogur base	-,0117	-,2983
	Dosis Media	Dosis Minima	-,0283	-,2583
		Dosis Alta	-,1233	-,1633
		yogur base	-,1267	-,4133

Anexo 14.

Comparaciones múltiples

DMS

Variable dependiente	(I) dosis	(J) dosis	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
pH	Dosis Alta	Dosis Minima	-.0483	.2383
		Dosis Media	-.1633	.1233
		yogur base	-.1067	.3933
	yogur base	Dosis Minima	-.2983	-.0117
		Dosis Media	-.4133	-.1267
		Dosis Alta	-.3933	-.1067
SNG	Dosis Minima	Dosis Media	-1,5365	.4365
		Dosis Alta	-1,5365	.4365
		yogur base	-.9365	1,0365
	Dosis Media	Dosis Minima	-.4365	1,5365
		Dosis Alta	-.9865	.9865
		yogur base	-.3865	1,5865
	Dosis Alta	Dosis Minima	-.4365	1,5365
		Dosis Media	-.9865	.9865
		yogur base	-.3865	1,5865
	yogur base	Dosis Minima	-1,0365	.9365
		Dosis Media	-1,5865	.3865
		Dosis Alta	-1,5865	.3865
densidad	Dosis Minima	Dosis Media	-.0179	.0062
		Dosis Alta	-.0203	.0037
		yogur base	-.0005	.0235
	Dosis Media	Dosis Minima	-.0062	.0179
		Dosis Alta	-.0145	.0096
		yogur base	.0053	.0294
	Dosis Alta	Dosis Minima	-.0037	.0203
		Dosis Media	-.0096	.0145
		yogur base	.0078	.0318
	yogur base	Dosis Minima	-.0235	.0005
		Dosis Media	-.0294	-.0053
		Dosis Alta	-.0318	-.0078
proteína	Dosis Minima	Dosis Media	-.3253	.0153
		Dosis Alta	-.6253	-.2847
		yogur base	.0747	.4153
	Dosis Media	Dosis Minima	-.0153	.3253
		Dosis Alta	-.4703	-.1297
		yogur base	.2297	.5703
	Dosis Alta	Dosis Minima	.2847	.6253
		Dosis Media	.1297	.4703
		yogur base	.5297	.8703
	yogur base	Dosis Minima	-.4153	-.0747
		Dosis Media	-.5703	-.2297
		Dosis Alta	-.8703	-.5297
calcio	Dosis Minima	Dosis Media	-9,5413	-5,5967
		Dosis Alta	-26,7098	-22,7652
		yogur base	25,7909	29,7416

Anexo 15.

Comparaciones múltiples

DMS

Variable dependiente	(I) dosis	(J) dosis	Intervalo de confianza al 95%	
			Limite inferior	Limite superior
calcio	Dosis Media	Dosis Minima	5,5967	9,5413
		Dosis Alta	-19,1408	-15,1962
		yogur base	33,3659	37,3106
	Dosis Alta	Dosis Minima	22,7652	26,7098
		Dosis Media	15,1962	19,1408
		yogur base	50,5344	54,4791
	yogur base	Dosis Minima	-29,7416	-25,7969
		Dosis Media	-37,3106	-33,3659
		Dosis Alta	-54,4791	-50,5344
magnesio	Dosis Minima	Dosis Media	-6,3632	-2,4368
		Dosis Alta	-20,3232	-16,3968
		yogur base	34,7227	38,6491
		Dosis Media	2,4368	6,3632
	Dosis Media	Dosis Minima	-15,9232	-11,9968
		Dosis Alta	39,1227	43,0491
		yogur base	16,3968	20,3232
	Dosis Alta	Dosis Minima	11,9968	15,9232
		Dosis Media	53,0827	57,0091
		yogur base	-38,6491	-34,7227
	yogur base	Dosis Minima	-43,0491	-39,1227
		Dosis Media	-57,0091	-53,0827
Dosis Alta		-57,0091	-53,0827	
potasio	Dosis Minima	Dosis Media	-2,6213	-3,487
		Dosis Alta	-3,8468	-1,5742
		yogur base	37,7791	40,0517
		Dosis Media	-3,487	2,6213
	Dosis Media	Dosis Minima	-2,3618	-0,892
		Dosis Alta	39,2641	41,5367
		yogur base	1,5742	3,8468
	Dosis Alta	Dosis Minima	-0,892	2,3618
		Dosis Media	40,4896	42,7622
		yogur base	-40,0517	-37,7791
	yogur base	Dosis Minima	-41,5367	-39,2641
		Dosis Media	-42,7622	-40,4896
Dosis Alta		-42,7622	-40,4896	
zinc	Dosis Minima	Dosis Media	-0,633	-0,241
		Dosis Alta	-1,1480	-1,1088
		yogur base	-0,106	-0,286
		Dosis Media	-0,241	-0,633
	Dosis Media	Dosis Minima	-1,1088	-1,1480
		Dosis Alta	-0,633	-0,241
		yogur base	-0,286	-0,106
	Dosis Alta	Dosis Minima	-0,286	-0,106
		Dosis Media	-0,723	-0,331
		yogur base	-1,178	-1,570
	yogur base	Dosis Minima	-0,286	-0,106
		Dosis Media	-0,723	-0,331
Dosis Alta		-1,570	-1,178	

*. La diferencia entre las medias es significativa al nivel .05.